



APOIO ORIENTADO A CONHECIMENTO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO  
DE PROCESSOS DE SOFTWARE NO AMBIENTE SPEAKER

Natália Chaves Lessa Schots

Tese de Doutorado 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 Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha  
Gleison dos Santos Souza

Rio de Janeiro  
Junho de 2016

APOIO ORIENTADO A CONHECIMENTO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO  
DE PROCESSOS DE SOFTWARE NO AMBIENTE SPEAKER

Natália Chaves Lessa Schots

TESE 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 DOUTOR EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Examinada por:

---

Prof.<sup>a</sup> Ana Regina Cavalcanti da Rocha, D.Sc.

---

Prof. Gleison dos Santos Souza, D.Sc.

---

Prof. Guilherme Horta Travassos, D.Sc.

---

Prof. Toacy Cavalcante de Oliveira, D.Sc.

---

Prof. Marcos Kalinowski, D.Sc.

---

Prof.<sup>a</sup> Sheila dos Santos Reinehr, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO DE 2016

Schots, Natália Chaves Lessa

Apoio Orientado a Conhecimento para Análise de Desempenho de Processos de Software no Ambiente SPEAKER/ Natália Chaves Lessa Schots. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.

XX, 403 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Gleison dos Santos Souza

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 206-219.

1. Análise de Desempenho de Processos. 2. Qualidade de Processos de Software. 3. Repositório de Conhecimento. 4. Alta Maturidade. I. Rocha, Ana Regina Cavalcanti da *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

*“O homem é um ser inquieto à procura de sua perfeição. Deus – ao fazê-lo à sua imagem e semelhança – colocou nele uma imensa sede de plenitude. Deus, que deu a cada estrela a sua órbita, marcou também para nós o roteiro da nossa realização.”*  
*(D. Rafael Llano Cifuentes)*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas contínuas luzes e graças que derramou (e derrama) sobre mim durante toda minha vida, em todas as circunstâncias. Somente com esta Ajuda consegui atingir mais esta meta. A Nossa Senhora, minha Mãezinha do Céu, pelo seu zelo por mim e pelos meus.

Ao meu marido, Marcelo, pelo amor, amizade, pelas inúmeras ajudas e conselhos no decorrer deste trabalho, pelo carinho, pela compreensão, por me fazer uma pessoa cada vez melhor e cada vez mais feliz.

Aos meus pais, Jonas e Neuza, pelo amor, pela confiança, pelos conselhos, por me darem a base para ser quem sou; aos meus irmãos e cunhados, Caroline, Pablo, Vanessa, Diego e Filipi, pelo carinho, amizade e torcida de sempre.

A nossas afilhadas Amanda e Alice, por fazerem parte da nossa vida e nos preencher com estes sorrisos e olhinhos tão puros e cheios de alegria.

Aos meus sogros, Maria Helena e Weliton, e aos meus cunhados Letícia e Robson pelo carinho e pela torcida.

Aos meus familiares, pela torcida, apoio e carinho, apesar de nem sempre compreenderem minha constante ausência nestes últimos anos.

À minha orientadora, Ana Regina, pelas oportunidades que me ofereceu durante todo este trajeto, que me fizeram amadurecer profissional e pessoalmente, pelo aprendizado proporcionado e pela sua dedicação.

Ao meu coorientador, Gleison, pelas dicas e pelas revisões.

Aos professores Guilherme, Sheila, Marcos e Toacy, por aceitarem participar da banca e contribuírem para a melhoria da pesquisa.

Aos participantes dos estudos executados no contexto desta tese, pela disponibilidade e pelas importantes contribuições. A Maria Helena pelo apoio na extração e organização dos dados do estudo.

Aos revisores dos artigos e aos que, de alguma forma contribuíram, às vezes anonimamente, para o amadurecimento deste trabalho.

À organização de desenvolvimento de software que, gentilmente, cedeu os dados que foram utilizados no exemplo de uso e no estudo de viabilidade.

Aos amigos e colegas do LENS/COPPE, pelas oportunidades de amizade e aprendizado; e em especial à Anne Elise (por ter cedido o material inicial da pesquisa), Cristina, Monalessa, Reinaldo e Breno.

Aos amigos que sempre estão na torcida, pela compreensão da ausência durante todo este período, pelos conselhos e orações.

A todos aqueles que, de alguma maneira, me apoiaram de diferentes formas durante todo este período e sem os quais não conseguiria me dedicar a este trabalho; em especial à Wanda, Pe. Luis Fernando, Pe. Benedito, Pe. Barreto, D. Conceição e Dra. Jane.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, principalmente aos coordenadores e chefes de departamento do curso de Ciência da Computação, por organizarem meus horários de aula de forma que eu pudesse me dedicar melhor à conclusão do doutorado.

Aos professores e colegas do curso de Ciência da Computação da Rural por me acolherem tão bem e pela torcida pela conclusão deste trabalho. Aos alunos do curso, pela paciência e compreensão, principalmente nesta reta final.

Aos funcionários do PESC, Solange, Gutierrez, Mercedes, Ricardo, Sônia e Cláudia, por sua colaboração nos procedimentos administrativos e por nos socorrer em momentos desesperadores.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro e ao PESC pelo apoio financeiro para a participação em eventos nos quais este trabalho foi apresentado.

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

APOIO ORIENTADO A CONHECIMENTO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO  
DE PROCESSOS DE SOFTWARE NO AMBIENTE SPEAKER

Natália Chaves Lessa Schots

Junho/2016

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha  
Gleison dos Santos Souza

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

A análise de desempenho de processos (ADP) é um passo essencial para a melhoria contínua em organizações de desenvolvimento de software. No entanto, o conhecimento necessário para executar esta análise não é trivial, e o responsável por executá-la deve ter um apoio adequado para que a organização possa obter os benefícios esperados. Os poucos trabalhos identificados a partir de revisões da literatura não fornecem um apoio detalhado e conhecimento necessários à execução da ADP de software. Neste contexto, esta tese apresenta um conjunto de elementos para auxiliar a execução da ADP, incluindo um processo detalhado, um repositório de conhecimento e um apoio ferramental que são parte do ambiente SPEAKER (*Software Process pErformance Analysis Knowledge-oriented EnviRonment*). A solução proposta nesta tese foi desenvolvida de forma incremental, com a realização de avaliações intermediárias que possibilitaram sua evolução. O uso do ambiente SPEAKER foi avaliado por um estudo de viabilidade, apresentando indícios de que o apoio proposto tem potencial para auxiliar a execução da ADP nas organizações de desenvolvimento de software.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

KNOWLEDGE-ORIENTED SUPPORT FOR SOFTWARE PROCESS  
PERFORMANCE ANALYSIS IN THE SPEAKER ENVIRONMENT

Natália Chaves Lessa Schots

June/2016

Advisors: Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Gleison dos Santos Souza

Department: Systems Engineering and Computer Science

Process performance analysis (PPA) is a key step for continuous improvement in software development organizations. However, the knowledge to execute such analysis is not trivial, and the person responsible for executing it must be provided with appropriate support in order to allow the organization to obtain the expected benefits. The few works identified from literature reviews do not provide a detailed support and the knowledge needed to execute software PPA. In this context, this thesis presents a set of elements to assist the execution of PPA, including a detailed process, a body of knowledge, and tool support. These elements are part of the SPEAKER (*Software Process pErformance Analysis Knowledge-oriented EnviRonment*) environment. The solution proposed was incrementally developed through intermediary evaluations, which allowed its evolution. The SPEAKER environment was evaluated through a feasibility study, indicating that the proposed support has potential for assisting the implementation of PPA in software development organizations.



# ÍNDICE

Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1 Contexto .....	1
1.2 Motivação.....	2
1.3 Suposições da Tese.....	5
1.4 Objetivos da Tese .....	6
1.5 Método de Pesquisa.....	7
1.6 Organização do Texto .....	11
Capítulo 2 – Análise de Desempenho de Processos .....	13
2.1 Introdução.....	13
2.2 Fundamentação Teórica .....	15
2.2.1 Subprocessos críticos.....	19
2.2.2 Gráficos de controle.....	22
2.2.3 Modelos de desempenho .....	28
2.3 Uso da Análise de Desempenho de Processos em Software.....	33
2.4 Análise de Desempenho de Processos de Software nas Normas e Modelos de Maturidade .....	37
2.4.1 ISO/IEC 33020 .....	37
2.4.2 CMMI-DEV .....	38
2.4.3 MR-MPS-SW .....	40
2.5 Apoio para Análise de Desempenho de Processos na Literatura .....	41
2.5.1 SPC-Framework .....	44
2.5.2 Sistema Especialista para Reconhecimento de Padrões do Gráfico de Controle.....	46
2.5.3 Sistema Tutor para Seleção do Gráfico de Controle .....	48
2.5.4 Framework para Sistema Especialista em Controle Estatístico de Qualidade .....	48
2.5.5 Abordagem baseada em Conhecimento para Controle Estatístico de Processos .....	49
2.6 Considerações Finais.....	50
Capítulo 3 – Ambiente SPEAKER.....	51
3.1 Introdução.....	51

3.2	Requisitos para um Ambiente de Apoio para Análise de Desempenho de Processos de Software .....	53
3.3	Características do Ambiente SPEAKER.....	56
3.4	O Ambiente SPEAKER no Contexto do Ambiente de Alta Maturidade (A2M) .....	58
3.5	Componentes do Ambiente SPEAKER .....	59
3.5.1	Processo e Repositório de Conhecimento para Análise de Desempenho. ....	60
3.5.2	Elementos de Processo Reutilizáveis para Análise de Desempenho.....	61
3.5.3	Ferramenta de Instanciação e Execução do Processo de Análise de Desempenho.....	63
3.5.4	Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho.....	66
3.6	Considerações Finais .....	67
Capítulo 4 – Processo de Análise de Desempenho de Processos de Software.....		69
4.1	Introdução.....	69
4.2	Primeira versão do processo para ADP.....	70
4.2.1	<i>Survey</i> para avaliação do processo .....	73
4.3	Evolução do processo para ADP.....	76
4.3.1	Revisão por pares do processo .....	78
4.4	Descrição do processo para ADP .....	79
4.4.1	Etapa “Preparar para Análise de Desempenho” .....	80
4.4.2	Etapa “Verificar Estabilidade” .....	97
4.4.3	Etapa “Estabelecer Modelo de Desempenho” .....	107
4.5	Considerações Finais.....	111
Capítulo 5 – Repositório de Conhecimento para Análise de Desempenho.....		115
5.1	Introdução.....	115
5.2	Identificação dos Itens de Conhecimento de Análise de Desempenho de Processos.....	116
5.3	Estruturação e Apresentação dos Itens de Conhecimento.....	121
5.4	Considerações Finais.....	124
Capítulo 6 – FAAD: Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho.....		127
6.1	Introdução.....	127
6.2	Requisitos da FAAD .....	128
6.3	Principais Funcionalidades.....	129
6.3.1	Cadastro de processo .....	130

6.3.2	Cadastro de conhecimento.....	132
6.3.3	Acompanhamento da execução do processo .....	134
6.4	Considerações Finais .....	138
Capítulo 7	– Exemplo de Uso do Ambiente SPEAKER .....	139
7.1	Introdução.....	139
7.2	Cenário do Exemplo.....	140
7.3	Etapa: Preparar para Análise de Desempenho .....	141
7.4	Etapa: Verificar Estabilidade .....	156
7.5	Etapa: Estabelecer Modelos de Desempenho.....	172
7.6	Considerações Finais .....	175
Capítulo 8	– Avaliação do Ambiente SPEAKER.....	177
8.1	Introdução.....	177
8.2	Planejamento do Estudo de Viabilidade.....	178
8.2.1	Questões e medidas do estudo .....	179
8.2.2	Participantes do estudo .....	183
8.2.3	Instrumentos do estudo .....	183
8.2.4	Cenário do estudo .....	184
8.2.5	Ameaças à validade .....	185
8.3	Estudo Piloto .....	186
8.4	Execução do Estudo .....	187
8.5	Análise dos Resultados.....	192
8.6	Considerações Finais .....	199
Capítulo 9	– Conclusão .....	201
9.1	Sumarização .....	201
9.2	Contribuições .....	202
9.3	Perspectivas Futuras .....	204
Referências Bibliográficas.....		206
Apêndice I	– Mapeamento Sistemático .....	220
I.1	Introdução.....	220
I.2	Definição do Protocolo.....	221
I.2.1	Objetivos do estudo .....	221
I.2.2	Questões de pesquisa .....	222
I.2.3	Método de seleção das fontes de busca .....	222
I.2.4	Expressão de busca.....	224

I.2.5	Método para seleção das publicações .....	226
I.2.6	Procedimentos para extração dos dados .....	228
I.2.7	Procedimentos para análise dos resultados.....	228
I.3	Calibração da expressão de busca .....	229
I.4	Condução da pesquisa .....	231
I.4.1	Execução de fevereiro-abril/2012.....	232
I.4.2	Execução de março de 2013 .....	234
I.4.3	Execução de abril de 2016.....	235
I.5	Avaliação dos resultados da pesquisa .....	236
I.6	Resultados das execuções de fevereiro-abril/2012.....	239
I.6.1	Execução de fevereiro-abril/2012.....	239
I.6.2	Execução de março/2013 .....	248
I.6.3	Execução de abril/2016 .....	249
Apêndice II – <i>Survey</i> da Primeira Versão do Processo para Análise de Desempenho		253
II.1	Introdução.....	253
II.2	Definição dos objetivos .....	253
II.3	Planejamento .....	254
II.3.1	Projeto do instrumento .....	255
II.3.2	Estudo piloto.....	257
II.4	Execução .....	257
II.5	Análise dos dados.....	259
II.5.1	Caracterização dos participantes .....	259
II.5.2	Avaliação das Atividades para ADP e seus Graus de Dificuldade e de Importância de Apoio.....	261
II.5.3	Avaliação da Sequência e da Dependência entre as Atividades.....	270
II.6	Questionário utilizado no <i>survey</i> .....	271
Apêndice III – <i>Checklist</i> da Revisão por Pares do Processo de Análise de Desempenho		279
.....		279
Apêndice IV – Modelos de Documentos do Processo de Análise de Desempenho.....		281
IV.1	Planilha de Medidas .....	284
IV.2	Questionário para Identificação de Pontos Críticos .....	289
IV.3	Apresentação do Questionário e da Técnica Wideband Delphi .....	292
IV.4	Análise dos Questionários .....	294
IV.5	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos .....	301

IV.6	Checklist para Avaliação de Repositório de Medição.....	307
IV.7	Apoio para Verificação de Relacionamento entre Medidas.....	316
IV.8	Apresentação de Subprocessos Críticos.....	318
IV.9	Lista de Causas Especiais.....	319
IV.10	Apoio para Modelo de Desempenho.....	323
Apêndice V – Repositório de Conhecimento para Análise de Desempenho de Processos de Software.....		
		325
V.1	Introdução.....	325
V.2	Preparar para a Análise de Desempenho.....	329
V.2.1	Identificar problemas críticos.....	329
V.2.2	Identificar subprocessos críticos.....	337
V.2.3	Realizar ações para adequação de medidas.....	346
V.3	Verificar Estabilidade.....	348
V.3.1	Selecionar gráfico de controle.....	348
V.3.2	Realizar testes de estabilidade.....	376
V.3.3	Realizar ações para estabilizar subprocesso.....	380
V.3.4	Confirmar estabilidade.....	385
V.3.5	Estabelecer <i>baseline</i> de desempenho.....	385
V.4	Estabelecer Modelo de Desempenho.....	387
V.4.1	Construir modelo de desempenho.....	387
V.4.2	Avaliar modelo de desempenho.....	395
Apêndice VI – Instrumentos do Estudo de Viabilidade do Ambiente SPEAKER.....		
		397
VI.1	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	397
VI.2	Formulário de caracterização.....	399
VI.3	Formulário de avaliação ( <i>follow-up</i> ).....	401
VI.4	Planilha de observações.....	402

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Atividades e produtos da pesquisa .....	8
<b>Figura 2.1</b> – Exemplo de processo estável (adaptado de ACC, 2012) .....	16
<b>Figura 2.2</b> – Exemplo de processo instável (adaptado de ACC, 2012) .....	16
<b>Figura 2.3</b> – Atividades da Análise de Desempenho de Processos (adaptado de FLORAC e CARLETON, 1999) .....	17
<b>Figura 2.4</b> – Estrutura básica do gráfico de controle (ROCHA <i>et al.</i> , 2012) .....	23
<b>Figura 2.5</b> – Fluxograma para seleção do tipo de gráfico de controle (adaptado de BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2010) .....	25
<b>Figura 2.6</b> – Testes básicos de estabilidade (adaptado de FLORAC e CARLETON, 1999) .....	26
<b>Figura 2.7</b> – Exemplos de diagrama de dispersão (BASAVARAJ, 2013) .....	30
<b>Figura 2.8</b> – Fluxograma para seleção do método estatístico para construção do modelo de desempenho .....	31
<b>Figura 2.9</b> – Tabela de decisão do SPC-Framework (adaptada de BOFFOLI, 2006) ..	46
<b>Figura 2.10</b> – Tela do sistema especialista (BAG <i>et al.</i> , 2011) .....	47
<b>Figura 3.1</b> – Visão estrutural do ambiente SPEAKER (adaptada de SCHOTS <i>et al.</i> , 2014b) .....	59
<b>Figura 3.2</b> – Visão em camadas do ambiente SPEAKER (adaptada de SCHOTS <i>et al.</i> , 2014b) .....	60
<b>Figura 3.3</b> – Linha de processo “Verificar Estabilidade” (GONÇALVES, 2014) .....	63
<b>Figura 3.4</b> – Exemplo da linha de processo “Verificar Estabilidade” instanciada em uma execução (MAGALHÃES, 2015) .....	65
<b>Figura 3.5</b> – Tela de acompanhamento da execução de um elemento de processo na FIE (MAGALHÃES, 2015) .....	66
<b>Figura 4.1</b> – Etapas da primeira versão do processo para ADP (SCHOTS <i>et al.</i> , 2014b) .....	70
<b>Figura 4.2</b> – Grau de dificuldade e grau de importância de apoio para a etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho” .....	75
<b>Figura 4.3</b> – Etapas do processo para APD .....	77
<b>Figura 4.4</b> – Atividades de “Preparar para Análise de Desempenho” .....	80
<b>Figura 4.5</b> – Tarefas de “Preparar para Análise de Desempenho” .....	81

<b>Figura 4.6</b> – Atividades de “Verificar Estabilidade” .....	97
<b>Figura 4.7</b> – Tarefas de “Verificar Estabilidade” .....	98
<b>Figura 4.8</b> – Atividades de “Estabelecer Modelo de Desempenho” .....	108
<b>Figura 4.9</b> – Tarefas de “Estabelecer Modelo de Desempenho” .....	108
<b>Figura 5.1</b> – Modelo de visualização do conhecimento (adaptado de BURKHARD, 2005).....	122
<b>Figura 5.2</b> – Mapa mental do item de conhecimento “ <i>Baseline</i> de desempenho” .....	124
<b>Figura 5.3</b> – Tabela de decisão utilizada pelo SPC-Framework (adaptado de BOFFOLI, 2006).....	125
<b>Figura 6.1</b> – Principais funcionalidades da FAAD.....	130
<b>Figura 6.2</b> – Exemplo de cadastro de uma atividade na FAAD .....	131
<b>Figura 6.3</b> – Exemplo de cadastro de uma tarefa na FAAD.....	132
<b>Figura 6.4</b> – Cadastro do conhecimento .....	133
<b>Figura 6.5</b> – Acesso ao cadastro do conhecimento durante a execução do processo..	134
<b>Figura 6.6</b> – Cadastro da análise de desempenho a ser realizada.....	135
<b>Figura 6.7</b> – Seleção do subprocesso crítico e sua medida para a execução da etapa “Verificar Estabilidade” .....	135
<b>Figura 6.8</b> – Exemplo de acompanhamento da execução do processo.....	136
<b>Figura 6.9</b> – Integração com a ferramenta FIE.....	137
<b>Figura 7.1</b> – Tela inicial da FAAD.....	141
<b>Figura 7.2</b> – Cadastro da execução da etapa “Preparar para Análise de Desempenho” .....	142
<b>Figura 7.3</b> – Acesso ao modelo de documento “Planilha de Medidas” na FAAD.....	143
<b>Figura 7.4</b> – Preenchimento da Planilha de Medidas para a medida IEC – Informações de contexto.....	143
<b>Figura 7.5</b> – Preenchimento da Planilha de Medidas para a medida IEC – Coleta.....	144
<b>Figura 7.6</b> – Questionário para Identificação dos Pontos Críticos adaptado pelo grupo de processos (visão parcial).....	145
<b>Figura 7.7</b> – Item de conhecimento “Técnica Wideband Delphi”.....	145
<b>Figura 7.8</b> – Cálculo de número de colaboradores para responderem o questionário.	147
<b>Figura 7.9</b> – Documento “Análise dos Questionários” preenchido com as respostas dos colaboradores.....	147
<b>Figura 7.10</b> – Exemplos de gráficos gerados a partir das respostas dos colaboradores .....	148

<b>Figura 7.11</b> – Tarefa “Agregar respostas ao questionário (1ª fase)” com resultados..	148
<b>Figura 7.12</b> – Exemplos de gráficos gerados a partir das respostas obtidas na 2ª fase	149
<b>Figura 7.13</b> – Lista de pontos críticos da Organização Ômega.....	150
<b>Figura 7.14</b> – Item de conhecimento “Análise de causas” .....	151
<b>Figura 7.15</b> – Diagrama de Ishikawa do ponto crítico “Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente” .....	151
<b>Figura 7.16</b> – Subprocessos críticos identificados (visão parcial) .....	152
<b>Figura 7.17</b> – <i>Checklist</i> para Avaliação de Repositório de Medição – medida IEC (visão parcial).....	153
<b>Figura 7.18</b> – Lista de Problemas e Subprocessos Críticos com resultados da avaliação de algumas medidas dos subprocessos críticos .....	153
<b>Figura 7.19</b> – Item de conhecimento “Diagrama de dispersão” .....	154
<b>Figura 7.20</b> – Verificação do relacionamento entre as medidas IEC e DRT .....	155
<b>Figura 7.21</b> – Apresentação dos resultados para a alta direção (visão parcial).....	156
<b>Figura 7.22</b> – Cadastro da execução da etapa “Verificar estabilidade” .....	157
<b>Figura 7.23</b> – Seleção do subprocesso crítico e da medida a ser analisada.....	157
<b>Figura 7.24</b> – Tarefa “Identificar subgrupos homogêneos da medida” .....	158
<b>Figura 7.25</b> – Item de conhecimento “Subgrupos homogêneos” .....	159
<b>Figura 7.26</b> – Planilha de Medidas com conjuntos homogêneos (visão parcial) .....	160
<b>Figura 7.27</b> – FIE com registro da execução da tarefa “Identificar subgrupos homogêneos da medida” .....	160
<b>Figura 7.28</b> – Seleção do elemento de processo “Verificar distribuição normal dos dados com Minitab” .....	161
<b>Figura 7.29</b> – Elemento de processo com script.....	162
<b>Figura 7.30</b> – Gráficos gerados pelo Minitab para identificar normalidade dos dados do conjunto homogêneo “Projetos PHP” .....	162
<b>Figura 7.31</b> – Registro dos resultados da execução do elemento de processo “Verificar distribuição normal dos dados com Minitab” na FIE (visão parcial).....	163
<b>Figura 7.32</b> – Item de conhecimento sobre gráfico de controle .....	164
<b>Figura 7.33</b> – Fluxograma para seleção do tipo de gráfico de controle disponibilizado no item de conhecimento .....	164
<b>Figura 7.34</b> – Gráfico de controle XmR do conjunto homogêneo “Projetos PHP” ....	165
<b>Figura 7.35</b> – Visão parcial do item de conhecimento “Testes de estabilidade” .....	166
<b>Figura 7.36</b> – Tarefa “Aplicar testes de estabilidade” com resultados.....	166



<b>Figura 7.37</b> – Lista de Causas Especiais preenchida com informações de contexto...	167
<b>Figura 7.38</b> – Gráfico de controle XmR do conjunto homogêneo “Projetos PHP” após eliminação do ponto de instabilidade .....	168
<b>Figura 7.39</b> – Exemplo de padrão de instabilidade no item de conhecimento .....	169
<b>Figura 7.40</b> – Planilha de Medidas com resultado sobre a estabilidade .....	169
<b>Figura 7.41</b> – Gráfico EWMA do conjunto homogêneo “Projetos PHP” .....	170
<b>Figura 7.42</b> – Planilha de Medidas com o registro da <i>baseline</i> de desempenho para o conjunto homogêneo “Projetos PHP” .....	171
<b>Figura 7.43</b> – Linha de processo gerada na FIE .....	172
<b>Figura 7.44</b> – Item de conhecimento “Modelo de desempenho” .....	173
<b>Figura 7.45</b> – Fluxograma de apoio à seleção do tipo de método apropriado para gerar um modelo de desempenho .....	173
<b>Figura 7.46</b> – Documento “Apoio para Modelo de Desempenho” com o registro do método para estabelecer o modelo de desempenho .....	174
<b>Figura 7.47</b> – Modelo de desempenho de IEC e DRT .....	174
<b>Figura 7.48</b> – Análise da assertividade do modelo de desempenho gerado .....	175
<b>Figura 8.1</b> – Gráficos de controle gerados no estudo de viabilidade pela participante A .....	189
<b>Figura 8.2</b> – Gráficos de controle gerados no estudo de viabilidade pelo participante B .....	190
<b>Figura 8.3</b> – Planilha de Medidas após a execução da tarefa “Identificar padrões de instabilidade” no estudo de viabilidade (participante A) .....	191
<b>Figura 8.4</b> – Planilha de Medidas após a execução da tarefa “Identificar padrões de instabilidade” no estudo de viabilidade (participante B).....	191
<b>Figura 8.5</b> – Resultado quantitativo das medidas de satisfação com cada componente da solução proposta .....	197
<b>Figura II.1</b> – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Preparar para Análise de Desempenho” .....	263
<b>Figura II.2</b> – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Preparar para Análise de Desempenho” .....	264
<b>Figura II.3</b> – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Verificar Estabilidade” ....	264
<b>Figura II.4</b> – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Verificar Estabilidade” .....	265
<b>Figura II.5</b> – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Verificar Capacidade” .....	266

<b>Figura II.6</b> – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Verificar Capacidade” .....	267
<b>Figura II.7</b> – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho” .....	267
<b>Figura II.8</b> – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho” .....	268
<b>Figura II.9</b> – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Monitorar Estabilidade” ...	268
<b>Figura II.10</b> – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Monitorar Estabilidade” .....	269
<b>Figura II.11</b> – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Monitorar Capacidade” ..	269
<b>Figura II.12</b> – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Monitorar Capacidade” .....	270
<b>Figura IV.1</b> – Aba “Folha de rosto” do modelo “Planilha de Medidas” .....	281
<b>Figura IV.2</b> – Aba “Parâmetros” do modelo “Planilha de Medidas” .....	282
<b>Figura IV.3</b> – Comentários do modelo “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos” .....	282
<b>Figura IV.4</b> – Exemplo de campo com lista do modelo “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos” .....	283
<b>Figura V.1</b> – Tela de descrição de um nó do mapa mental no SPEAKER.....	326

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> – Principais tipos de gráficos de controle .....	24
<b>Tabela 2.2</b> – Aplicabilidade dos testes de estabilidade nos gráficos de controle .....	28
<b>Tabela 2.3</b> – Diferenças entre processos de software e de manufatura .....	34
<b>Tabela 2.4</b> – Problemas relatados durante a execução da ADP de software .....	34
<b>Tabela 2.5</b> – Expressão de busca utilizado no mapeamento sistemática .....	42
<b>Tabela 2.6</b> – Resultado quantitativo das execuções do mapeamento .....	43
<b>Tabela 2.7</b> – Exemplos de regras para selecionar gráfico de controle, adaptado de (ALEXANDER e JAGANNATHAN, 1986) .....	48
<b>Tabela 3.1</b> – Problemas e trabalhos relacionados identificados .....	52
<b>Tabela 3.2</b> – Requisitos para um ambiente de apoio à ADP (SCHOTS <i>et al.</i> , 2015a)..	54
<b>Tabela 3.3</b> – Características do ambiente SPEAKER .....	56
<b>Tabela 3.4</b> – Alguns elementos de processo reutilizáveis da etapa “Verificar Estabilidade” (adaptado de GONÇALVES, 2014).....	62
<b>Tabela 4.1</b> – Atividades da primeira versão do processo para ADP .....	71
<b>Tabela 4.2</b> – Descrição do objetivo do estudo ( <i>survey</i> ).....	73
<b>Tabela 4.3</b> – <i>Template</i> padrão para definição das tarefas .....	80
<b>Tabela 4.4</b> – Atividades do processo e elementos de processo da etapa “Verificar Estabilidade” .....	113
<b>Tabela 5.1</b> – Itens de conhecimento identificados por tarefas do processo de ADP ...	119
<b>Tabela 6.1</b> – Requisitos da ferramenta de apoio à análise de desempenho (FAAD)...	129
<b>Tabela 8.1</b> – Objetivo do estudo de viabilidade .....	178
<b>Tabela 8.2</b> – Características da qualidade em uso (ISO/IEC, 2015a).....	178
<b>Tabela 8.3</b> – Medidas avaliadas no estudo .....	180
<b>Tabela 8.4</b> – Descrição das medidas avaliadas no estudo .....	181
<b>Tabela 8.5</b> – Resultado das medidas de efetividade da solução proposta .....	193
<b>Tabela 8.6</b> – Resultados da medida de eficiência da solução proposta .....	195
<b>Tabela II.1</b> – Descrição do objetivo do estudo ( <i>survey</i> ).....	254
<b>Tabela II.2</b> – Quantidade de participantes por perfil.....	258
<b>Tabela II.3</b> – Caracterização dos participantes.....	259
<b>Tabela V.1</b> – Organização dos itens de conhecimento por tarefas do processo de análise de desempenho .....	327



# CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

*Este capítulo apresenta as principais questões que motivaram a realização deste trabalho e seus objetivos, bem como o método de pesquisa adotado e a estrutura como este texto encontra-se organizado.*

## 1.1 Contexto

A busca por qualidade em software pode ser realizada pela adoção de métodos e técnicas com foco na qualidade do produto ou na qualidade do processo. Métodos e técnicas para atingir a qualidade do processo vêm obtendo cada vez mais atenção das organizações de desenvolvimento de software. Esta atenção é explicada pela premissa de que um processo executado com qualidade tende a produzir produtos com mais qualidade (FUGGETA, 2000).

Neste sentido, normas e modelos de maturidade, tais como o CMMI-DEV (CMMI Product Team, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a), oferecem diretrizes para a definição, avaliação e melhoria de processos de software. A partir destas diretrizes, espera-se que as organizações de software, levando em consideração suas próprias características, consigam implantar processos com qualidade e, desta forma, obter diversos benefícios, dentre os quais: diminuição de retrabalho, maior produtividade e maior precisão das estimativas (TRAVASSOS e KALINOWSKI, 2014).

Tanto o CMMI-DEV como o MR-MPS-SW estabelecem níveis de maturidade a partir dos quais as organizações implantam um conjunto específico de boas práticas em engenharia de software. Uma prática fundamental recomendada desde os níveis iniciais para a posterior avaliação e a melhoria do processo é a medição de software, pois sem a medição não é possível controlar nem prever o processo (FENTON e PFLEEGER, 1997).

A medição auxilia a organização a controlar seus processos, a partir da coleta dos dados de execução dos processos e comparação com metas planejadas. No entanto, metas estabelecidas nos níveis iniciais dos modelos de maturidade são, geralmente, arbitrárias e irreais, pois nestes níveis iniciais, a organização ainda não conhece

quantitativamente o desempenho de seus processos para ser capaz de estabelecer metas (WHEELER, 2008).

Já nos níveis mais altos de maturidade (níveis 4 e 5 do CMMI-DEV e níveis B e A do MR-MPS-SW), as organizações passam a utilizar a medição para obter uma visão quantitativa do desempenho de seus processos, possibilitando a adoção de ações preventivas nos projetos, a previsibilidade do desempenho dos processos, e a implantação de melhorias e inovações (CMMI Product Team, 2010; SOFTEX, 2016a). A alta maturidade permite, portanto, que a organização entenda quantitativamente seu passado, controle quantitativamente seu presente e possa prever quantitativamente seu futuro (MOORTHY, 2015).

A alta maturidade deve ser a meta para toda organização de desenvolvimento de software que busca a qualidade dos seus processos e produtos (MOORTHY, 2015). Espera-se que as organizações adquiram aos poucos as características necessárias para iniciar os esforços para a alta maturidade, a saber: processos definidos e institucionalizados, planejamento estratégico definido, e medidas planejadas e coletadas sistematicamente. De posse destas características, a organização pode adotar as técnicas e métodos quantitativos e estatísticos que permitam realizar a análise de desempenho de seus processos. A partir desta análise, as organizações podem ter um melhor entendimento de seus processos, bem como controlá-los e prevêê-los, de acordo com as expectativas da organização e do cliente (FLORAC e CARLETON, 1999).

## **1.2 Motivação**

O uso das técnicas para a análise de desempenho dos processos (ADP) iniciou-se na área da manufatura e vem sendo realizado com sucesso em outras áreas, inclusive na área de desenvolvimento de software (MAHANTI e EVANS, 2012).

Há diversos relatos na literatura sobre a importância e os benefícios da ADP de software, tais como (FLORAC *et al.*, 2000; SARGUT e DEMIRÖRS, 2006; CARD *et al.*, 2008; HALE e ROWE, 2012; CAMPO, 2012): (i) a previsibilidade do processo, o que leva a elaborar planos factíveis, cumprir o custo e prazos estimados, e entregar produtos de qualidade; (ii) um melhor entendimento dos processos, permitindo melhores tomadas de decisão; (iii) a possibilidade de prever um desvio antes que ele ocorra, permitindo melhor gerenciamento dos projetos; e (iv) uma melhor estimativa dos projetos futuros.

No entanto, nota-se que poucas organizações de desenvolvimento de software adotam esta prática. Um indício desta baixa adoção é o número de organizações avaliadas nos níveis B e A do MR-MPS-SW (menos de 2% das avaliações realizadas) (SOFTEX, 2016b) e nos níveis 4 e 5 do CMMI (9% das avaliações realizadas) (CMMI Product Team, 2015). Além disto, verifica-se que faltam evidências na literatura sobre a aplicação efetiva da ADP em software (TARHAN e DEMIRÖRS, 2006; SCHOTS, 2013).

Dentre as dificuldades para a execução da ADP nas organizações de desenvolvimento de software destacam-se (FLORENCE, 2001; TARHAN e DEMIRÖRS, 2006; PAULK e HYDER, 2007; BORIA, 2007; CARD, 2007; CARD *et al.*, 2008; MAHANTI e EVANS, 2012): (i) falta de um procedimento para planejamento e coleta de medidas adequadas (por exemplo, inexistência de cultura organizacional para coletar medidas e falta de definição do nível adequado de granularidade das medidas); (ii) falta de conhecimento sobre as técnicas e métodos para realizar a ADP; e (iii) falta de conhecimento sobre os dados necessários para realizar uma análise adequada.

Verifica-se que a maioria das dificuldades citadas está relacionada à falta de conhecimento e de experiência dos profissionais responsáveis pela gestão de processos na organização (FLORAC e CARLETON, 1999; XIUXU *et al.*, 2009). Para realizar a ADP, é necessário que o responsável pela análise e melhoria dos processos possua tanto o conhecimento técnico sobre os conceitos e técnicas para realizar a ADP quanto o conhecimento adequado sobre o processo e o contexto organizacional no qual a análise será realizada.

Neste contexto, acredita-se que o uso de práticas da gerência do conhecimento pode minimizar estas dificuldades, uma vez que a gerência do conhecimento tem como objetivo coletar, armazenar e aplicar o conhecimento certo para a pessoa certa no momento certo, de modo que sejam tomadas as melhores decisões para a organização (PETRASH, 1996; KELLY, 2003). Para isto, a gerência do conhecimento visa sistematizar a reutilização do conhecimento para compartilhá-lo no âmbito organizacional (KUCZA *et al.*, 2001).

O conhecimento é o principal ativo de qualquer organização, e pode ser definido como uma combinação de experiências, valores, informações contextuais e *insights* de especialistas (DAVENPORT e PRUSAK, 2000; RUS e LINDVALL, 2002). Como o conhecimento é um ativo importante para uma organização, é necessário que seja

gerenciado de forma mais sistemática para que a organização consiga obter vantagem competitiva a partir de uma reutilização adequada deste conhecimento.

O objetivo principal da gerência do conhecimento é tornar o conhecimento relevante para a organização acessível e possível de ser reutilizado por seus membros. Por ser a ADP uma atividade intensa em conhecimento, utilizar a gerência do conhecimento para apoiar esta análise torna-se um elemento importante, principalmente nas organizações que carecem de pessoal especializado simultaneamente na área de estatística e em engenharia de software. Desta forma, a identificação do conhecimento necessário, sua estruturação e disponibilização adequadas podem contribuir para a realização da ADP neste contexto.

Além do conhecimento técnico sobre os termos e métodos estatísticos que são aplicados durante a ADP, o responsável por esta análise deve conhecer as atividades necessárias para executá-la corretamente. A ADP é realizada por meio de um conjunto de atividades, a saber (FLORAC e CARLETON, 1999; CMMI Product Team, 2010; SOFTEX, 2016c): identificar subprocessos críticos; verificar estabilidade; verificar capacidade; e estabelecer modelos de desempenho. Estas atividades devem seguir uma ordem específica; por exemplo, não é possível estabelecer modelos de desempenho confiáveis, sem que seja verificada a estabilidade dos subprocessos envolvidos. Desta forma, a definição de um processo para sistematizar a execução da ADP pode auxiliar a obtenção de resultados mais confiáveis, além de permitir o registro de tomadas de decisão que possam ser consultadas posteriormente em uma nova execução.

A definição de um processo para ADP deve levar em consideração a iteratividade da execução das atividades, pois, apesar de haver uma ordem de execução das atividades, muitas vezes é necessário executar uma atividade mais de uma vez, a fim de obter um melhor entendimento sobre os dados sendo analisados. Além disto, uma determinada atividade da ADP pode ser realizada de diferentes formas, de acordo com as características dos dados analisados. Por exemplo, a construção de um gráfico de controle varia de acordo com o tipo do gráfico selecionado, e o tipo do gráfico varia de acordo com as características dos dados.

Dado este contexto, verifica-se que, apesar de existirem softwares estatísticos que apoiam o uso de métodos quantitativos e estatísticos, o simples uso destes softwares por um profissional não capacitado, pode não ser suficiente para realizar a ADP adequadamente.



### 1.3 Suposições da Tese

Considerando que:

- i. A ADP é um instrumento necessário para se alcançar um nível adequado de qualidade dos processos;
- ii. Para realizar efetivamente a ADP, é necessário que o responsável por analisar e melhorar os processos possua conhecimentos técnicos sobre os conceitos e os métodos estatísticos para realizar a ADP;
- iii. Além do conhecimento técnico, para realizar efetivamente a ADP, é necessário que o responsável pela análise possua conhecimento suficiente sobre o processo e o contexto organizacional no qual a análise será realizada;
- iv. Não é trivial para uma organização de desenvolvimento de software contratar uma pessoa que tenha conhecimento sobre os conceitos e técnicas para realizar a ADP e que possua conhecimento suficiente sobre o processo e o contexto organizacional no qual a análise será realizada;
- v. Há poucas informações na literatura sobre os detalhes da execução da ADP no contexto de software que permitam um aprendizado de terceiros interessados;
- vi. As informações sobre a aplicação dos conceitos e técnicas para execução da ADP encontram-se dispersas em livros, artigos, dissertações e teses;
- vii. A ADP envolve um conjunto de atividades interdependentes que podem ser executadas de diferentes formas, de acordo com o contexto e as características dos dados sendo analisados; e
- viii. O uso dos softwares estatísticos, apesar de importante, não é suficiente para a execução adequada da ADP.

Supõe-se que:

O uso de um apoio orientado a conhecimento que guie o responsável a realizar as atividades de ADP, disponibilizando o conhecimento necessário para executá-las, permitindo a escolha de diferentes formas de execução das atividades e registrando as tomadas de decisão no decorrer da execução, pode auxiliar as organizações de desenvolvimento de software a analisar adequadamente seus processos.

## 1.4 Objetivos da Tese

Esta tese está contextualizada em um projeto de pesquisa que envolve o desenvolvimento do ambiente SPEAKER (*Software Process pERformance Analysis Knowledge-oriented EnviRonment*) (SCHOTS *et al.*, 2015a), que visa apoiar a execução do processo de ADP de software, a partir da disponibilização do conhecimento necessário para sua execução, e de elementos de processos (que permitem a variabilidade na execução do processo), bem como apoiar e registrar o andamento da execução das atividades associadas a esta análise.

O ambiente SPEAKER foi projetado de forma a atender aos seguintes requisitos (detalhados no Capítulo 3):

- R1 – Prover o conhecimento necessário para realizar a ADP, guiando o usuário em todas as atividades a serem realizadas;
- R2 – Apoiar a execução das atividades previstas para realizar a ADP;
- R3 – Permitir cadastrar, armazenar e disponibilizar o conhecimento relacionado às atividades de ADP;
- R4 – Armazenar os resultados de execução das atividades da ADP e permitir que a execução das próximas atividades seja adequada a cada situação, levando em consideração os resultados das atividades anteriores;
- R5 – Ser aderente aos níveis de maturidade B do MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a) e 4 do CMMI-DEV (CMMI Product Team, 2010) e, também, ao nível 4 de capacidade da ISO/IEC 33020 (ISO/IEC, 2015b).

Os componentes do ambiente são produto desta tese de doutorado, duas dissertações de mestrado (GONÇALVES, 2014; MAGALHÃES, 2015) e um projeto final de graduação (BUSQUET, 2015). Os trabalhos de GONÇALVES (2014) e MAGALHÃES (2015) visam atender principalmente o requisito R4, provendo a definição e a instanciação de elementos de processos reutilizáveis que permitem a iteratividade do processo de ADP, além de fornecerem apoio para o armazenamento dos resultados das execuções do processo. O trabalho de BUSQUET (2015), realizado como versão inicial do ferramental proposto nesta tese, atende parcialmente aos requisitos R2 e R3, provendo apoio para o cadastro de conhecimento, bem como o acompanhamento da execução de processos.

Esta tese visa atender principalmente os requisitos R1, R2, R3 e R5, provendo um processo detalhado para ADP e itens de conhecimento vinculados a este processo.

Além disto, esta tese visa permitir o uso integrado do ambiente SPEAKER, a partir da integração entre os componentes do ambiente.

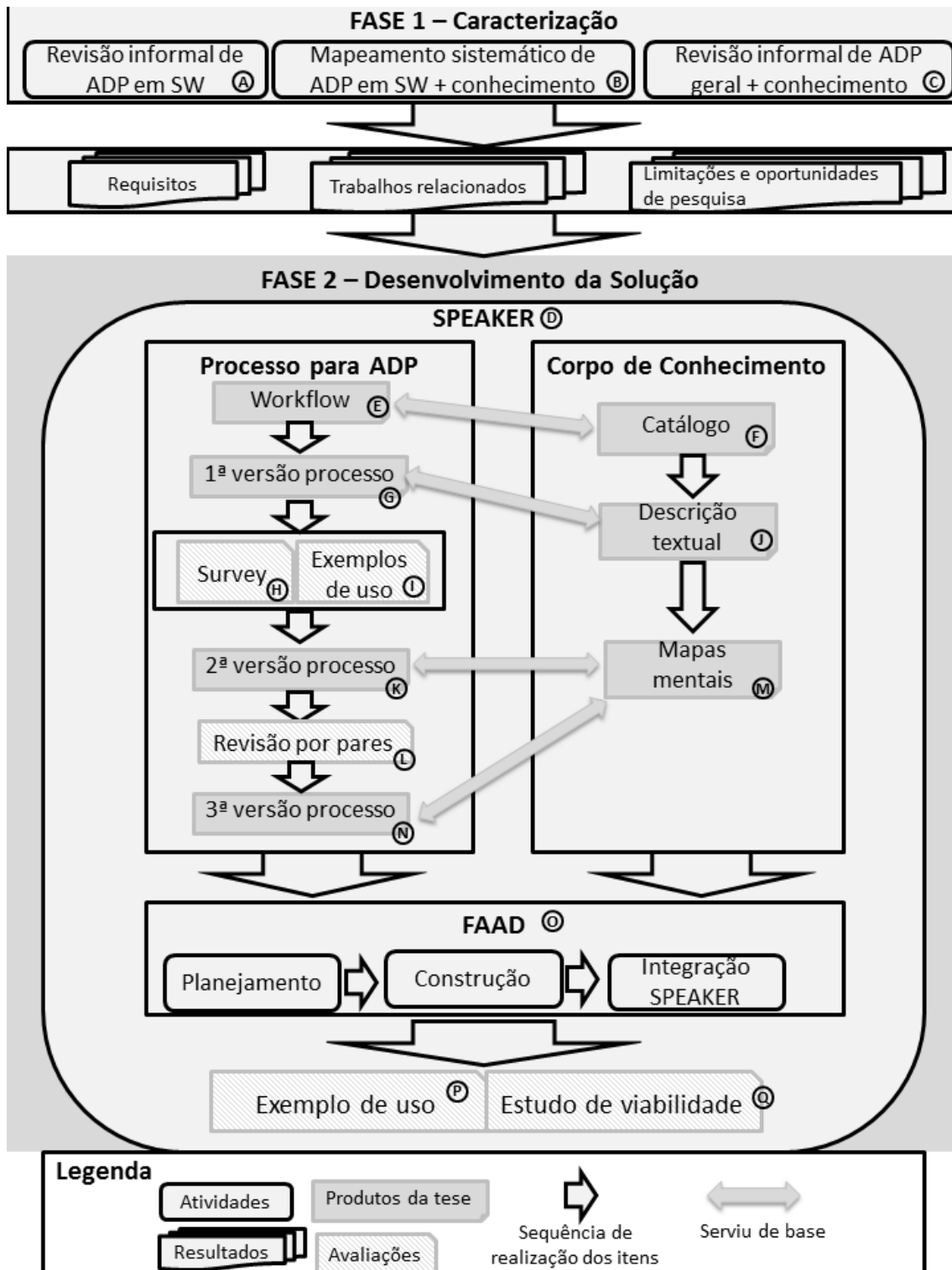
Este objetivo geral desta tese pode ser decomposto nos seguintes objetivos específicos:

- i. Definir um processo que descreva detalhadamente as atividades necessárias para executar a ADP;
- ii. Definir modelos (*templates*) de documentos que auxiliem na operacionalização das atividades da ADP;
- iii. Coletar, armazenar e disponibilizar o conhecimento técnico sobre os conceitos e técnicas quantitativas e estatísticas que auxilia na adequada execução da ADP;
- iv. Desenvolver um apoio ferramental que guie a execução do processo proposto e a disponibilização gradual do conhecimento necessário;
- v. Permitir a integração dos componentes do ambiente SPEAKER, a saber: ferramenta de apoio à execução da análise de desempenho, elementos de processo reutilizáveis, e ferramenta de instanciação e execução dos elementos de processo reutilizáveis.

## **1.5 Método de Pesquisa**

A pesquisa descrita nesta tese foi conduzida por meio de duas fases principais, a saber: (i) caracterização da área e (ii) desenvolvimento da solução proposta, incluindo as avaliações realizadas. Cada fase foi realizada a partir de um conjunto de atividades, ilustradas na Figura 1.1 junto a seus resultados gerados.

A primeira fase da pesquisa teve o objetivo de caracterizar a área da ADP de software. Esta fase foi iniciada por revisões informais da literatura (Figura 1.1A) visando um entendimento da área, abrangendo os principais livros reconhecidos sobre o tema (WHEELER e CHAMBERS, 1992; FLORAC e CARLETON, 1999) e os principais modelos de maturidade (CMMI Product Team, 2010; SOFTEX, 2016a). Somando-se a este entendimento inicial da área a experiência do grupo de pesquisa em Qualidade de Software da COPPE/UFRJ (obtida durante consultorias e avaliações de processo em organizações de desenvolvimento de software), verificou-se a dificuldade e a carência de apoio para as organizações realizarem a análise de desempenho em seus processos.



**Figura 1.1** – Atividades e produtos da pesquisa

Após possuir certa familiaridade com o tema e identificar um possível foco para a pesquisa, um mapeamento sistemático (Figura 1.1B) foi planejado e executado (SCHOTS, 2013). Este mapeamento teve o objetivo de caracterizar como as técnicas de gerência do conhecimento eram utilizadas (e se eram utilizadas) durante a ADP de software. Uma primeira execução do mapeamento foi realizada entre fevereiro e abril de

2012; novas execuções para atualização dos resultados foram realizadas em março de 2013 e em abril de 2016. Os principais resultados deste mapeamento são apresentados no Capítulo 2, enquanto a descrição detalhada do seu planejamento e execução é apresentada no Apêndice I.

Foram obtidos poucos resultados com a execução deste mapeamento (somente seis publicações foram consideradas dentro do escopo do estudo; sendo que quatro delas apresentam o uso de uma mesma abordagem). No entanto, este resultado contribuiu para reforçar a necessidade de uma solução que possa prover às organizações um apoio orientado a conhecimento para a execução da ADP, além de identificar trabalhos relacionados.

Com o baixo retorno provido pelo mapeamento sistemático, novas revisões informais da literatura (Figura 1.1C) foram realizadas constantemente para aprimorar e fundamentar a solução proposta, buscando soluções de gerência de conhecimento em ADP fora da área de software. Nestas revisões, foram identificados alguns trabalhos relacionados, que são apresentados na Seção 2.5. Também nestes trabalhos foram identificadas limitações que forneceram oportunidades para o desenvolvimento da solução proposta.

Na segunda fase da pesquisa, desenvolvimento da solução, a partir dos resultados obtidos por meio das revisões da literatura e do mapeamento sistemático, foi definido pelo grupo de pesquisa um conjunto de requisitos para um ambiente de apoio à ADP de software e, a partir destes requisitos, o ambiente SPEAKER (*Software Process pErformance Analysis Knowledge-oriented EnviRonment*) foi projetado (Figura 1.1D).

O projeto do ambiente SPEAKER foi amadurecendo ao longo da pesquisa, a partir de reuniões nas quais os trabalhos envolvidos eram integrados. Foram estabelecidas algumas características para o ambiente a fim de atender às necessidades identificadas para a execução da ADP. Algumas delas são: o ambiente deve ser baseado em um processo que guie o responsável pelas atividades da ADP; deve permitir que uma tarefa possa ser executada de diferentes formas, por meio da definição de elementos de processo reutilizáveis (GONÇALVES, 2014); deve permitir que uma ADP relacionada a um subprocesso seja executada diversas vezes, armazenando cada execução e permitindo sua posterior recuperação (MAGALHÃES, 2015); deve prover um repositório de conhecimento de ADP; dentre outros apresentados com mais detalhes no Capítulo 3.

Como mencionado anteriormente, a pesquisa desta tese está inserida no contexto do desenvolvimento do ambiente SPEAKER, provendo uma solução orientada a conhecimento para apoiar a ADP, por meio de um processo, um repositório de conhecimento e um apoio ferramental.

Para o desenvolvimento da solução proposta no contexto desta tese, foi adotado um ciclo incremental entre o desenvolvimento de uma solução e práticas científicas que proporcionam um aprendizado sobre a solução desenvolvida e sua consequente melhoria. Sendo assim, cada elemento proposto nesta tese foi elaborado a partir de evoluções baseadas em avaliações e experiências obtidas ao longo da pesquisa, conforme representado na Figura 1.1.

O desenvolvimento da solução proposta nesta tese – compreendendo o processo para ADP, o repositório de conhecimento e o apoio ferramental – foi realizado iterativamente, de forma que, a partir de um elemento proposto o outro evoluía. Desta forma, o primeiro elemento a ser proposto nesta tese foi o processo para ADP, ao identificar um conjunto de atividades e tarefas necessárias para a realização da análise e organizá-lo no formato de um *workflow* (SCHOTS e ROCHA, 2012) (Figura 1.1E). Este conjunto de atividades e tarefas serviu de base para a identificação da primeira versão do conjunto de conhecimentos necessário para apoiar a execução destas atividades e tarefas, que foi estruturado no formato de um catálogo (Figura 1.1F) e possuía o foco em gráficos de controle (SCHOTS, 2013). Estes dois elementos foram apresentados no exame de qualificação desta pesquisa (SCHOTS, 2013).

Com base no *feedback* obtido nas apresentações do trabalho e no exame de qualificação, o *workflow* foi reformulado no formato de um processo contendo somente o título das etapas e atividades, e uma breve descrição das atividades (Figura 1.1G). Esta primeira versão do processo foi avaliada por especialistas por meio de um *survey* (SCHOTS *et al.*, 2015b) (Figura 1.1H). Esta versão do processo e sua avaliação são descritos no Capítulo 4. Um dos resultados do *survey* foi a redução do escopo do processo inicialmente sugerido, focando nas atividades da ADP na identificação dos subprocessos críticos, na verificação de sua estabilidade e no estabelecimento de modelos de desempenho.

Conjuntamente à evolução do processo, o catálogo de conhecimento foi reformulado, abrangendo outras atividades e tarefas da ADP, além dos gráficos de controle. Esta primeira versão do repositório de conhecimento foi organizada de forma

textual (Figura 1.1J), vinculando cada item de conhecimento à respectiva tarefa que apoiava.

A partir das sugestões de melhoria dos especialistas e de um conhecimento mais aprimorado sobre o processo advindo da elaboração de exemplos de uso (SCHOTS *et al.*, 2014a; SCHOTS *et al.*, 2014b) (Figura 1.1I), a descrição do processo foi revisada, detalhada e complementada, incorporando também a definição de modelos de documentos (*templates*) para apoiar a execução das tarefas (Figura 1.1K). Esta versão do processo (apresentada no Capítulo 4) foi avaliada por dois especialistas por meio de uma revisão por pares (também apresentada no Capítulo 4) (Figura 1.1L). Junto com esta nova versão do processo (Figura 1.1N), o repositório de conhecimento evoluiu de forma que os itens de conhecimento foram atualizados, além de serem estruturados no formato de mapas mentais interativos (Figura 1.1M), a fim de auxiliar sua visualização e aprendizado. Esta nova versão do repositório de conhecimento é apresentada no Apêndice V.

O apoio ferramental (Figura 1.1O) para guiar o processo de ADP e disponibilizar os itens de conhecimento durante a execução deste processo foi desenvolvido, inicialmente, no contexto de um projeto final de graduação orientado pela autora desta tese (BUSQUET, 2015). Posteriormente, esta ferramenta, denominada FAAD (Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho), foi aprimorada e integrada ao ambiente SPEAKER (SCHOTS *et al.*, 2015a), conforme descrito no Capítulo 6.

Após a integração do ambiente, para verificar se o ambiente SPEAKER como um todo era factível, um exemplo de uso (apresentado no Capítulo 7) (Figura 1.1P) foi realizado a partir de um cenário baseado em dados reais, disponibilizados por uma organização de desenvolvimento de software que atingiu o nível A do MR-MPS-SW. Por fim, um estudo de viabilidade (apresentado no Capítulo 8) (Figura 1.1Q) foi conduzido com o objetivo de avaliar o ambiente SPEAKER, em especial o processo proposto, os itens de conhecimento relacionados e o apoio ferramental.

## **1.6 Organização do Texto**

Esta tese está organizada em nove capítulos. O presente capítulo apresentou a motivação para desenvolvimento deste trabalho e suas suposições, os objetivos da pesquisa, o método de pesquisa utilizado e a organização do texto.

O segundo capítulo, Análise de Desempenho de Processos, apresenta os principais conceitos relacionados à ADP, incluindo como as principais normas e

modelos de maturidade abordam este tema, além de algumas técnicas para conduzir a ADP. Adicionalmente, os trabalhos relacionados identificados a partir da execução do mapeamento sistemático e das revisões informais da literatura são apresentados.

O terceiro capítulo, Ambiente SPEAKER, apresenta o contexto no qual esta pesquisa foi desenvolvida, por meio de seus requisitos, características e componentes (alguns dos quais resultantes desta pesquisa).

Os capítulos seguintes apresentam os elementos da solução proposta nesta tese, a saber: processo para ADP (Capítulo 4), repositório de conhecimento para ADP (Capítulo 5) e o apoio ferramental (Capítulo 6).

No sétimo capítulo, é apresentado um exemplo de uso do Ambiente SPEAKER, compreendendo o processo proposto completo, bem como as interações com os demais componentes do ambiente.

O oitavo capítulo, Avaliação do Ambiente SPEAKER, apresenta o planejamento e resultados da execução de um estudo de viabilidade do uso do ambiente SPEAKER, focando principalmente nos elementos da solução proposta nesta tese.

Por fim, no nono capítulo, são apresentadas as considerações finais desta tese, discorrendo sobre as principais contribuições da pesquisa, bem como suas limitações e trabalhos futuros.



## CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PROCESSOS

*Neste capítulo são apresentados os principais conceitos relacionados à análise de desempenho de processos e como estes conceitos são aplicados à área de melhoria de processos de software. Além disto, é apresentado como as principais normas e modelos de maturidade em software tratam este tema, bem como as abordagens que apoiam a implantação da análise de desempenho.*

### 2.1 Introdução

As organizações de desenvolvimento de software, assim como qualquer outro tipo de organização, precisam buscar continuamente a melhoria da qualidade de seus produtos e serviços para se manter no mercado de forma competitiva. Esta busca contínua pela qualidade é objeto de estudo desde a expansão da indústria, no início do século XX, o que gerou o desenvolvimento de vários métodos e técnicas propostos para alcançá-la a partir de diferentes perspectivas.

Neste sentido, podem-se destacar três “eras” da história da busca pela qualidade (VERAS, 2009). Em um primeiro momento, a qualidade era controlada por meio da inspeção de cada produto produzido; este tipo de controle da qualidade, no entanto, trazia prejuízos para a organização uma vez que demandava muito tempo e o produto fora dos padrões estabelecidos era descartado depois de pronto.

Após a expansão da indústria e a produção em série, tornou-se inviável inspecionar cada produto produzido. Portanto, a segunda “era” da qualidade foi caracterizada pela inspeção por amostragem e pelo uso de técnicas estatísticas a fim de identificar os defeitos no produto de forma mais efetiva. No entanto, nesta perspectiva o produto defeituoso também era descartado, sendo uma abordagem reativa, assim como na primeira “era” da qualidade.

A terceira “era” da qualidade, por sua vez, possui o enfoque no controle do processo produtivo, a fim de prevenir a ocorrência de defeitos. Neste contexto, surgem diversas propostas; dentre elas, a mais importante é a abordagem de Deming, que possui os seguintes princípios (FLORAC e CARLETON, 1999): (i) focar no processo que gera

os produtos e serviços para melhorar a qualidade e produtividade; (ii) garantir apoio apropriado para os processos; (iii) reconhecer que a variação existe em todos os processos e que a redução desta variação é uma oportunidade de melhoria; e (iv) levar em consideração a variação do processo durante as tomadas de decisão.

Desde a abordagem proposta por Deming, a busca pela qualidade possui maior foco na adoção de métodos e técnicas que permitam um melhor entendimento e controle dos processos que geram produtos e serviços. Desta forma, ao se garantir a qualidade do processo, é mais provável que o produto ou serviço produzido por este processo também tenha qualidade (FUGGETTA, 2000).

No contexto de desenvolvimento de software, a qualidade do processo também é alvo constante das organizações. Uma prova disto é a existência e a adoção de normas e modelos de maturidade, tais como o CMMI-DEV (CMMI Product Team, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a), que oferecem os requisitos para a definição, avaliação e melhoria de processos de software.

De forma semelhante às “eras” da história da busca pela qualidade apresentada por VERAS (2009), nas décadas passadas, o controle da qualidade na indústria de software era fortemente baseado em técnicas para correção de defeitos (focado em processos de testes de produtos de software); no entanto, houve uma mudança de estratégia, concentrando esforços em técnicas para prevenção de defeitos (MAHANTI e EVANS, 2012).

Uma das formas para prevenir os defeitos e melhorar continuamente a qualidade do processo é o uso dos conceitos e técnicas da análise de desempenho de processos (ADP). A partir desta análise, torna-se possível verificar se o desempenho do processo é previsível e se atinge as expectativas da organização e do cliente (FLORAC e CARLETON, 1999), obtendo assim, um ciclo constante de melhoria nos processos.

No contexto dos modelos de maturidade, o uso da ADP é exigido nos níveis mais altos de maturidade, a saber: a partir do nível 4 do CMMI-DEV (CMMI Product Team, 2010) e a partir do nível B do MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a). Neste sentido, é esperado que uma organização de alta maturidade possa gerenciar o desempenho de seus processos de forma que atinja seus objetivos de negócio, por meio da predição dos resultados e melhoria contínua (CARD *et al.*, 2008).

Dentre os benefícios advindos da adequada execução da ADP podem-se destacar: (i) a previsibilidade do processo, o que leva a elaborar planos factíveis, cumprir o custo e o prazo estimados e entregar produtos de qualidade; (ii) melhor

entendimento dos processos, permitindo melhores tomadas de decisão; (iii) a possibilidade de detectar um desvio antes mesmo que ele ocorra, permitindo melhor gerenciamento dos projetos; e (iv) melhor estimativa dos projetos futuros (WHEELER e CHAMBERS, 1992; FLORAC *et al.*, 2000; KOMURO, 2006; CARD *et al.*, 2008; HALE e ROWE 2012).

Este capítulo visa apresentar as principais atividades e conceitos envolvidos na ADP. O capítulo está estruturado em cinco seções, além desta seção introdutória. Na Seção 2.2, são apresentados conceitos básicos sobre o tema. O uso da ADP na área de software é relatado na Seção 2.3, apresentando as principais dificuldades das organizações de desenvolvimento de software em aplicar estes conceitos. A forma como algumas normas e modelos de maturidade tratam o tema é descrita na Seção 2.4. Na Seção 2.5, são apresentadas abordagens que fornecem apoio à ADP – identificadas a partir da execução de um mapeamento sistemático e de revisões não estruturadas da literatura. Por fim, na Seção 2.6, são relatadas as considerações finais deste capítulo.

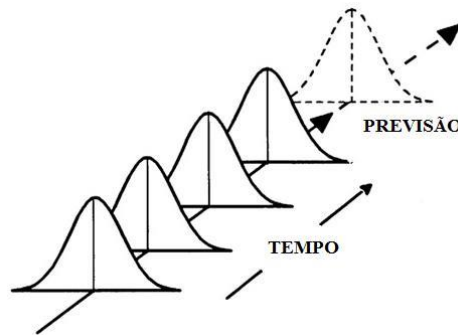
## **2.2 Fundamentação Teórica**

A análise de desempenho de processos consiste em um conjunto de técnicas quantitativas e estatísticas que permitem à organização ter um conhecimento quantitativo dos seus processos e, desta forma, poder predizer seu comportamento (FLORAC e CARLETON, 1999; CMMI Product Team, 2010). A ADP envolve um conjunto de procedimentos que visam à previsibilidade e à melhoria contínua do processo.

Segundo FLORAC e CARLETON (1999), toda característica de processo ou produto, quando mensurada, apresenta variação ao longo do tempo. Ao se utilizar técnicas da ADP – em especial os gráficos de controle, a serem detalhados na Seção 2.2.2 – é possível distinguir dois tipos de variação, descritos nos parágrafos a seguir, que caracterizam o comportamento de um processo e norteiam a ADP, permitindo a previsibilidade dos processos.

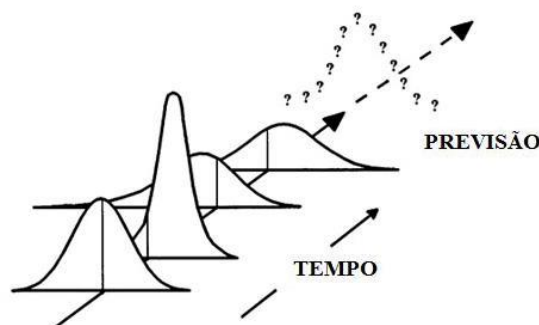
A variação rotineira (ou ruído) é devida ao fenômeno natural e inerente ao processo (WHEELER e CHAMBERS, 1992). Em outras palavras, é o resultado da ação de causas comuns, que são resultado das interações entre os componentes do próprio processo (pessoas, máquinas, materiais, ambiente e métodos) (FLORAC e CARLETON, 1999). Esta variação resultante das causas comuns varia em limites que são previsíveis, pois se apresenta de forma estável e consistente (WHEELER e

CHAMBERS, 1992). Um processo que sofra ação somente de causas comuns é um processo estável e possui o desempenho conforme o exemplificado na Figura 2.1. Verifica-se nesta figura que um processo estável possui seu desempenho caracterizado por um padrão consistente de variação, apresentando a mesma distribuição e média ao longo do tempo, o que permite sua predição.



**Figura 2.1** – Exemplo de processo estável (adaptado de ACC, 2012)

Já a variação excepcional (ou sinal) é o resultado da ação de causas atribuíveis (ou especiais) que surgem de eventos externos ao processo. Em outras palavras, é a variação como resultado de algo externo ao processo que poderia ser evitado (WHEELER e CHAMBERS, 1992). Causas especiais geram uma mudança significativa nos padrões de variação do processo e, desta forma, a previsibilidade do desempenho do processo fica comprometida. Alguns exemplos de causas especiais são: mudanças na qualidade dos produtos de insumo do processo, pessoas com treinamento inadequado, mudanças no ambiente de trabalho, mudanças na forma de executar algum método, falhas ao seguir o processo etc. (FLORAC e CARLETON, 1999). Um exemplo de um processo com causas especiais afetando seu desempenho é apresentado na Figura 2.2. Nesta figura, verifica-se que o desempenho do processo não possui uma variação padrão, apresentado vários tipos de distribuição e médias ao longo do tempo.

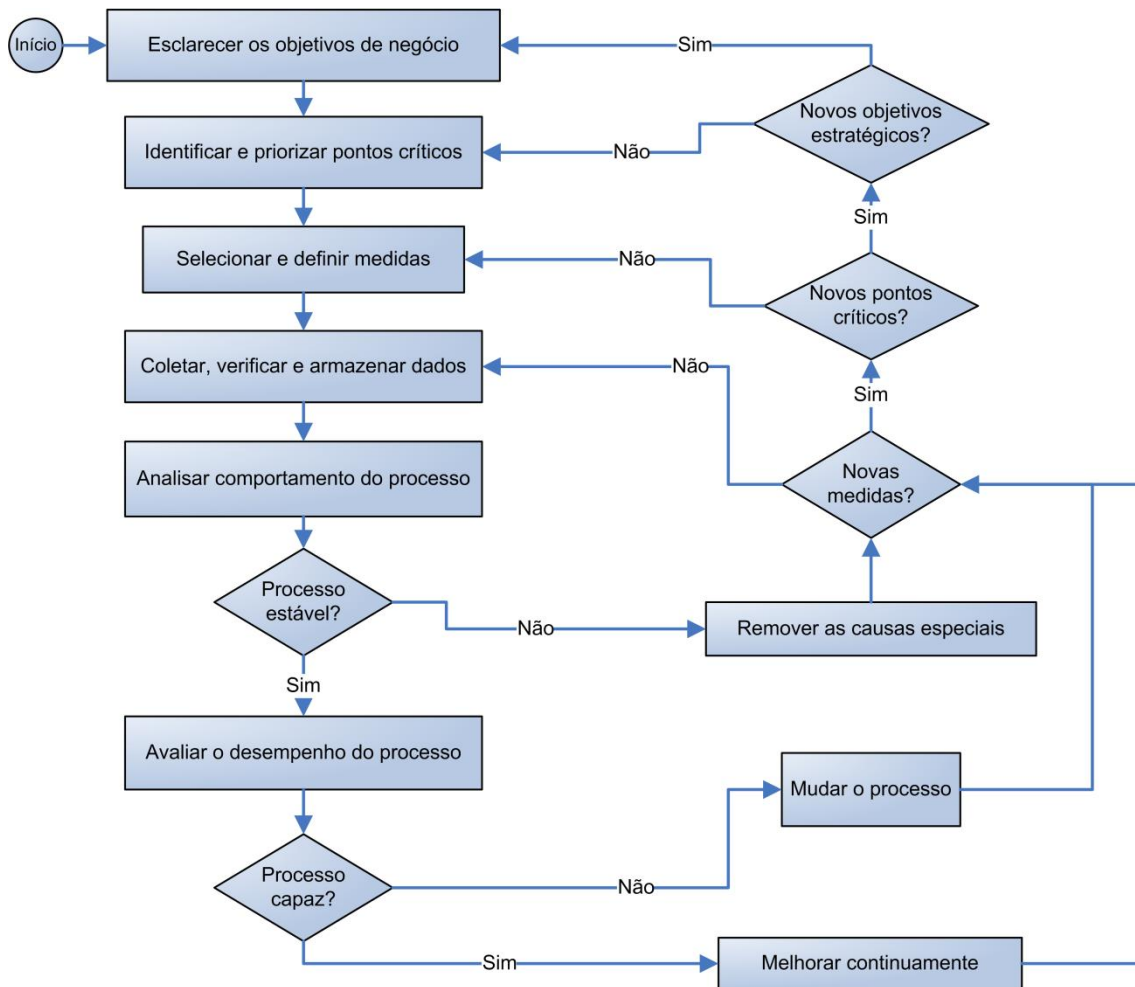


**Figura 2.2** – Exemplo de processo instável (adaptado de ACC, 2012)

Neste contexto, um processo estável possui somente variações aceitáveis que ocorrem dentro de limites previsíveis. Isto permite que o desempenho deste processo

seja previsível em execuções futuras (ROCHA *et al.*, 2012). Para verificar se um processo é estável ou não, é necessário distinguir se ele possui variações rotineiras ou variações excepcionais. Esta distinção é realizada por meio de um gráfico de controle (a ser descrito na Seção 2.2.2).

De acordo com FLORAC e CARLETON (1999), a ADP é, basicamente, composta pelas atividades apresentadas na Figura 2.3. Estas atividades estão relacionadas entre si, formando um ciclo de melhoria contínua.



**Figura 2.3** – Atividades da Análise de Desempenho de Processos (adaptado de FLORAC e CARLETON, 1999)

As quatro primeiras atividades da ADP apresentadas na Figura 2.3 compõem uma fase de preparação para a realização da análise de fato. Estas atividades consistem, basicamente, em direcionar os esforços da ADP para os pontos críticos da organização, de acordo com seus objetivos de negócio. Afinal, por ser uma análise que envolve muitos recursos, não é possível ou viável aplicar os conceitos e técnicas da ADP em todos os processos da organização. Desta forma, a primeira atividade “Esclarecer os

objetivos de negócio” visa entender como os objetivos de negócio estão relacionados aos processos executados pela organização (FLORAC e CARLETON, 1999).

A atividade “Identificar e priorizar pontos críticos” identifica os processos críticos que determinam o sucesso ou o fracasso da organização no atendimento aos objetivos de negócio estabelecidos. Na atividade “Selecionar e definir medidas”, as medidas que caracterizam o processo ou produto são selecionadas e é estabelecida sua definição operacional (descrição da medida de forma que outras pessoas possam coletá-las e analisá-las adequadamente). Na próxima atividade, “Coletar, verificar e armazenar os dados”, são realizados a coleta e o armazenamento das medidas e de suas informações de contexto ao longo da execução dos processos, além de verificar sua confiabilidade e consistência.

Após esta fase de preparação, a ADP se inicia com a execução da atividade “Analisar o comportamento do processo”, que visa verificar se o processo está estável ou não; ou seja, se a execução do processo apresenta variações excepcionais (FLORAC e CARLETON, 1999). Esta verificação é realizada, principalmente, a partir da elaboração de gráficos de controle para analisar o desempenho do processo com relação a uma de suas medidas ao longo do tempo. Se o processo se encontra estável, a próxima atividade da análise pode ser realizada. Caso contrário, é necessário identificar e remover suas causas especiais de variação (FLORAC e CARLETON, 1999).

Na atividade “Avaliar o desempenho do processo”, a capacidade do processo é avaliada. Tal capacidade está relacionada ao fato de o processo conseguir atender aos requisitos do cliente ou do negócio (“voz” do cliente) (FLORAC e CARLETON, 1999). Desta forma, um processo capaz é um processo estável que consegue atender às especificações estabelecidas. Se o processo não for considerado capaz, uma das opções será efetuar mudanças no próprio processo para que ele se torne capaz. Se o processo for considerado capaz, melhorias contínuas podem ser realizadas para que o processo se torne cada vez mais eficiente, melhorando sua capacidade – isto envolve diminuir os limites de variação que são considerados aceitáveis para seu comportamento, tratando as causas comuns (ROCHA *et al.*, 2012).

Durante o ciclo de melhoria contínua, é necessário revisar se há necessidade de novas medidas, se houve identificação de novos fatores críticos ou alterações nos objetivos estratégicos da organização.

Além destas atividades apresentadas com ênfase no contexto do controle estatístico de processo, há a necessidade de criar modelos de desempenho que permitem

a predição da execução futura dos processos, por meio da identificação de relacionamentos matemáticos entre medidas dos processos. Pode-se dizer que a construção de modelos de desempenho é o objetivo final da ADP, pois é a partir destes modelos que a gerência quantitativa de projetos se torna mais eficiente (CMMI Product Team, 2010). O conceito de modelos de desempenho é apresentado na Seção 2.2.3.

A partir do processo genérico da ADP apresentado na Figura 2.3 e da importância dos modelos de desempenho, três conceitos se destacam no contexto da ADP: (i) subprocessos críticos, cuja identificação direciona a ADP a partir dos objetivos estratégicos da organização, permitindo a esta obter os benefícios advindos da análise; (ii) gráficos de controle, que permitem a análise de estabilidade dos subprocessos; e (iii) modelos de desempenho, que permitem a previsibilidade dos subprocessos e maximizam a eficácia da gerência quantitativa de projetos. Estes conceitos são apresentados nas subseções a seguir.

### **2.2.1 Subprocessos críticos**

Para que a ADP seja possível, é necessário que a organização possua uma definição adequada das medidas que caracterizam o desempenho de seus processos e que estas sejam coletadas de forma consistente (KITCHENHAM *et al.*, 2006; BARCELLOS, 2009). Um dos fatores importantes para a definição de medidas que auxiliem no entendimento quantitativo do processo é o nível de granularidade da entidade mensurável. Uma entidade mensurável é um objeto ou evento do mundo real que se deseja conhecer por meio da medição de seus atributos (características ou propriedades) (FENTON e PFLEEGER, 1997). Neste sentido, são exemplos de entidades: um processo, uma atividade, uma tarefa, um produto, um artefato etc.

No contexto da ADP, é desejável que as medidas possuam baixa granularidade, ou seja, estejam relacionadas a entidades pequenas e que possuam uma grande frequência de coleta (BARCELLOS, 2009). Desta forma, é possível entender o desempenho da entidade e gerenciar sua evolução, além de permitir um volume adequado de valores coletados (necessário para aplicação de certas ferramentas estatísticas). Por exemplo, uma medida referente à execução de um projeto que é coletada somente no final do projeto possui uma alta granularidade e, portanto, não seria uma boa candidata (de forma isolada) para a ADP.

No entanto, apesar de a baixa granularidade da medida ser recomendável, é necessário que tal granularidade seja adequada para que a medida seja significativa,

auxiliando na análise do processo. Para medidas que caracterizam a execução de processo, uma das formas de identificar entidades que sejam pequenas, mas significativas para a organização, é decompor o processo em partes menores, denominadas “subprocessos”.

Um subprocesso é uma unidade menor de um processo, ou seja, é uma parte constituinte de um processo maior (CMMI Product Team, 2010). É a unidade fundamental (atômica) de definição de processos e descreve as atividades e tarefas necessárias para realizar uma parte do trabalho de forma consistente. O subprocesso também é denominado elemento de processo ou componente de processo (BARRETO, 2011a).

O nível de granularidade de um subprocesso pode variar conforme o contexto organizacional. Para identificar o nível adequado de granularidade, as seguintes características que definem um subprocesso devem ser consideradas (BARRETO, 2011a): (i) é um conjunto de atividades/tarefas que entrega um resultado bem definido, e que pode se repetir ao longo do processo; (ii) representa um conjunto de atividades/tarefas relevantes de um processo de mais alto nível, que pode ser realizado de uma ou várias maneiras; e (iii) é relevante para ser medido. No contexto da ADP, os subprocessos possuem o nível de granularidade do que normalmente equivale a uma atividade (FERREIRA, 2009; BARRETO, 2011a).

Visto que a ADP é uma atividade que demanda tempo e custos razoáveis e as organizações possuem limitações quanto aos recursos disponíveis, é necessário selecionar quais subprocessos serão objetos desta análise. Para que a organização obtenha resultados relevantes, os subprocessos críticos – ou seja, aqueles que possuem um maior impacto nos objetivos estratégicos da organização – devem ser identificados.

Para auxiliar a identificação dos subprocessos críticos, recomenda-se o uso de critérios a fim de que a seleção não seja subjetiva e que esteja relacionada aos objetivos estratégicos da organização (CMMI Product Team, 2010; SOFTEX, 2016c). Alguns exemplos de critérios que podem ser utilizados para identificar os subprocessos críticos são (GOH *et al.*, 1998; TARHAN e DEMIRORS, 2006; FERREIRA, 2009; CMMI Product Team, 2010): (i) Grau de relacionamento dos subprocessos com os objetivos estratégicos da organização; (ii) Grau de importância dos subprocessos para o cliente; (iii) Grau de importância dos subprocessos para a qualidade final do produto (importância funcional); (iv) Quantidade e nível de problemas identificados a partir da execução dos subprocessos; (v) Grau em que o subprocesso auxilia na predição da



qualidade e do desempenho do processo; e (vi) Estabilidade e/ou a capacidade dos subprocessos (quando a organização já executou ADP anteriormente).

Algumas abordagens foram propostas para auxiliar na identificação dos subprocessos críticos para a ADP, destacando-se as propostas por GOH *et al.* (1998), TARHAN e DEMIRORS (2006) e FERREIRA (2009).

GOH *et al.* (1998) apresentam uma forma de priorização de processos para implementar o CEP na área de manufatura. Esta seleção dos subprocessos críticos leva em consideração a situação atual do processo em termos da sua estabilidade e capacidade (compondo o critério de criticidade estatística) e a importância do processo para a qualidade final do produto (compondo o critério de criticidade técnica). A partir destes dois critérios, os processos críticos são aqueles que possuem alta criticidade estatística (i.e., nos quais há indícios de instabilidade no processo ou o processo não é considerado capaz) e a alta criticidade técnica. Assim, esta abordagem exige que a ADP seja executada, pelo menos inicialmente, em todos os processos da organização, a fim de se poder avaliar sua criticidade estatística.

Na área de processos de software, TARHAN e DEMIRORS (2006) sugerem uma abordagem para a seleção de medidas (e, conseqüentemente, dos processos) para o CEP. Esta seleção é realizada a partir do cálculo do índice de usabilidade de cada medida existente na organização, por meio da aplicação de questionários que avaliam a existência de alguns atributos nas medidas, tais como definição operacional completa, existência de valores coletados (pelo menos, 20), coleta consistente e cobertura.

Também na área de software, a abordagem de FERREIRA (2009) abrange a seleção dos processos críticos, bem como sua adequação para o CEP. A abordagem é composta pelas seguintes atividades:

- i. Identificação dos processos críticos: leva em consideração a opinião de especialistas da organização sobre as necessidades que auxiliam a alcançar os objetivos de software e sobre os problemas que podem prejudicar o alcance destes objetivos.
- ii. Adequação ao CEP: os processos considerados críticos pelos especialistas da organização e as medidas destes processos são avaliados a partir de dois *checklists* sobre a adequação ao CEP.
- iii. Seleção e priorização dos processos adequados para o CEP: a partir das avaliações realizadas na etapa anterior, é calculado um índice de importância para cada processo e, a partir deste índice, são selecionados os processos para o CEP.

Estas abordagens apresentam algumas limitações. Tanto GOH *et al.* (1998) como TARHAN e DEMIRORS (2006) não levam em consideração o relacionamento dos processos com os objetivos estratégicos da organização, o que pode levar à seleção de processos em detrimento de outros processos essenciais e que poderiam trazer mais benefícios para organização. Além disto, estas abordagens não definem claramente o nível de granularidade dos processos considerados críticos, o que é importante na área de software, devido à sua natureza.

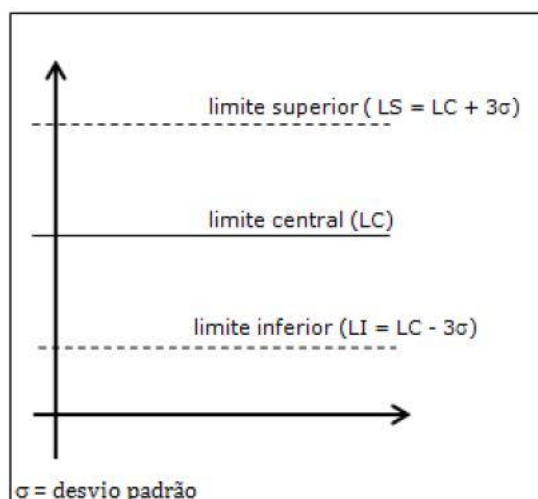
Nenhum dos trabalhos identificados trata a seleção dos processos críticos tendo em vista a construção do modelo de desempenho. Como a construção de um modelo de desempenho confiável depende da estabilidade das medidas envolvidas, é necessário identificar de antemão quais são os processos relacionados e tratá-los como processos críticos. A identificação das variáveis envolvidas na construção do modelo de desempenho será detalhada na Seção 2.2.3.

### **2.2.2 Gráficos de controle**

Enquanto a identificação dos subprocessos críticos da organização é uma etapa de preparação, a fim de maximizar os benefícios obtidos com a ADP focando nos pontos críticos da organização, o uso do gráfico de controle pode ser visto como uma das atividades centrais da ADP, uma vez que é a ferramenta pela qual a estabilidade do subprocesso é verificada.

O gráfico de controle – também chamado de gráfico de comportamento do processo (WHEELER, 2008) – é um tipo de gráfico de frequência no qual os valores coletados de uma determinada característica do processo (representada por uma medida) são plotados em ordem temporal, apresentado limites (superior e inferior). Estes limites são essenciais para o propósito do gráfico de controle, pois eles permitem diferenciar a variação rotineira (produzida naturalmente pelo processo) da variação excepcional (causada por um evento externo ao processo), bem como caracterizar a extensão da variação rotineira (WHEELER, 2008), definindo a “voz” do processo.

O gráfico de controle possui uma linha central e, normalmente, dois limites de controle, apresentados um acima e outro abaixo da linha central (FLORAC e CARLETON, 1999), conforme apresentado na Figura 2.4. A linha central representa, geralmente, a visualização da média do processo observado (algumas vezes representando outras medidas de tendência, tal como a mediana), e serve como referência visual para detectar mudanças ou tendências (WHEELER, 2008).



**Figura 2.4** – Estrutura básica do gráfico de controle (ROCHA *et al.*, 2012)

Existem diversos tipos de gráficos de controle aplicáveis para diferentes contextos e problemas. Antes da construção de um gráfico de controle, é necessário verificar, entre outros aspectos: (i) o problema que se deseja analisar, (ii) o tipo dos dados (medidas) que estão disponíveis, (iii) o tamanho dos subgrupos de dados (se houver), e (iv) o modelo de distribuição dos dados (ROCHA *et al.*, 2012; SOFTEX, 2016c). O tipo de gráfico mais adequado deve ser selecionado a partir destas características. A escolha incorreta pode trazer problemas à análise – por exemplo, representando um processo estável como instável, ou vice-versa.

A principal característica que distingue os tipos de gráficos de controle é o tipo da medida sendo analisada: variável ou atributo (FLORAC e CARLETON, 1999). As medidas do tipo variável, também denominadas contínuas, são as que medem um fenômeno contínuo, assumindo qualquer valor dentro de um intervalo de interesse (STAPENHURST, 2005). Alguns exemplos de medidas do tipo variável são: tempo gasto, esforço, anos de experiência e custo de retrabalho. (FLORAC e CARLETON, 1999). Já as medidas do tipo atributo, também denominadas discretas, são as que só podem ser contadas ou classificadas conforme um critério estabelecido, podendo assumir somente valores inteiros dentro de um intervalo de interesse (STAPENHURST, 2005). Exemplos de medidas do tipo atributo são: número de defeitos encontrados, número de pessoas com determinada habilidade, e porcentagem de projetos utilizando inspeção. (SOFTEX, 2016c).

Outra característica importante das medidas que deve ser levada em conta ao selecionar o gráfico de controle é o tipo de distribuição de probabilidade apresentado pelo conjunto de medidas. Dependendo do tipo de distribuição, um determinado tipo de

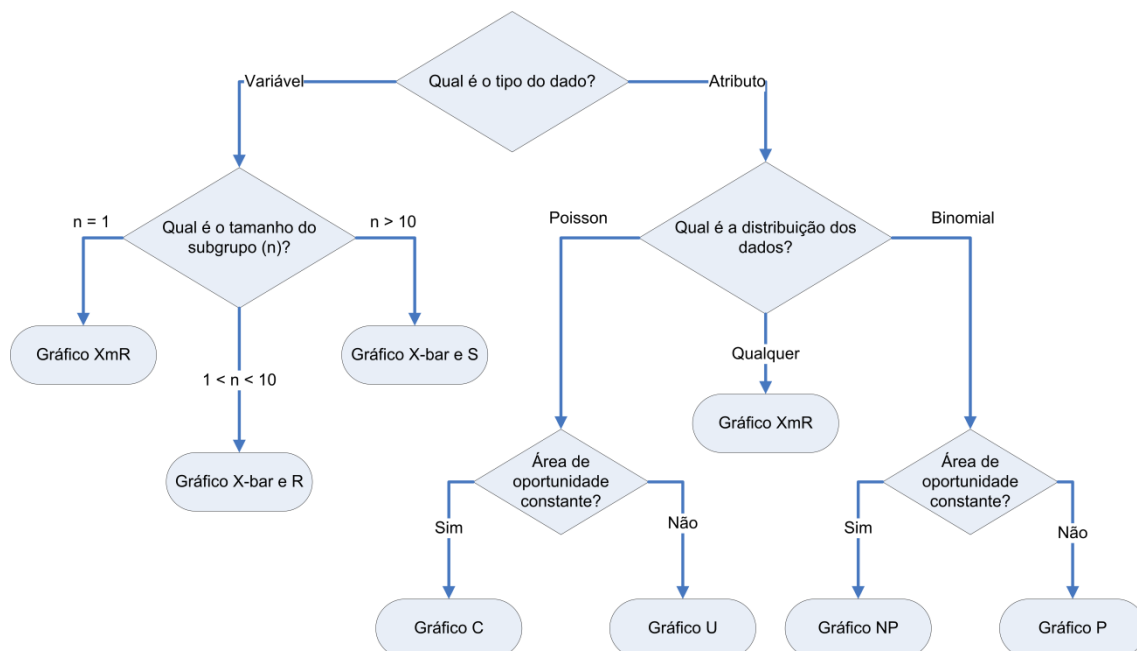
gráfico de controle pode ser mais preciso que outros (FLORAC e CARLETON, 1999; MONTGOMERY, 2009).

Os principais tipos de gráficos de controle estão sumarizados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1** – Principais tipos de gráficos de controle

<b>Gráfico</b>	<b>Descrição</b>
Gráfico de Controle do Valor Individual e Amplitudes Móveis ou <b>Gráfico XmR</b>	É um gráfico de controle para medidas tanto do tipo variável como do tipo atributo. Este gráfico é utilizado quando há impossibilidade de formar subgrupos com os valores disponibilizados, ou seja, os valores são analisados individualmente. É o gráfico mais utilizado na área de software (BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2007; ROCHA <i>et al.</i> , 2012).
Gráfico de Controle de Média e Amplitude ou <b>Gráfico X-bar e R</b>	É um gráfico de controle para medidas do tipo variável. Este gráfico é utilizado quando há a opção de coletar múltiplas medições em um curto intervalo de tempo e sob as mesmas condições de execução do processo, sendo, portanto, possível agrupá-los em subgrupos homogêneos. É mais eficiente quando o tamanho do subgrupo varia entre 4 e 10.
Gráfico de Controle de Média e Desvio Padrão ou <b>Gráfico X-bar e S</b>	É um gráfico de controle para medidas do tipo variável. Este gráfico é semelhante ao Gráfico X-bar e R, diferenciando-se com o uso do desvio padrão ao invés da amplitude. É mais eficiente quando o tamanho do subgrupo é maior que 10.
Gráfico de Controle de Médias Móveis e Amplitudes Móveis ou <b>Gráfico mAmR</b>	É um gráfico de controle para medidas do tipo variável. Este gráfico é útil quando se deseja analisar a tendência do desempenho do processo ao longo do tempo, ao invés da variação entre as medições individuais dos subgrupos.
Gráfico de Controle Soma Cumulativa ou <b>Gráfico CUSUM</b>	É um gráfico que incorpora todas as informações de uma amostra, plotando a soma acumulada dos desvios dos valores da amostra de um valor alvo. Este gráfico é indicado quando se deseja analisar pequenas variações no desempenho do processo. O uso do gráfico CUSUM pode ser realizado tanto para medidas do tipo variável como do tipo atributo.
Gráfico de Controle Média Móvel Exponencialmente Ponderado ou <b>Gráfico EWMA</b>	É um gráfico que, da mesma forma que o gráfico CUSUM, acumula a informação mais recente com informações anteriores e, com isso, detecta melhor pequenos desvios. É considerado mais fácil de estabelecer e operar do que o Gráfico CUSUM. Este gráfico é aplicável a medidas do tipo variável e independe da distribuição de dados.
Gráfico de Controle para Não Conformidades c ou <b>Gráfico c</b>	É um gráfico de controle para medidas do tipo atributo. Este gráfico é utilizado quando os valores seguem uma distribuição de Poisson e as amostras possuem tamanho constante, ou seja, possui a área de oportunidade fixa.
Gráfico de Controle para Não Conformidades por Unidade u ou <b>Gráfico u</b>	É um gráfico de controle para medidas do tipo atributo. Este gráfico é utilizado quando os valores seguem uma distribuição de Poisson e as amostras não possuem tamanho constante.
Gráfico de Proporção de Não Conformes ou <b>Gráfico p</b>	É um gráfico de controle para medidas do tipo atributo. Este gráfico é utilizado quando os valores coletados seguem uma distribuição Binomial e as amostras não possuem tamanho constante. Em geral, é utilizado quando as medidas se apresentam em forma de porcentagens, representando a proporção entre a quantidade de itens não conformes e a quantidade total produzida.

A seleção do tipo de gráfico de controle apropriado para cada situação é crítica para que a ADP seja realizada corretamente (MAHANTI e EVANS, 2012). Esta seleção requer conhecimento técnico sobre os tipos de gráfico de controle disponíveis e sobre como caracterizar as medidas que serão analisadas. De uma forma geral, a seleção do tipo de gráfico de controle, a partir das características das medidas, é representada por meio de fluxogramas, tais como os apresentados por WHEELER e CHAMBERS (1992) e BALDASSARRE *et al.* (2010). A Figura 2.5 apresenta o fluxograma sugerido por BALDASSARRE *et al.* (2010).



**Figura 2.5** – Fluxograma para seleção do tipo de gráfico de controle (adaptado de BALDASSARRE *et al.*, 2010)

A primeira análise a ser feita para a seleção do tipo de gráfico de controle é relacionada ao tipo da medida, ou seja, se a medida é do tipo variável ou atributo. Caso a medida seja do tipo variável, os tipos de gráfico de controle que podem ser utilizados são os gráficos XmR, “X-bar e R” e “X-bar e S”, dependendo da possibilidade (e necessidade) de se formar subgrupos homogêneos e do tamanho deste subgrupo.

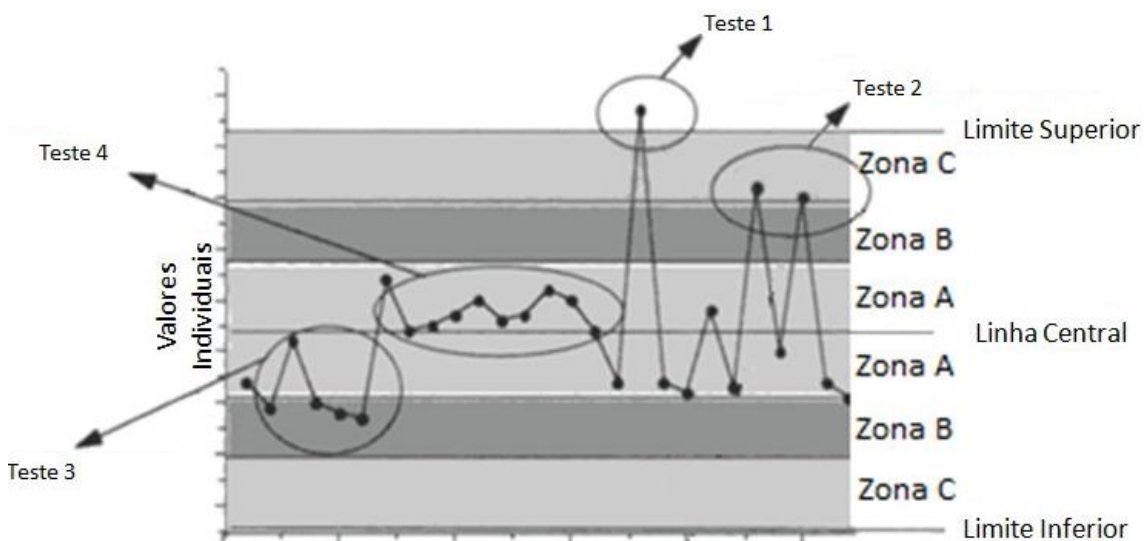
Caso a medida seja do tipo atributo, é necessário verificar o tipo de distribuição dos dados. Se os dados seguem uma distribuição binomial (ou seja, os dados estão associados com situações que envolvem dois resultados, por exemplo, sim/não), devem ser utilizados os gráficos de controle p ou np, dependendo de a área de oportunidade ser constante ou não. Se os dados seguem uma distribuição de Poisson (ou seja, os dados não são simétricos, apresentando uma inclinação para a esquerda), os gráficos u ou c (novamente dependendo da área de oportunidade) devem ser utilizados.

A área de oportunidade é uma característica importante e que precisa ser analisada ao selecionar os tipos de gráficos de controle quando as medidas são do tipo atributo. Este conceito está relacionado com a “oportunidade” (chance) de um evento ser registrado (STAPENHURST, 2005). De acordo com FLORAC e CARLETON (1999), quando a área de oportunidade não é constante, o número de ocorrências deve ser normalizado (i.e., convertido em taxas), dividindo cada contagem pela sua área de oportunidade antes de uma comparação ser realizada. Segundo os autores, esta é a situação que ocorre com mais frequência no contexto de processos de software.

Os fluxogramas para auxiliar a seleção dos gráficos de controle apresentados por WHEELER e CHAMBERS (1992) e BALDASSARRE *et al.* (2010) foram elaborados no escopo da ADP para a área de manufatura. Na área de software, não foram identificados trabalhos que relatassem o uso do gráfico de controle np. Por outro lado, dois gráficos de controle não apresentados nestes fluxogramas são utilizados na área de software com frequência: os gráficos CUSUM e EWMA.

Outro ponto crítico para o uso adequado dos gráficos de controle é sua análise. Há regras de análise, denominadas testes de estabilidade (ou *run tests*), que permitem identificar se o subprocesso pode ser considerado estável ou não. Estas regras buscam identificar um comportamento não aleatório no subprocesso, o que indica a presença de causas especiais e, portanto, instabilidade (FLORAC e CARLETON, 1999).

Os testes básicos para identificar pontos fora de controle são apresentados na Figura 2.6 descritos a seguir (WHEELER e CHAMBERS, 1992; FLORAC e CARLETON, 1999).



**Figura 2.6** – Testes básicos de estabilidade (adaptado de FLORAC e CARLETON, 1999)

- Teste 1: presença de algum ponto fora dos limites de controle de  $\pm 3\sigma$ ;
- Teste 2: presença de, pelo menos, dois de três valores consecutivos no mesmo lado da linha central dentro da zona C ( $\pm 2\sigma$  da linha central);
- Teste 3: presença de, pelo menos, quatro de cinco valores consecutivos no mesmo lado da linha central dentro da zona B ( $\pm 1\sigma$  da linha central);
- Teste 4: presença de, pelo menos, oito valores consecutivos no mesmo lado da linha central.

Se pelo menos um destes testes tiver resultado positivo, o subprocesso é considerado instável e deve-se iniciar a análise dos dados com o objetivo de identificar as possíveis causas especiais envolvidas. Além destes testes, há outros que podem ser utilizados na análise do gráfico de controle, aumentando a sensibilidade do gráfico para detectar instabilidades (MONTGOMERY, 2009). No entanto, como ressaltado por FLORAC e CARLETON (1999) e MONTGOMERY (2009), quanto mais testes são aplicados, maior é a chance de detectar alarmes falsos. Portanto, é necessário equilibrar a quantidade de testes a serem aplicados. Na área de processos de software, além dos quatro testes mencionados anteriormente, outros quatro testes são, geralmente, aplicados (BALDASSARRE *et al.*, 2010):

- Teste 5: presença de 6 pontos consecutivos em uma sequência crescente ou decrescente;
- Teste 6: presença de 15 pontos consecutivos na zona A;
- Teste 7: presença de 14 pontos consecutivos alternadamente para cima e para baixo;
- Teste 8: presença de 8 pontos consecutivos de ambos os lados da linha central com nenhum ponto entre a linha central e  $1\sigma$ .

A aplicação dos testes de estabilidade deve também levar em consideração o tipo de gráfico de controle, pois alguns testes não são aplicáveis a determinados gráficos (WHEELER e CHAMBERS, 1992). A Tabela 2.2 apresenta a aplicabilidade de cada teste de estabilidade nos tipos de gráficos de controle apresentados neste trabalho. Vale ressaltar que alguns gráficos de controle são formados por dois gráficos (por exemplo, o gráfico XmR é formado pelo gráfico X e pelo gráfico mR); para não haver redundância de informação, a Tabela 2.2 apresenta cada gráfico isoladamente.

**Tabela 2.2** – Aplicabilidade dos testes de estabilidade nos gráficos de controle

# Teste Gráfico	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>X</b>	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>mR</b>	x	-	-	-	x	-	x	-
<b>X-bar</b>	x	x	x	x	x	x	x	X
<b>R</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>S</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>mA</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>CUSUM<sup>1</sup></b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>EWMA</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>c</b>	x	x	x	x	-	-	-	-
<b>u</b>	x	x	x	x	-	-	-	-
<b>p</b>	x	x	x	x	-	-	-	-

x: teste pode ser utilizado  
 - : teste não pode ser utilizado  
 NA: não se aplica

Além destes testes básicos, há outros testes que buscam identificar nos dados algumas tendências e padrões que também podem ser indícios de instabilidade no processo. De acordo com FLORAC e CARLETON (1999), os principais padrões que podem indicar instabilidade são: (i) ciclos: valores repetidos em intervalos de tempo regulares; (ii) tendência de crescimento ou decrescimento: valores constantes na mesma direção; (iii) mudanças bruscas: valores mudam de direção rapidamente; (iv) agrupamentos: valores se apresentam em grupos; (v) mistura: valores indicam que pertencem a diferentes sistemas de causas; e (vi) estratificação: valores se apresentam muito próximos à linha central.

Embora cada tipo de gráfico de controle possua regras específicas para detectar se o processo analisado é ou não estável, a simples observância destas regras nem sempre é efetiva. Nestas situações, a experiência do responsável pela análise – tanto nos métodos estatísticos como no contexto da organização – é essencial para que a ADP seja executada adequadamente (XIUXU *et al.*, 2009).

### 2.2.3 Modelos de desempenho

Como foi citado anteriormente, o objetivo final da ADP é, além de ter um melhor entendimento sobre a execução dos subprocessos, permitir a predição do desempenho futuro destes subprocessos, auxiliando na estimativa e gerência preventiva

<sup>1</sup> A análise do gráfico CUSUM não é realizada por meio de testes de estabilidade (MONTGOMERY, 2009), mas por uma estatística própria.



nos projetos (SOFTEX, 2016c). Para atender a este objetivo, a construção de modelos de desempenho confiáveis é essencial, após a verificação da estabilidade das medidas dos subprocessos críticos da organização.

Um modelo de desempenho de processos é uma descrição do relacionamento existente entre atributos de processos e de produto, permitindo que um determinado atributo (denominado variável dependente ou Y) seja estimado a partir de outros atributos previamente conhecidos (denominados variáveis independentes ou x) (MAXWELL, 2006). Desta forma, um modelo de desempenho representa o desempenho de processos em execuções passadas e é utilizado para prever os resultados do processo em projetos futuros.

Para que o modelo de desempenho possa prever resultados com alguma segurança, é necessário que as medidas que compõem o modelo sejam consideradas estáveis (STODDARD, 2008), ou seja, que as medidas se comportem de forma previsível dentro dos limites de variação conhecidos.

Uma organização pode utilizar modelos de desempenho para (STODDARD, 2008): prever resultados durante o planejamento e replanejamento do projeto; prever resultados durante a execução do projeto a partir da aplicação de análises do tipo “e se”; prever resultados relacionados a melhorias potenciais de processos, auxiliando na escolha de qual melhoria deve ser realizada; prever resultados esperados para avaliar o efeito de uma mudança implementada; para selecionar as ideias de melhoria sem a necessidade de executar um piloto com este propósito; e permitir aos gerentes de projetos realizarem correções quando o projeto começa a se desviar da meta.

Apesar dos benefícios que os diversos usos dos modelos de desempenho podem apresentar, as organizações possuem dificuldades para construir estes modelos. De acordo com KONRAD (2007), no contexto das organizações que implementam os altos níveis de maturidade do CMMI-DEV, o estabelecimento de modelos de desempenho é a prática mais mal-entendida pelas organizações e, portanto, a que mais apresenta erros de implementação. Esta constatação é corroborada pela falta de trabalhos e relatos na literatura sobre a elaboração de modelos de desempenho no contexto da ADP. A construção de modelos de desempenho está normalmente presente em trabalhos da área de simulação e predição de software – no entanto, sem levar em consideração a estabilidade das medidas envolvidas, o que pode invalidar o modelo construído.

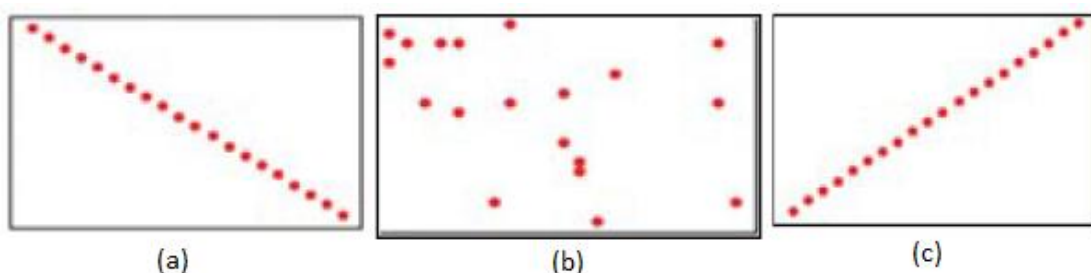
De uma forma geral, para construir modelos de desempenho, verifica-se a correlação entre duas ou mais medidas e tenta-se, por meio de um método estatístico,

encontrar alguma função matemática que represente este relacionamento (por meio de uma ferramenta estatística) (CAMPOS *et al.*, 2007).

Desta forma, o primeiro passo para a construção de um modelo de desempenho é identificar qual a variável dependente  $Y$  (que se deseja prever) e quais são as variáveis independentes  $x$  que influenciam em  $Y$ . Para identificar as variáveis independentes, normalmente, utiliza-se de uma ou mais técnicas para a verificação de correlação, tais como diagrama de dispersão, teste Qui-Quadrado, correlação de Spearman e correlação de Pearson (MAXWELL, 2006).

Geralmente, a primeira técnica utilizada para avaliar se duas variáveis possuem algum relacionamento é o diagrama de dispersão (FLORAC e CARLETON, 1999). O diagrama de dispersão, também denominado diagrama *Scatter*, é um gráfico no qual são plotados os valores de duas variáveis, a partir do qual o relacionamento entre estas variáveis pode ser visualizado graficamente ao se constatar como os valores se comportam um em função do outro (MONTGOMERY, 2009).

A Figura 2.7 apresenta três diagramas de dispersão cada um sugerindo um tipo de relacionamento entre as variáveis: em (a), o diagrama indica que as variáveis possuem um relacionamento negativo, ou seja, são inversamente proporcionais; em (b), o diagrama apresenta indícios de que as variáveis não possuem relacionamento, ou seja, as variáveis parecem ser independentes; e em (c), o diagrama indica que as variáveis possuem um relacionamento positivo, ou seja, são diretamente proporcionais.

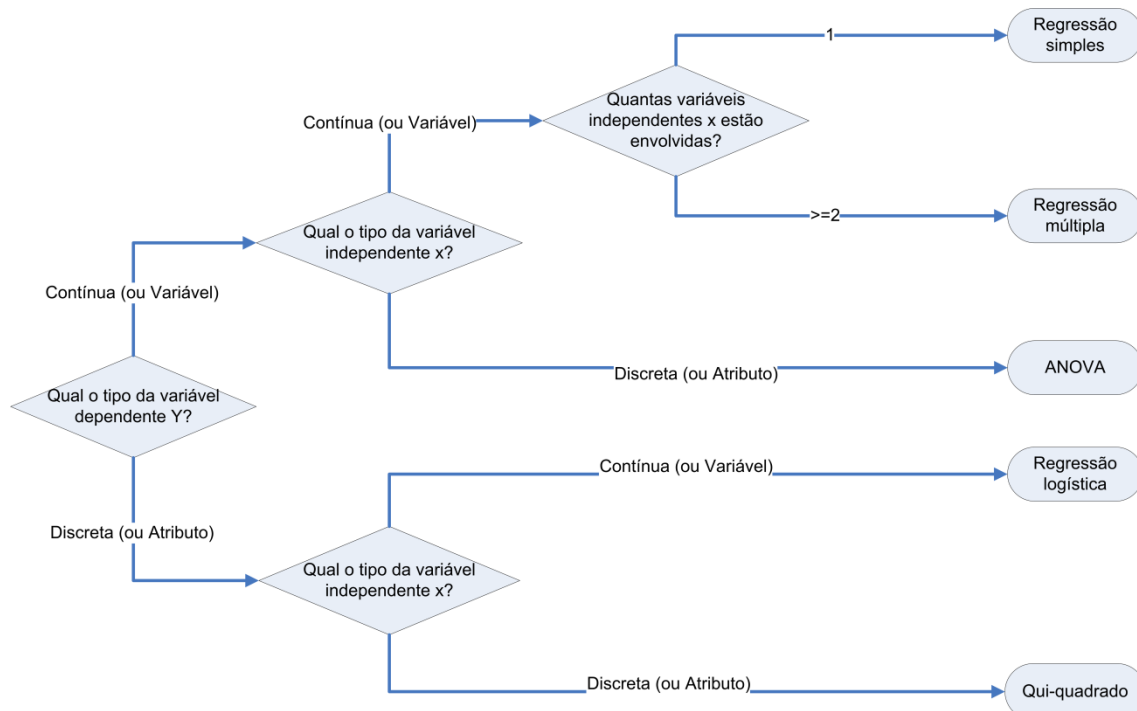


**Figura 2.7** – Exemplos de diagrama de dispersão (BASAVARAJ, 2013)

A partir da análise inicial fornecida pelo diagrama de dispersão, é necessário empregar outros métodos mais formais para ter mais indícios sobre o relacionamento entre as variáveis (FLORAC e CARLETON, 1999). Caso o diagrama de dispersão tenha indicado que não há um relacionamento aparente entre as variáveis (como apresentado na Figura 2.7b), o teste Qui-Quadrado pode ser aplicado para confirmar se as variáveis não possuem qualquer relacionamento, ou seja, se as variáveis são, de fato, independentes uma da outra (MAXWELL, 2006).

Se o diagrama de dispersão indicar que as variáveis possuem um relacionamento linear, seja negativo ou positivo (como apresentado na Figura 2.7 (a) e (c), respectivamente), o coeficiente de Pearson pode ser utilizado. Este coeficiente permite quantificar a força de associação linear entre duas variáveis (ARAÚJO e TRAVASSOS, 2009). Caso o diagrama de dispersão indique que as variáveis são dependentes, porém não linearmente, o coeficiente de Spearman pode ser utilizado, a fim de quantificar esta correlação. Este coeficiente pode ser utilizado quando as variáveis são ordinais, intervalares ou de razão.

Após a verificação da correlação entre duas ou mais variáveis, é necessário encontrar uma função matemática que represente este relacionamento, por meio da aplicação de um método estatístico. Diversos métodos podem ser utilizados para criar um modelo de desempenho, tais como regressão simples, regressão múltipla, análise de variância (ANOVA), regressão logística ou Qui-Quadrado (MAXWELL, 2006). A seleção do método adequado é importante para que o modelo de desempenho criado seja válido e confiável. Esta seleção deve ser realizada de acordo com o tipo das medidas envolvidas – variável Y e variável(eis) x – e pode ser representada pelo fluxograma apresentado na Figura 2.8.



**Figura 2.8** – Fluxograma para seleção do método estatístico para construção do modelo de desempenho

Como citado anteriormente, há poucos relatos na literatura sobre a elaboração de modelos de desempenho no contexto da ADP de software. No entanto, alguns destes trabalhos são apresentados a seguir.

CAMPOS *et al.* (2007) apresentam a aplicação de um método para gerência quantitativa para o processo de desenvolvimento de requisitos. Esta metodologia consiste em três fases: Conhecer, Estabilizar e Controlar. Na fase “Controlar”, é apresentada a criação de um modelo simplificado (uma fórmula) que relaciona o esforço com o tamanho dos casos de uso.

Em MONTONI *et al.* (2007), o modelo de desempenho foi desenvolvido para relacionar as métricas “problemas de qualidade” (identificados por meio de auditorias de qualidade de processo e produto) e “problemas de verificação” (identificados por meio de testes de sistema) normalizadas pelo tamanho real dos projetos. Para desenvolver o modelo de desempenho, foi utilizada a análise de correlação (correlação de Pearson) e a análise de regressão.

WANG *et al.* (2007) apresentam um método empírico para estabelecer modelos de gerência quantitativa para processos de teste. Para construir o modelo de desempenho, a correlação entre a porcentagem de esforço necessário para corrigir defeitos (PFE, da sigla em inglês) e a porcentagem de inclusão de defeitos na fase de requisitos (DID\_R, da sigla em inglês) foi analisada e verificou-se uma correlação positiva, ou seja, quanto maior DID\_R, maior será PFE. Além disto, verificou-se a correlação entre PFE e a porcentagem de inclusão de defeitos na fase de codificação (DID\_C, da sigla em inglês), resultando em uma correlação negativa, ou seja, quanto maior DID\_C menor será PFE. A partir destas análises de correlação, os autores utilizaram a regressão múltipla para estimar PFE (variável dependente) a partir de DID\_R e DID\_C (variáveis independentes).

STODDARD e GOLDENSON (2010) apresentam uma sumarização de lições aprendidas discutidas durante dois workshops relacionados à alta maturidade no contexto do CMMI-DEV, com foco especial na construção de modelos de desempenho. O trabalho não apresenta muitos detalhes sobre a construção dos modelos, mas foram apresentados alguns métodos utilizados, tais como Monte Carlo, simulação de evento discreto e redes bayesianas.

Por fim, BEZERRA *et al.* (2010) apresentam como os modelos de desempenho foram estabelecidos no Instituto Atlântico, com o objetivo de estimar a produtividade e a densidade de defeitos identificados na etapa de testes de sistema. A tarefa de criação

dos modelos de desempenho foi iniciada a partir do estabelecimento de *baselines* de desempenho para os processos de gerência de projeto e de teste, na fase Analisar do DMAIC<sup>2</sup>. Após isto, buscou-se identificar os fatores (x) que influenciavam cada variável dependente (Y) – neste caso, a produtividade e a densidade de defeitos. Com a identificação destes fatores para cada variável dependente, aplicou-se a técnica de regressão múltipla, a partir da qual foi possível estabelecer duas equações (uma para cada variável dependente) que relacionavam os fatores pertinentes.

### **2.3 Uso da Análise de Desempenho de Processos em Software**

O uso da ADP foi originalmente proposto na área de manufatura por Shewhart<sup>3</sup> na década de 1920 (WHEELER e CHAMBERS, 1992). Devido aos benefícios advindos do seu uso, as técnicas da ADP começaram a ser utilizadas em outras áreas, tais como: química (ALBAZAZZ e WANG, 2004), alimentação (GRIGG e WALLS, 1999), negócios (BRIMSON, 2004) e saúde (FASTING e GISVOLD, 2003).

Por volta de 1970, a ADP começou a ser aplicada também para a área de desenvolvimento de software (MAHANTI e EVANS, 2012). No entanto, verifica-se ainda hoje que poucas organizações fazem uso da ADP nos seus processos (KOMURO, 2006; MAHANTI e EVANS, 2012). Na literatura, há poucas fontes que descrevem relatos de sucesso, detalhes de implementação e diretrizes implementadas para aplicar as técnicas da ADP de software (SARGUT, 2003; TARHAN e DEMIRÖRS, 2006).

A dificuldade sobre o uso das técnicas da ADP na área de software pode ser decorrente das diferenças existentes entre estes processos e os de manufatura (para os quais as técnicas de ADP foram inicialmente desenvolvidas). De acordo com MAHANTI e EVANS (2012), para realizar a ADP adequadamente, um processo deve possuir as seguintes características: (i) ser bem definido, de forma que sua execução seja consistente em toda a organização; (ii) ser mensurável, ou seja, deve possuir coletas de, pelo menos, um dos seus atributos; (iii) ser repetível; e (iv) ser crítico para a organização. A percepção destas características é diferente em um processo de software e em um processo de manufatura, conforme apresentado na Tabela 2.3.

---

<sup>2</sup> DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) é um método sistemático de análise de problemas e melhoria de processo, utilizado quando um processo já existente na organização não atende às especificações do cliente ou não possui um desempenho adequado (SIMON, 2007; VASQUES, 2012). É um dos métodos do Six Sigma utilizado para a realização da análise de desempenho de processos.

<sup>3</sup> Dr. Walter A. Shewhart foi um estatístico e é considerado o “pai” do controle estatístico de processos.

**Tabela 2.3** – Diferenças entre processos de software e de manufatura

<b>Característica</b>	<b>Processo de software</b>	<b>Processo de manufatura</b>
<b>Definição</b>	As entradas e saídas do processo de software, geralmente, são diferentes a cada execução (LANTZY, 1992).	Processo é controlado por máquinas, sendo o mesmo a cada execução (BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2007).
<b>Medição</b>	Dimensão de especificações e tolerância do produto produzido é de difícil medição (MAHANTI e EVANS, 2012).	Medição é mais fácil, pois produtos possuem dimensões que são demonstráveis (BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2007).
<b>Repetibilidade</b>	Pouco repetível, pois o processo de software envolve desenvolvimento de produtos únicos (normalmente customizados de acordo com a necessidade do cliente) (MAHANTI e EVANS, 2012). Além disto, por ser uma atividade cognitiva, há diversos fatores humanos que impactam no desempenho do processo (BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2007; KOMURO, 2006).	Altamente repetível, pois é uma atividade geralmente executada por máquinas (BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2007).
<b>Criticidade</b>	Possui nível de criticidade grande, pois o software é utilizado por várias pessoas e pode causar um maior dano (MAHANTI e EVANS, 2012).	Possui nível de criticidade pequeno, pois, em muitos casos, o produto pode ser descartado sem grandes danos (BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2007).

Devido a estas diferenças entre os processos de software e de manufatura, há na literatura muitas discussões sobre a aplicabilidade das técnicas da ADP em software (RACZYNSKI, 2009). Além disto, verificam-se na literatura alguns problemas relatados como obstáculos para a adequada execução da ADP em software. Os problemas mais citados estão listados na Tabela 2.4.

**Tabela 2.4** – Problemas relatados durante a execução da ADP de software

<b>Problema</b>	<b>Referências</b>
Dificuldade em controlar atividades intensas em conhecimento e criatividade	(LANTZY, 1992; KOMURO, 2006; CURTIS <i>et al.</i> , 2008; BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2009)
Dificuldade em obter uma quantidade adequada de dados homogêneos e que sejam importantes para o objetivo de negócio	(KOMURO, 2006; SARGUT e DEMIRÖRS, 2006; BORIA, 2007; RACZYNSKI, 2009)
Inadequação das bases de medidas da organização à aplicação das técnicas estatísticas	(CARD, 1994; KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2006; BORIA, 2007; WELLER e CARD, 2008; BARCELLOS, 2009)
Falta de conhecimento sobre as técnicas da ADP	(TARHAN e DEMIRÖRS, 2006; PAULK e HYDER, 2007; CARD, 2007; BORIA, 2007)
Análise dos dados realizada a partir de somente uma técnica da ADP	(EICKELMANN e ANANT, 2003; CARD, 2007; KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2007)
Uso incorreto das fórmulas para calcular os limites de controle do processo	(PAULK e HYDER, 2007; CARD <i>et al.</i> , 2008)

Dificuldade em identificar processos críticos e com dados suficientes para serem analisados estatisticamente	(CARD <i>et al.</i> , 2008; FERREIRA, 2009)
Falta de material disponível na literatura com exemplos e diretrizes para aplicar as técnicas da ADP em software	(FLORENCE, 2001; CARD, 1994)
Tendência em focar na análise de pontos fora de controle, ao invés de analisar as tendências	(CARD, 1994)
Dificuldade (principalmente nas pequenas e médias empresas) em contratar ou treinar profissionais para implantar as técnicas de ADP	(CARD, 1994; FONSECA, 2010)
Existência de múltiplas causas de variação, levando a possíveis erros ao analisar dados de diferentes sistemas de causas	(KOMURO, 2006; PAULK e HYDER, 2007; CARD, 2007)
Dificuldade em identificar e eliminar todas as causas especiais do processo, pois a maioria delas possui caráter pessoal, ou seja, estão relacionadas à pessoa que está executando o processo	(RACZYNSKI, 2009)

No entanto, CARD (1994) e KOMURO (2006) sugerem que a maioria destes problemas pode ser resolvida se o foco da ADP em software for maior na análise de medidas de processo, ao invés de medidas de produto. Além disto, a maioria dos problemas relacionados à falta de homogeneidade e controle dos dados pode ser minimizada com a adoção de subprocessos, conforme apresentado na Seção 2.2.1. Desta forma, ao invés de se ter medidas relacionadas a um processo inteiro, coletam-se medidas relacionadas a uma pequena parte do processo, o que diminui a quantidade de variáveis envolvidas, além de aumentar a frequência de coleta destas medidas.

É possível utilizar a ADP em software, desde que alguns cuidados sejam tomados durante sua implantação. Neste sentido, há trabalhos que sugerem que alguns dos conceitos originais da ADP sejam adaptados para software, tais como: FLORAC e CARLETON (1999), TARHAN e DEMIRÖRS (2006) e FONSECA (2010). Algumas destas adaptações são apresentadas na Seção 2.5.

Há ainda trabalhos que apresentam a aplicação da ADP em diversos segmentos da área de software, tais como: manutenção (WELLER, 2000a), testes (CARD e BERG, 1989, WELLER, 2000b), inspeção e revisão (EBENAU, 1994; FLORAC *et al.*, 2000; WELLER, 2000b; FLORENCE, 2001; JALOTE, 2002).

Verifica-se que, para realizar a ADP, a maioria dos trabalhos na área de software utiliza medidas referentes à fase de codificação e à fase de verificação (inspeção e testes) (BALDASSARRE *et al.*, 2007). Este fato reforça o que foi sugerido por CARD

(1994), ao propor que a ADP comece a ser realizada em processos pequenos e que sejam repetidos com maior frequência.

Com relação ao uso do *Six Sigma* em organizações de desenvolvimento de software, muitas organizações que implementam os altos níveis de maturidade de modelos como o CMMI-DEV (CMMI Product Team, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a), adotam o *Six Sigma* para atender aos resultados esperados. Por exemplo, TRINDADE *et al.* (2010) relatam como alcançaram o nível 5 do CMMI-DEV a partir da implementação dos métodos do *Six Sigma*: DMAIC para a melhoria do desempenho de alguns indicadores. Em (FACEMIRE e SILVA, 2004), é apresentado como as áreas de processo do CMMI dos níveis 4 e 5 – foram implementadas a partir de projetos DMAIC. Também em (TONINI *et al.*, 2005), é relatada a implementação do *Six Sigma* em três organizações de desenvolvimento de software.

Há trabalhos que visam propor métodos que auxiliem a implementação dos conceitos do *Six Sigma* considerando as características próprias do processo de software. Um exemplo é o trabalho apresentado em (TONINI, 2006), no qual é proposto um roteiro para implementação do *Six Sigma*, denominado SW-DMAIC, combinando o método original e as adaptações do método realizadas em cinco organizações de desenvolvimento de software. Em (BEZERRA, 2009), é apresentada uma simplificação do método DMAIC – denominada MiniDMAIC – com o objetivo de auxiliar a implantação de análise de causas e resolução de problemas para o desenvolvimento de software. Esta simplificação se caracteriza pela diminuição da necessidade dos métodos estatísticos exigidos pelo método original.

Para a aplicação das técnicas apresentadas tanto no CEP como no *Six Sigma*, normalmente as organizações utilizam alguma ferramenta estatística como apoio. As principais ferramentas utilizadas com este propósito são: Minitab, Statistica e QIMacros, apresentadas a seguir.

O Minitab (MINITAB, 2016) é a ferramenta mais citada nos relatos identificados do uso da ADP na área de software. Esta ferramenta oferece apoio a diversas técnicas, tais como: testes estatísticos para identificar distribuição dos dados, gráficos de controle, gráfico de Pareto, histograma, regressão linear, análise de dependência dos dados etc. Oferece um assistente interativo que auxilia a identificação dos métodos estatísticos mais apropriados de acordo com os dados que estão sendo analisados.



O Statistica (STATSOFT, 2016) é um pacote de ferramentas que envolve desde a análise de dados com métodos estatísticos até procedimentos de visualização de informações. Dentre as ferramentas, há a Statistica Quality Control que apoia especificamente o uso das técnicas da ADP.

O QIMacros (QIMACROS, 2016) é um *plug-in* do Excel que permite a aplicação das técnicas do CEP e outras técnicas para solução de problemas, por meio da criação de gráficos de controle, gráfico de Pareto, histogramas, dentre outros. Assim como as demais ferramentas, apresenta assistentes (*wizards*) para cada técnica.

## **2.4 Análise de Desempenho de Processos de Software nas Normas e Modelos de Maturidade**

A ADP é recomendada em normas e modelos de maturidade de processos de software, tais como a família ISO/IEC 33020 (ISO/IEC, 2015b), o CMMI-DEV (CMMI Product Team, 2010) e o MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a).

As normas e os modelos de maturidades citam a ADP como um importante recurso para que a organização conheça o comportamento de seus processos, determine seu desempenho em execuções anteriores, e, a partir daí, consiga prever seu desempenho futuro.

As subseções a seguir descrevem, de forma sucinta, como a ADP é apresentada na norma ISO/IEC 33020 e nos modelos de maturidade CMMI-DEV e MR-MPS-SW.

### **2.4.1 ISO/IEC 33020**

A norma internacional ISO/IEC 33020 – Framework de medição de processo para avaliação da capacidade do processo (ISO/IEC, 2015b) pertence à família 330XX que provê uma abordagem estruturada para a avaliação de processos, com o intuito de identificar a capacidade e a maturidade dos processos nas organizações. Esta família de normas substitui a antiga norma ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2003) que possuía o mesmo objetivo.

A norma ISO/IEC 33020 define os requisitos necessários para a execução de uma avaliação de processos, a qual é utilizada como base para a melhoria do processo e para a determinação de sua capacidade. A capacidade de processo, de acordo com esta norma, é uma caracterização da habilidade do processo em atender aos objetivos de negócio propostos (ISO/IEC, 2015b).

A capacidade de processo é caracterizada por níveis em uma escala ordinal de 0 a 5. A ADP é tratada no nível 4, e seu objetivo é tornar a execução do processo previsível, operando dentro de limites de variação definidos (ISO/IEC, 2015b). O nível 4 da norma é composto por dois atributos de processo (PA – *Process Attributes*), a saber:

- PA 4.1 – Análise quantitativa: verifica se as necessidades de informação são definidas, os relacionamentos entre os elementos de processo são identificados e os dados são coletados. Neste atributo de processo esperam-se os seguintes resultados: (a) Alinhamento entre o processo e aos objetivos quantitativos de negócio; (b) Definição das necessidades de informação de processo que apoiam os objetivos de negócio; (c) Definição dos objetivos de medição derivados das necessidades de informação; (d) Identificação dos relacionamentos quantitativos entre os elementos de processo que contribuem para o desempenho do processo; (e) Definição dos objetivos quantitativos para o desempenho do processo; (f) Identificação e definição das medidas alinhadas aos objetivos de medição e aos objetivos quantitativos estabelecidos; (g) Coleta, análise e comunicação das medidas estabelecidas para monitorar se o desempenho do processo é alcançado.
- PA 4.2 – Controle quantitativo: verifica se o processo é gerenciado quantitativamente, a fim de que o processo seja previsível dentro de limites estabelecidos. Os seguintes resultados são esperados: (a) Seleção de técnicas para analisar os dados coletados; (b) Análise das medidas para identificar causas especiais de variação; (c) Caracterização do desempenho do processo; (d) Aplicação de ações corretivas para as causas especiais de variação identificadas; (e) Se necessário, outras caracterizações são estabelecidas para analisar o processo que sofre variação por causas especiais.

#### **2.4.2 CMMI-DEV**

O CMMI-DEV (*Capability Maturity Model Integration for Development*) (CMMI Product Team, 2010) é um modelo de maturidade para melhoria de processos de desenvolvimento de produtos e serviços de software. Criado pelo SEI (*Software Engineering Institute*), este modelo consiste nas melhores práticas de engenharia de software para direcionar as atividades de desenvolvimento e manutenção de software realizadas ao longo do ciclo de vida do produto.

O CMMI-DEV é composto por 22 áreas de processo, distribuídas em níveis, em uma escala ordinal de 2 a 5. Cada área de processo possui um propósito, objetivos específicos (relacionados àquela determinada área de processo) e objetivos genéricos (relacionados a todos os processos e à organização).

Assim como na norma ISO/IEC 33020, a ADP é tratada no nível 4 do CMMI-DEV. Este nível é composto por duas áreas de processo: Desempenho do Processo Organizacional (ou OPP – *Organizational Process Performance*) e Gerência Quantitativa de Projetos (ou QPM – *Quantitative Project Management*). A execução da ADP é abordada especificamente na área de processo Desempenho do Processo Organizacional.

O propósito da área de processo Desempenho do Processo Organizacional “é estabelecer e manter um entendimento quantitativo do desempenho dos processos selecionados do conjunto de processos padrão da organização, a fim de apoiar a realização dos objetivos de desempenho de processo e qualidade, e prover dados, *baselines* e modelos de desempenho de processo para gerenciar quantitativamente os projetos da organização” (CMMI Product Team, 2010). Esta área possui um objetivo específico – “Estabelecer *baselines* e modelos de desempenho” – que é alcançado a partir das seguintes práticas específicas (SP – *Specific practices*):

- SP 1.1. Estabelecer objetivos de desempenho de processo e qualidade: definir os objetivos quantitativos da organização para desempenho de processo e qualidade; estes objetivos devem estar alinhados aos objetivos de negócio da organização;
- SP 1.2. Selecionar processos: selecionar processos ou subprocessos pertencentes ao conjunto de processos padrão da organização que serão objetos da ADP; esta seleção deve estar de acordo com os objetivos de negócio;
- SP 1.3. Estabelecer medidas de desempenho de processo: definir as medidas dos processos selecionados a fim de que a ADP seja possível;
- SP 1.4. Analisar desempenho de processos e estabelecer *baselines* de desempenho de processo: analisar o desempenho dos processos selecionados a partir das medidas coletadas e estabelecer *baselines* de desempenho;

- SP 1.5. Estabelecer modelos de desempenho de processo: estabelecer modelos de desempenho a partir dos processos padrão da organização e das análises de desempenho realizadas.

### **2.4.3 MR-MPS-SW**

O MPS.BR (SOFTEX, 2016a) é um Programa para Melhoria de Processos do Software Brasileiro coordenado pela Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFTEX), que visa definir e aprimorar modelos de melhoria e avaliação de processos de software e de serviços com foco nas micro, pequenas e médias empresas.

O MR-MPS-SW (modelo de referência MPS para software) estabelece sete níveis de maturidade, possuindo a escala de maturidade que inicia no nível G e progride até o nível A. Estes níveis de maturidade são uma combinação entre processos e suas capacidades, e estabelecem patamares de evolução dos processos, caracterizando os estágios de melhoria da implementação de processos em uma organização.

A ADP no MR-MPS-SW é abordada no nível de maturidade B – equivalente ao nível 4 da ISO/IEC 33020 e do CMMI-DEV – em forma de resultados de dois atributos de processo: AP 4.1 – O processo é objeto da análise quantitativa, e AP 4.2 – O processo é controlado quantitativamente.

O atributo de processo AP 4.1 evidencia “o quanto as necessidades de informação são definidas, os relacionamentos entre os elementos de processo são identificados e dados são coletados” (SOFTEX, 2016a). Este atributo de processo possui os seguintes resultados esperados: (i) Os processos que estão alinhados a objetivos quantitativos de negócio são identificados; (ii) Foram identificadas as necessidades de informação dos processos requeridas para apoiar o alcance dos objetivos de negócio relevantes da organização; (iii) Os objetivos de medição do processo foram definidos a partir das necessidades de informação; (iv) Relacionamentos mensuráveis entre elementos do processo que contribuem para o desempenho do processo são identificados; (v) Os objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo da organização foram definidos e estão alinhados às necessidades de informação e aos objetivos de negócio; (vi) Os processos que serão objetos da ADP são selecionados a partir do conjunto de processos padrão da organização e das necessidades de informação dos usuários dos processos; (vii) Medidas adequadas para ADP do processo, incluindo a frequência de realização das medições, são identificadas,

definidas e incorporadas ao plano de medição da organização; e (viii) Resultados de medições são coletados, validados e reportados para monitorar o quanto os objetivos quantitativos para o desempenho do processo foram alcançados.

O atributo de processo AP 4.2 evidencia “o quanto dados objetivos são utilizados para gerenciar o desempenho do processo que é predizível” (SOFTEX, 2016a). Para atender a este atributo de processo os seguintes resultados devem ser satisfeitos: (i) Técnicas para análise dos dados coletados são selecionadas; (ii) Dados de medições são analisados com relação a causas especiais (atribuíveis) de variação do processo; (iii) O desempenho do processo é caracterizado; (iv) Ações corretivas foram executadas para tratar causas especiais de variação; (v) Se necessário, análises adicionais são realizadas para avaliar o processo sob o efeito de causas especiais de variação; e (vi) Modelos de desempenho do processo são estabelecidos, melhorados e ajustados em função do conhecimento adquirido com o aumento de dados históricos, compreensão das características do processo ou mudanças no próprio negócio da organização.

Os resultados de i a iv do AP 4.1 são realizados somente uma vez considerando todos os processos da organização. Os demais resultados do AP 4.1 e todos os resultados do AP 4.2 somente são executados para os processos considerados relevantes para os objetivos de negócio da organização e que serão objeto da ADP.

## **2.5 Apoio para Análise de Desempenho de Processos na Literatura**

Devido às características peculiares dos processos de software, há na literatura alguns trabalhos que propõem uma abordagem para ADP específica para a área de software. Conforme já citado na Seção 2.3, há diretrizes de adaptação sugeridas em alguns trabalhos. No entanto, há poucas abordagens que possuem o objetivo de auxiliar o responsável pela ADP com relação ao conhecimento necessário para executar esta análise adequadamente em processos de software.

Neste sentido, um mapeamento sistemático foi executado com o objetivo de identificar trabalhos na área de processos de software que provessessem algum suporte à captura e disponibilização do conhecimento necessário para executar a ADP. Nesta seção, só são apresentados os principais itens do planejamento e os principais resultados do mapeamento sistemático. O planejamento completo e a descrição mais detalhada da sua execução e dos resultados obtidos são apresentados no Apêndice I.

De acordo com paradigma GQM (*Goal, Question, Metric*) (BASILI e ROMBACH, 1988), este mapeamento sistemático consistiu em **analisar** relatos de experiência e publicações científicas em ADP de software, **com o propósito de** caracterizar, **com relação a** dificuldades, abordagens, métodos e técnicas, **do ponto de vista de** pesquisadores, **no contexto** do apoio da gerência do conhecimento no uso de técnicas da ADP.

A partir das questões de pesquisa definidas para o mapeamento sistemático, a expressão de busca foi definida após um processo de calibração (apresentado no Apêndice I). Esta expressão de busca foi definida em inglês e em português<sup>4</sup>, conforme apresentado na Tabela 2.5.

**Tabela 2.5** – Expressão de busca utilizado no mapeamento sistemática

<b>Idioma</b>	<b>Expressão de busca</b>
Inglês	<i>("statistical process control" OR SPC OR "control chart" OR "Shewhart chart" OR "Shewhart approach" OR "high maturity" OR "CMMI level 5" OR "CMMI level 4" OR "MPS level A" OR "MPS level B" OR "quantitative management" OR "organizational process performance" OR "organizational performance management" OR "six sigma" OR "6-Sigma" OR Lean) AND ("Software engineering" OR "software development" OR "software process execution" OR "Software process improvement" OR SPI) AND ("Decision making" OR "decision support" OR "expert systems" OR "Knowledge Management" OR "knowledge base" OR "Experience base" OR "causal analysis" OR "cause analysis" OR "cause-effect analysis" OR "cause-and-effect analysis" OR "root cause analysis" OR "root-cause analysis" OR "defect analysis")</i>
Português	<i>("controle estatístico de processo" OR CEP OR "gráfico de controle" OR "gráficos de Shewhart" OR "abordagem de Shewhart" OR "alta maturidade" OR "CMMI nível 5" OR "CMMI nível 4" OR "MPS nível A" OR "MPS nível B" OR "gerência quantitativa" OR "análise de desempenho" OR "Six Sigma" OR "Seis Sigma" OR 6-Sigma OR Lean) AND ("engenharia de software" OR "desenvolvimento de software" OR "execução do processo de software" OR "melhoria do processo de software") AND ("tomada de decisão" OR "apoio à decisão" OR "sistema especialista" OR "gerência do conhecimento" OR "base de conhecimento" OR "base de experiência" OR "análise de causas" OR "análise causal" OR "análise de causa-efeito" OR "análise de causa e efeito" OR "análise de causa raiz" OR "análise de defeitos")</i>

A seleção das publicações pertinentes ao estudo foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, as publicações foram selecionadas a partir da aplicação da expressão de busca nas máquinas de busca selecionadas (Compendex, IeeeXplore, Scopus e Web of Science). Além das máquinas de busca, na primeira execução do mapeamento, foi

<sup>4</sup> A expressão de busca em português foi utilizada na primeira execução do mapeamento sistemático para a busca manual em conferências brasileiras importantes na área de qualidade de software e melhoria de processos. Mais detalhes sobre a seleção das fontes de busca podem estar no Apêndice I.

realizada uma busca manual da expressão de busca em conferências e períodos identificados como importantes da área, mas que não são indexados pelas máquinas de busca. Na segunda etapa da seleção, os resumos (*abstracts*) das publicações retornadas na primeira etapa foram lidos e analisados de acordo com critérios de inclusão e exclusão anteriormente estabelecidos. Na terceira etapa, as publicações que permaneceram no escopo do estudo foram lidas completamente, aplicando os mesmos critérios de inclusão e exclusão da etapa anterior.

Foram realizadas três execuções do mapeamento sistemático seguindo o mesmo protocolo inicialmente estabelecido. A Tabela 2.6 apresenta resumidamente o resultado quantitativo da seleção das publicações retornadas pelas máquinas de busca nas três execuções. Verifica-se que, desde a primeira execução do mapeamento sistemático, não foram identificados novos artigos que atendam aos critérios do estudo.

**Tabela 2.6** – Resultado quantitativo das execuções do mapeamento

<b>Execuções</b>	<b>1ª etapa</b>	<b>2ª etapa</b>	<b>3ª etapa</b>
Fevereiro-abril/2012	77	10	6
Março/2013	13	4	0
Abril/2016	37	5	0
<b>Total:</b>	<b>127</b>	<b>19</b>	<b>6</b>

A partir da execução do mapeamento sistemático, foram identificadas seis publicações que atenderam ao objetivo da pesquisa. Destas publicações, quatro delas apresentavam a mesma abordagem de apoio à execução da ADP aplicada a diferentes contextos (BALDASSARRE *et al.*, 2004; BALDASSARRE *et al.*, 2005; CAIVANO, 2005; BOFFOLI, 2006); esta abordagem é apresentada na Seção 2.5.1. As outras duas publicações (CARD *et al.*, 2008; KIMURA e FUJIWARA, 2009) não se referem a uma abordagem específica, mas tratam algumas questões que foram consideradas dentro do escopo da pesquisa, tais como a descrição de uma experiência ao implantar a ADP em uma organização de software e seus desafios (CARD *et al.*, 2008), e o uso das técnicas da ADP para auxiliar a identificação do momento ótimo para finalizar os testes do produto (KIMURA e FUJIWARA, 2009).

Dado o pouco retorno de resultados relevantes com a execução do mapeamento sistemático, foram realizadas revisões informais da literatura em busca de abordagens de ADP em outras áreas, além da área de software. Nesta pesquisa, foram identificadas algumas abordagens principalmente no contexto da manufatura.

As subseções a seguir apresentam a abordagem identificada pelo mapeamento sistemático e as principais abordagens identificadas durante as revisões informais da literatura.

### 2.5.1 SPC-Framework

Esta abordagem foi a única identificada durante a execução do mapeamento sistemático que propõe algumas práticas de gerência do conhecimento para auxiliar a execução da ADP de software. A abordagem, denominada *SPC-Framework*, é apresentada em quatro publicações identificadas no mapeamento sistemático. Duas destas publicações apresentam o uso da abordagem no contexto de melhoria de processos, para identificar melhorias introduzidas durante a execução de um projeto já concluído, utilizando simulação nos dados do projeto (BALDASSARRE *et al.*, 2004; CAIVANO, 2005). As outras duas publicações apresentam o uso do *SPC-Framework* para detectar mudança no desempenho do processo e, conseqüentemente, identificar o momento adequado para recalibrar o modelo (BALDASSARRE *et al.*, 2005; BOFFOLI, 2006).

Além destas publicações retornadas pelo mapeamento sistemático, outras publicações sobre esta abordagem foram identificadas a partir das revisões informais da literatura, a saber: (BALDASSARRE *et al.*, 2007), (BALDASSARRE *et al.*, 2009) e (BALDASSARRE *et al.*, 2010). No entanto, estas publicações não apresentam novidades com relação à solução por eles proposta.

O *SPC-Framework* tem o objetivo de adaptar os conceitos originais do CEP para serem aplicados na área de desenvolvimento de software (BOFFOLI, 2006). Para atingir este objetivo, a abordagem consiste em (BALDASSARRE *et al.*, 2004; CAIVANO, 2005):

- Conjunto de Teste: seleção de testes que sejam aplicáveis para o contexto de software para verificar a estabilidade dos processos, bem como a organização destes testes em classes lógicas: testes sigma (consideram a distância sigma da linha central), testes de limite (para identificações padrões de mudança de média, estratificação ou mistura) e testes de tendência (para identificação de tendência de oscilação ou tendência linear);
- Interpretação dos Testes: para cada classe lógica de testes, apresentam possíveis interpretações (considerando o ponto de vista de processos de software) quando algum dos testes falha. Por exemplo, quando o teste de estratificação falha, é



possível que tenha ocorrido um efeito de aprendizado durante a execução do processo, fazendo com que o desempenho do processo mude.

- Processo de Investigação: um processo para guiar a monitoração do processo de software e a investigação de estabilidade. São apresentados os seguintes passos neste processo: 1) determinar o objeto de medição (identifica a característica do processo que será analisada); 2) determinar o desempenho atual do processo; 3) monitorar o processo e avaliar sua estabilidade; 4) reavaliar o desempenho do processo. Neste último passo, a abordagem sugere ações a serem realizadas quando alguma causa especial é detectada, informando, por exemplo, quando a *baseline* de desempenho do processo precisa ser recalculada.
- Base de Experiências: um *framework* de uma base para capturar experiências no uso do CEP. Esta base formaliza o conhecimento necessário para realizar ações quando alguma causa especial é identificada.

Para armazenar o conhecimento na base de experiências, a abordagem utiliza uma tabela de decisão, na qual as seguintes informações são capturadas e armazenadas: (i) o tipo de gráfico de controle utilizado; (ii) os testes de estabilidade adequados para cada tipo de gráfico de controle; (iii) as ações recomendadas caso uma instabilidade no processo seja detectada; e (iv) as regras associadas entre os resultados dos testes de estabilidade e as ações recomendadas. A Figura 2.9 apresenta um exemplo de como a tabela de decisão pode ser estruturada, registrando a ação a ser realizada caso algum teste de estabilidade (RT – *run test*) falhe. De acordo com CAIVANO (2005), o conhecimento é armazenado nesta base de experiências a fim de que seja compartilhado com outras pessoas e reutilizado em projetos futuros.

Apesar de esta abordagem prover algumas diretrizes para aplicar os conceitos de CEP em software, duas principais limitações foram identificadas:

- i. A abordagem considera somente o uso de um tipo de gráfico de controle, o gráfico XmR. Apesar de este gráfico ser o mais utilizado para processos de software devido a suas características, é recomendável utilizar outros tipos de gráfico e outros métodos estatísticos para obter uma análise mais completa do desempenho do processo (KITCHENHAM *et al.*, 2006); e
- ii. A abordagem não trata de outras questões importantes para a adequada execução da ADP, tais como: seleção dos processos críticos da organização; a necessidade de formar subgrupos homogêneos de dados; a seleção do tipo de gráfico de

controle mais apropriado de acordo com as características dos dados; e suporte para a análise da capacidade do processo.

X chart	Nulo				RT1 ou RT2 ou RT3			RT4			RT 5 ou RT6			RT7		RT8
	Nulo	RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT8	-
<b>1. Sem ação</b>	x															
Conjunto de dados ainda é significativo																
<b>2. Sem ação</b>		x			x											
Somente alguns alarmes																
<b>3. Identificar um novo conjunto de dados</b>											x					
Mudança na variabilidade do desempenho																
<b>4. Identificar um novo conjunto de dados</b>								x								
Mudança na média do desempenho																
<b>5. Identificar uma nova medida</b>			x					x			x			x		
Mudanças nas fontes de variabilidade de desempenho																
<b>6. Sem ação</b>				x					x			x		x	x	x
Esperar por um novo ponto de estabilidade																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

**Figura 2.9** – Tabela de decisão do SPC-Framework (adaptada de BOFFOLI, 2006)

## 2.5.2 Sistema Especialista para Reconhecimento de Padrões do Gráfico de Controle

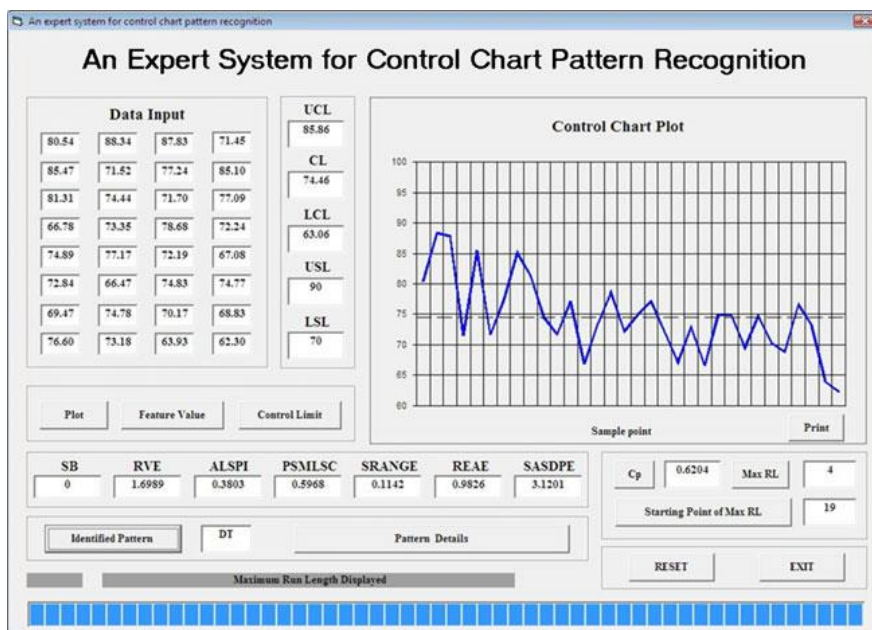
Mesmo que o conceito de ADP tenha surgido na área da manufatura, verifica-se que há certa dificuldade em empregar estes conceitos na prática. Como relatado em (COOK *et al.*, 1992), a ADP é difícil de ser executada por dois principais motivos: (1) dificuldade do responsável em interpretar o gráfico de controle; e (2) dificuldade para identificar as causas especiais. Neste sentido, há muitos trabalhos que sugerem abordagens baseadas em conhecimento para auxiliar a execução da ADP para este contexto.

Um destes trabalhos é apresentado por BAG *et al.* (2011), que sugere um sistema especialista para auxiliar na identificação de padrões de instabilidade nos gráficos de controle. Segundo os autores, este sistema especialista é capaz de plotar gráficos de controle, calcular os limites de controle, identificar padrões de instabilidade, calcular o índice de capacidade, identificar possíveis causas raiz e sugerir ações corretivas. No entanto, durante a pesquisa, só foi possível identificar como este trabalho apresenta as regras para a identificação dos padrões nos gráficos foram desenvolvidas.

As regras para identificação de padrões foram baseadas nas características de formato (*shape features*), as quais são representadas por fórmulas matemáticas e representam cada padrão de instabilidade (BAG *et al.*, 2011).

A Figura 2.10 apresenta uma tela do sistema especialista ao identificar um padrão de instabilidade (DT – tendência decrescente). Nesta tela, o usuário informa os dados do processo a serem analisados (lado esquerdo da tela) e os limites de especificação (USL e LSL). A partir destes dados, o sistema calcula os limites de controle (UCL, CL e LCL), as características de formato (SB, RVE, ALSPI etc.) e o índice de capacidade do processo ( $C_p$ ).

Além de identificar os padrões de instabilidade, o sistema especialista sugere as principais causas e as possíveis ações corretivas quando determinado padrão é identificado. No entanto, o trabalho não apresenta como este conhecimento foi capturado.



**Figura 2.10** – Tela do sistema especialista (BAG *et al.*, 2011)

Como principais limitações para este trabalho, podem-se citar:

- i. Assim como a abordagem SPC-Framework, este sistema especialista considera somente o uso de um tipo de gráfico de controle, o gráfico X-bar, mais apropriado para o contexto da manufatura;
- ii. Este sistema especialista também não trata de outras questões importantes para a adequada execução da ADP, tais como: seleção dos processos críticos da organização; a necessidade de formar subgrupos homogêneos de dados; e a seleção do tipo de gráfico de controle mais apropriado de acordo com as características dos dados; e

- iii. As possíveis causas raiz e suas ações corretivas apresentadas para cada tipo de padrão identificado parecem não levar em consideração o momento presente (dados de contexto).

### 2.5.3 Sistema Tutor para Seleção do Gráfico de Controle

Outro trabalho da área da manufatura com foco na captura e disponibilização de conhecimento necessário para realizar a ADP é o sistema tutor apresentado por ALEXANDER e JAGANNATHAN (1986). Este sistema tutor apresenta um *framework* com conhecimento para auxiliar na seleção, construção e interpretação dos gráficos de controle, tendo como foco principal a seleção do gráfico de controle mais apropriado.

Para realizar a seleção do gráfico de controle, o sistema proposto utiliza algumas regras derivadas da literatura e que são armazenadas em uma base de conhecimento (no formato de uma árvore de decisão), a partir da qual o usuário interage com o sistema respondendo "verdadeiro" ou "falso".

Exemplos de regras utilizadas pelo sistema tutor são apresentados na Tabela 2.7

**Tabela 2.7** – Exemplos de regras para selecionar gráfico de controle, adaptado de (ALEXANDER e JAGANNATHAN, 1986)

ID	Regra
R1	Se as medições não são práticas ou se o gráfico é baseado em controle, então gráficos de atributos são recomendados (R2); senão gráficos de variáveis são recomendados (R4)
R2	Se os produtos podem ser classificados como defeituoso ou não defeituoso, então o gráfico p é recomendado
R3	Se não é apropriado classificar o produto como defeituoso ou não defeituoso, então é recomendável registrar uma estatística baseada em defeito
R4	Se o tempo requerido para obter medições é pequeno e se é desejado identificar mudanças na média do processo, então o gráfico X-bar e R é recomendado

Este sistema tutor tem como principal limitação o fato de não tratar de outras questões importantes para a ADP, além da seleção do gráfico de controle mais apropriado. Além disto, estas regras estão voltadas para a área de manufatura.

### 2.5.4 Framework para Sistema Especialista em Controle Estatístico de Qualidade

Ainda na área de manufatura, EVANS e LINDSAY (1988) apresentam uma proposta de *framework* para um sistema especialista que provê apoio para plotar gráficos de controle, interpretar o gráfico e identificar possíveis causas especiais.

De acordo com os autores, há dois tipos de conhecimentos necessários para aplicar métodos estatísticos: conhecimento rotineiro e o conhecimento especialista. O

conhecimento rotineiro envolve o conhecimento necessário para as atividades de medição das características de qualidade do processo e a construção do gráfico de controle. Já o conhecimento especialista envolve o conhecimento necessário para realizar a interpretação dos gráficos de controle e para identificar as causas especiais. O sistema especialista proposto tem o objetivo de fornecer apoio a este último tipo de conhecimento.

Para tanto, uma base de conhecimento foi criada, sendo dividida em três grupos: (i) regras de análise: onde se encontram o conhecimento necessário para identificar condições de instabilidade. Estas regras são consideradas fixas, pois não dependem do domínio no qual estão sendo aplicadas; (ii) regras interpretativas: a partir das quais se analisa padrões de mudança no processo. Estes padrões são identificados por meio de uma árvore de decisão pré-estabelecida; e (iii) regras de diagnóstico: a partir das quais se identificam as causas especiais. O sistema apresenta algumas causas especiais genéricas, de acordo com o tipo de regra e padrão que indicaram a instabilidade do processo. Este conhecimento deve ser adaptado para cada caso particular (EVANS e LINDSAY, 1988).

Como limitações deste trabalho, podem-se destacar: não cita a importância de selecionar o tipo de gráfico mais apropriado para cada situação; não dá apoio a todas as atividades da ADP (por exemplo, análise de capacidade); e é específico para a área de manufatura.

### **2.5.5 Abordagem baseada em Conhecimento para Controle Estatístico de Processos**

COOK *et al.* (1992) apresentam um sistema especialista integrado que visa auxiliar o controle de processos da área de manufatura por meio do emprego de técnicas do CEP.

Este sistema especialista é baseado em regras, no entanto não é informado como o conhecimento, a partir do qual estas regras foram derivadas, foi capturado e armazenado. A partir destas regras, o sistema é capaz de detectar 8 padrões que identificam situações fora de controle do gráfico X-bar e R.

Além da identificação dos padrões de instabilidade, se houver algum parâmetro fora dos limites de especificação ou com tendências, o sistema sugere ajustes.

Este trabalho também possui as limitações dos trabalhos apresentados anteriormente: foco somente em um tipo de gráfico de controle (X-bar e R); não dá apoio a todas as atividades da ADP; e é específico para a área de manufatura.

## **2.6 Considerações Finais**

Neste capítulo, foi apresentada uma revisão da literatura caracterizando a ADP a partir de seus conceitos básicos e dos benefícios que uma organização pode alcançar ao executar corretamente esta análise. Também foi abordada como as principais normas e modelos de maturidade de processos de software tratam a ADP, bem como os principais métodos utilizados para auxiliar a execução da ADP.

Também foram apresentadas as principais dificuldades relatadas sobre a execução da ADP na área de software, devido às características peculiares dos processos desta área. A maioria destas dificuldades está relacionada à falta de conhecimento técnico sobre as técnicas e métodos da ADP e à falta de conhecimento do responsável pela análise nos processos e contexto organizacionais. Durante a revisão da literatura, foram identificados alguns trabalhos que buscam adaptar alguns conceitos da ADP para software. No entanto, poucos trabalhos buscam prover os conhecimentos necessários para que a ADP seja executada adequadamente.

Neste sentido, um mapeamento sistemático foi realizado com o objetivo de identificar abordagens que auxiliam a ADP de software a partir da captura e disponibilização do conhecimento necessário para que esta análise seja realizada adequadamente. Neste mapeamento, foi identificada somente uma abordagem que atendesse aos critérios estabelecidos. Durante as revisões informais da literatura, foram identificadas outras abordagens baseadas em conhecimento na área da manufatura. Cada uma destas abordagens foi apresentada, bem como suas limitações.

## CAPÍTULO 3 – AMBIENTE SPEAKER

*Este capítulo apresenta o ambiente SPEAKER desenvolvido para apoiar a execução da análise de desempenho de processos de software.*

### 3.1 Introdução

Como discutido no capítulo anterior, verifica-se que, apesar da importância da análise de desempenho de processos (ADP) na área de software, poucas organizações conseguem executar esta análise adequadamente. Na Tabela 2.4, foram apresentados os principais problemas e desafios identificados nas organizações de desenvolvimento de software relacionados à execução da ADP. Por serem referenciados ao longo deste capítulo, estes problemas são novamente listados a seguir (LANTZY, 1992; CARD, 1994; KOMURO, 2006; SARGUT e DEMIRÖRS, 2006; BORIA, 2007; CURTIS *et al.*, 2008; BALDASSARRE *et al.*, 2009; BARCELLOS, 2009; RACZYNSKI, 2009):

- P1 – Dificuldade em controlar atividades intensas em conhecimento e criatividade;
- P2 – Dificuldade em obter uma quantidade adequada de dados homogêneos e que sejam importantes para o objetivo de negócio;
- P3 – Inadequação das bases de medidas da organização à aplicação das técnicas estatísticas;
- P4 – Falta de conhecimento sobre as técnicas da ADP;
- P5 – Análise dos dados realizada a partir de somente uma técnica da ADP;
- P6 – Uso incorreto das fórmulas para calcular os limites de controle do processo;
- P7 – Dificuldade em identificar processos críticos e com dados suficientes para serem analisados estatisticamente;
- P8 – Falta de material disponível na literatura com exemplos e diretrizes para aplicar as técnicas da ADP em software;
- P9 – Tendência em focar na análise de pontos fora de controle, ao invés de analisar as tendências;
- P10 – Dificuldade (principalmente nas pequenas e médias empresas) em contratar ou treinar profissionais para implantar as técnicas de ADP;

- P11 – Processo de software com múltiplas causas de variação, levando a possíveis erros ao analisar dados de diferentes sistemas de causas; e
- P12 – Dificuldade em identificar e eliminar todas as causas especiais do processo, pois a maioria delas possui caráter pessoal, ou seja, estão relacionadas à pessoa que está executando o processo.

Verifica-se que a maioria das dificuldades citadas está relacionada à falta de conhecimento e de experiência das pessoas responsáveis pela ADP na organização. Para que a ADP seja efetiva, é necessário que o responsável por sua execução possua conhecimento técnico sobre os conceitos e métodos a serem aplicados. Além disso, faz-se necessário que tal responsável tenha conhecimento adequado sobre o processo e o contexto organizacional no qual a análise será realizada (XIUXU *et al.*, 2009). Desta forma, o conhecimento torna-se um importante ativo no contexto da execução da ADP, e, portanto, deve ser gerenciado e utilizado adequadamente para que a organização obtenha os benefícios advindos desta análise.

Foram identificados na literatura trabalhos que buscam amenizar alguns dos problemas listados no início desta seção. A Tabela 3.1 apresenta o relacionamento de alguns destes trabalhos relacionados e os problemas listados anteriormente.

**Tabela 3.1** – Problemas e trabalhos relacionados identificados

<b>Problemas</b>	<b>Trabalhos relacionados</b>
P2	(TARHAN e DEMIRÖRS, 2006)
P3	(TARHAN e DEMIRÖRS, 2006), (BARCELLOS, 2009)
P4	(BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2010)
P5	(BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2010)
P6	(BALDASSARRE <i>et al.</i> , 2010)

BARCELLOS (2009) visa apoiar a organização de software a enfrentar o problema P3, auxiliando na avaliação das medidas e fornecendo recomendações para se obter medidas que sejam úteis à ADP. Já a proposta de TARHAN e DEMIRÖRS (2006) tem o objetivo de tratar os problemas P2 (sugerindo a formação de conjuntos homogêneos a partir da identificação da similaridade entre as execuções do processo) e P3 (auxiliando a avaliar o quanto uma medida pode ser utilizada na ADP). BALDASSARRE *et al.* (2010) proveem apoio parcial para os problemas P4, P5 e P6, ao propor apoio para a construção do gráfico de controle XmR, e para a aplicação e interpretação de alguns testes de estabilidade.



No entanto, verifica-se que estas propostas tratam de problemas pontuais, o que pode não ser efetivo, pois a execução da ADP envolve atividades interdependentes. A partir de revisões da literatura (incluindo a execução do mapeamento sistemático apresentado no Capítulo 2), não foi possível identificar trabalhos que auxiliassem a execução da ADP de software em suas principais atividades de forma integral, provendo o conhecimento necessário que guiasse o usuário nesta análise.

Para atingir este objetivo, foi desenvolvido o ambiente SPEAKER (*Software Process pErformance Analysis Knowledge-oriented EnviRonment*) (SCHOTS *et al.*, 2015a), projetado no Grupo de Qualidade de Software do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ, cujo objetivo geral é apoiar a execução do processo de ADP a partir da disponibilização do conhecimento necessário para sua execução e de uma base de componentes de processos, bem como apoiar e registrar o andamento da execução das atividades associadas a esta análise. Os componentes do ambiente são produto desta tese de doutorado, duas dissertações de mestrado e um projeto final de graduação. Neste contexto, o objetivo desta tese de doutorado é propor uma solução para a execução da ADP, por meio da disponibilização de um processo e um repositório de conhecimento, bem como um apoio ferramental, que apoie as organizações na execução da análise de desempenho de seus processos. A existência de um repositório de conhecimento é de grande importância no Ambiente SPEAKER por ser a ADP uma atividade intensiva em conhecimento.

Este capítulo visa apresentar o ambiente SPEAKER e seus componentes, e está estruturado nas seguintes seções: Na Seção 3.2, são apresentados os requisitos identificados para um ambiente de apoio à ADP. A solução proposta é descrita, em termos de suas características, na Seção 3.3. A Seção 3.4 apresenta o ambiente no qual o SPEAKER foi desenvolvido e integrado. A descrição do ambiente SPEAKER e seus componentes é apresentada na Seção 3.5. Por fim, na Seção 3.6, as considerações finais para este capítulo são apresentadas.

## **3.2 Requisitos para um Ambiente de Apoio para Análise de Desempenho de Processos de Software**

A partir dos resultados do mapeamento sistemático e das revisões da literatura, tornou-se clara a falta de trabalhos que apoiam a execução da ADP como um todo.

Além disto, como enfatizado por TARHAN e DEMIRÖRS (2006), verifica-se a falta de relatos na literatura sobre detalhes de implementação da ADP na área de software.

A partir da caracterização da área, realizada por meio das revisões da literatura, foi possível identificar um conjunto de requisitos gerais para um ambiente que forneça apoio à ADP, a partir de práticas da gerência do conhecimento. Os requisitos gerais do ambiente, apresentados na Tabela 3.2, foram baseados principalmente nos seguintes trabalhos: (COOK *et al.*, 1992), (CHENG e HUBELE, 1992), (WHEELER e CHAMBERS, 1992), (FLORAC e CARLETON, 1999), (PAULK e HYDER, 2007), (CARD, 2007), (CMMI Product Team, 2010), (BAG *et al.*, 2011), (MAHANTI e EVANS, 2012), (SOFTEX, 2016c) e (ISO/IEC, 2015b). Uma primeira versão destes requisitos foi apresentada em (SCHOTS, 2013) e (SCHOTS *et al.*, 2013). O conjunto de requisitos apresentado a seguir é uma evolução desta versão.

Além de listar os requisitos, a Tabela 3.2 também apresenta como eles estão relacionados aos problemas das organizações de desenvolvimento de software para implantar a ADP (listados anteriormente).

**Tabela 3.2** – Requisitos para um ambiente de apoio à ADP (SCHOTS *et al.*, 2015a)

ID	Requisito	Problemas
R1	O ambiente deve prover o conhecimento necessário para realizar a ADP, guiando o usuário em todas as atividades a serem realizadas.	P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10
R2	O ambiente deve apoiar a execução das atividades previstas para realizar a ADP, a saber: identificação dos subprocessos críticos; avaliação da adequabilidade das medidas para ADP; verificação da estabilidade; verificação da capacidade; e estabelecimento de modelos de desempenho.	P1, P5, P7
R3	O ambiente deve apoiar a execução das atividades da ADP por meio da gerência do conhecimento. Para isto, o ambiente deve permitir cadastrar, armazenar e disponibilizar o conhecimento relacionado à ADP. O conhecimento relacionado a cada atividade ou tarefa deve ser apresentado durante sua execução.	P1, P4, P6, P8, P9, P10
R4	O ambiente deve armazenar os resultados de execução das atividades da ADP e permitir que a execução das próximas atividades seja adequada a cada situação, levando em consideração os resultados das atividades anteriores.	P4, P8, P10
R5	O ambiente deve ser aderente aos níveis de maturidade B do MR-MPS-SW e 4 do CMMI-DEV e, também, ao nível 4 de capacidade da ISO/IEC 33020.	P2, P3, P7, P8

O requisito R1 estabelece que o ambiente deve fornecer o conhecimento necessário para que o usuário realize a ADP adequadamente. Este conhecimento envolve, por exemplo: (i) saber identificar os subprocessos críticos; (ii) conhecer os

métodos estatísticos (por exemplo, os diversos tipos de gráficos de controle), como utilizá-los e quando aplicar cada um deles; (iii) avaliar as medidas disponíveis na organização e saber se elas estão adequadas à ADP; (iv) saber agrupar dados homogêneos de acordo com as características do processo; (v) aplicar mais de uma técnica para analisar os dados, sempre que possível; dentre outros.

Este conhecimento encontra-se fragmentado e disperso em diversos livros, artigos e dissertações/teses, o que dificulta seu entendimento e aprendizado sobre ADP. Portanto, este requisito tem o objetivo de reunir este conhecimento em um único local, a fim de que usuário possa ter acesso ao conhecimento necessário para realizar a ADP.

O requisito R2 estabelece que o ambiente deve apoiar o processo de ADP, a partir do qual o usuário seja guiado para realizar as atividades e tarefas necessárias para realizar a análise adequadamente. Estas atividades e tarefas envolvem as principais atividades apresentadas em FLORAC e CARLETON (1999), CMMI Product Team (2010) e SOFTEX (2016c), a saber: (i) esclarecer os objetivos de negócio; (ii) identificar e priorizar pontos críticos nos processos; (iii) selecionar e definir medidas do processo ou produto; (iv) coletar, verificar e armazenar os dados sobre a execução do processo; (v) analisar o comportamento do processo; (vi) avaliar o desempenho do processo; e (vii) estabelecer o modelo de desempenho. Este requisito está diretamente relacionado ao requisito R1, pois o apoio do ambiente deve levar em consideração as recomendações da literatura técnica sobre a ADP.

O requisito R3 estabelece que a execução da ADP seja apoiada por conhecimento. Para isto, o ambiente deve permitir o cadastro, armazenamento e disponibilização do conhecimento necessário para a ADP. Para que o responsável pela execução da ADP tenha acesso ao conhecimento pertinente à atividade sendo executada e possa tomar decisões adequadas durante a execução da análise, o requisito R3 também estabelece um vínculo entre as atividades da ADP e o conhecimento a ser disponibilizado no ambiente para apoio à execução destas atividades.

Algumas atividades/tarefas da ADP podem ser executadas de diferentes formas (por exemplo, a construção de um gráfico de controle varia de acordo com o tipo do gráfico selecionado). Sendo assim, o requisito R4 estabelece que o ambiente deve permitir a escolha da forma mais adequada a cada situação, além de armazenar o resultado de cada execução, permitindo o acesso a este resultado sempre que o usuário necessitar (por exemplo, para verificar qual execução da atividade/tarefa gerou o resultado mais apropriado em um contexto). Além disto, o ambiente deve levar em

consideração os resultados obtidos em cada atividade/tarefa para direcionar o usuário adequadamente para a próxima atividade/tarefa, de acordo com os resultados obtidos na execução das atividades/tarefas anteriores.

Dado que muitas das organizações de desenvolvimento de software que procuram a qualidade de seus processos e produtos tendem a adotar alguma norma ou modelo de maturidade, o requisito R5 estabelece que o ambiente seja aderente (no que tange à ADP) aos modelos de maturidade CMMI-DEV (nível 4) e MR-MPS-SW (nível B), bem como à norma ISO/IEC 33020 (nível 4). Este requisito está diretamente relacionado ao requisito R2, pois o processo deve levar em consideração o que é exigido pelos modelos.

### 3.3 Características do Ambiente SPEAKER

A partir dos requisitos identificados, o ambiente SPEAKER foi desenvolvido, apresentando as características listadas na Tabela 3.3. Esta tabela também indica como os requisitos apresentados na Tabela 3.2 foram atendidos.

**Tabela 3.3** – Características do ambiente SPEAKER

ID	Características	Requisito
C1	O ambiente é baseado em um processo que guia o responsável pelas atividades necessárias para executar a ADP, a saber: identificação dos subprocessos críticos; avaliação da adequabilidade das medidas para ADP; verificação da estabilidade; e estabelecimento de modelos de desempenho.	R2, R5
C2	O ambiente permite que uma tarefa possa ser executada de diferentes formas, de acordo com as características dos dados que estão sendo analisados.	R4
C3	O ambiente permite que uma ADP relacionada a um subprocesso seja executada diversas vezes, de acordo com o interesse do responsável pela análise, armazenando cada execução e permitindo sua posterior recuperação.	R3, R4
C4	O ambiente disponibiliza modelos de documentos ( <i>templates</i> ) relacionados à execução das tarefas do processo de ADP.	R1, R2
C5	O ambiente provê um repositório de conhecimento de ADP que auxilia a execução de cada tarefa, apresentando os principais conceitos e técnicas relacionados à execução da ADP.	R1, R3
C6	O ambiente permite o cadastro, armazenamento e disponibilização de itens de conhecimento necessários para executar a ADP.	R3
C7	O ambiente disponibiliza os itens de conhecimento de forma gradual, apresentando somente os itens de conhecimento relacionados à tarefa que está sendo executada no momento, além de permitir um acesso gradual aos detalhes de cada item de conhecimento.	R1, R2, R3

Com relação à característica C1, um processo foi definido, descrevendo passo-a-passo as tarefas necessárias para realizar a ADP, bem como seus relacionamentos e

pontos de decisão. Este processo também disponibiliza modelos (*templates*) de documentos que devem ser gerados, apoiando a execução das tarefas (atendendo também à característica C4). O processo proposto é apresentado brevemente na Seção 3.5.1 e, por ser uma das contribuições desta tese, é apresentado com mais detalhes no Capítulo 4.

Algumas tarefas da ADP podem ser executadas de diferentes formas, utilizando técnicas ou ferramentas variadas, de acordo com as características dos dados que estão sendo analisados. A fim de fornecer esta flexibilidade na execução do processo de ADP, de acordo com a característica C2, algumas tarefas do processo proposto foram definidas no formato de linhas de processo e elementos de processo (BARRETO, 2011a) no ambiente SPEAKER. A definição destas linhas e elementos de processo, que compõem uma Base de Elementos de Processo Reutilizáveis, foi realizada no contexto de uma dissertação de mestrado (GONÇALVES, 2014), que é apresentada brevemente na Seção 3.5.2.

Com o objetivo de registrar a instanciação das linhas e elementos de processo e permitir o acesso aos resultados da execução destas instâncias, a característica C3 foi realizada a partir do desenvolvimento da ferramenta FIE (Ferramenta de Instanciação e Execução de processo). Esta ferramenta foi desenvolvida no contexto de uma dissertação de mestrado (MAGALHÃES, 2015), apresentada na Seção 3.5.3.

Com relação à característica C5, o ambiente SPEAKER disponibiliza itens de conhecimento pertinentes a cada tarefa do processo de ADP, permitindo que o usuário tenha acesso a um conhecimento pontual e estruturado sobre a tarefa sendo executada no momento. Este conhecimento foi estruturado em um repositório de conhecimento, que é apresentado brevemente na Seção 3.5.1 e, por ser uma das contribuições desta tese, é apresentado com mais detalhes no Capítulo 5.

Para guiar o usuário durante a execução do processo proposto e disponibilizar os itens de conhecimento durante a execução deste processo, foi desenvolvida a ferramenta FAAD (Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho). Desta forma, as características C6 e C7 são atendidas. Por meio desta ferramenta, o usuário é guiado a executar as tarefas da ADP de acordo com a sequência definida no processo, além de permitir o acesso aos modelos de documentos disponibilizados e aos itens de conhecimento relacionados a cada tarefa. A FAAD também permite o cadastro e armazenamento de novos itens de conhecimento que podem ser inseridos pelos usuários. Uma versão inicial da ferramenta FAAD foi desenvolvida no contexto de um

projeto final de graduação (BUSQUET, 2015) sob orientação da autora desta tese. A partir desta versão inicial, foi desenvolvida a versão atual aprimorada dessa ferramenta e sua integração com os demais componentes do ambiente SPEAKER. A FAAD é apresentada brevemente na Seção 3.5.4 e, por ser uma das contribuições desta tese, é apresentada com mais detalhes no Capítulo 6.

### **3.4 O Ambiente SPEAKER no Contexto do Ambiente de Alta Maturidade (A2M)**

O ambiente SPEAKER foi desenvolvido e incorporado no contexto de outro ambiente, o A2M (Ambiente de Alta Maturidade), que forneceu a estrutura necessária para seu desenvolvimento. O A2M vem sendo construído a partir de diversas pesquisas sobre alta maturidade no Grupo de Qualidade de Software do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE/UFRJ no intuito de apoiar as organizações a atingirem a maturidade nos seus processos. O A2M foi desenvolvido de maneira a fornecer uma infraestrutura com componentes auxiliares que podem ser reutilizados pelas diferentes ferramentas de apoio desenvolvidas no contexto do ambiente (BARRETO, 2011a).

O A2M possui duas ferramentas relevantes para o contexto desta tese, a saber: A2M Objetivo e A2M Componente Processo.

A ferramenta A2M Objetivo visa apoiar o planejamento estratégico, tático e operacional em organizações de software, além de auxiliar a monitoração destes objetivos e prover recomendações quanto às ações corretivas (BARRETO, 2011b). No contexto de organizações que desejam alcançar a alta maturidade, BARRETO (2011b) apresenta um método para o planejamento estratégico, decompondo-o gradualmente até que sejam estabelecidos os objetivos quantitativos de qualidade e desempenho. Posteriormente, os objetivos quantitativos de qualidade e desempenho são monitorados durante a gerência quantitativa dos projetos.

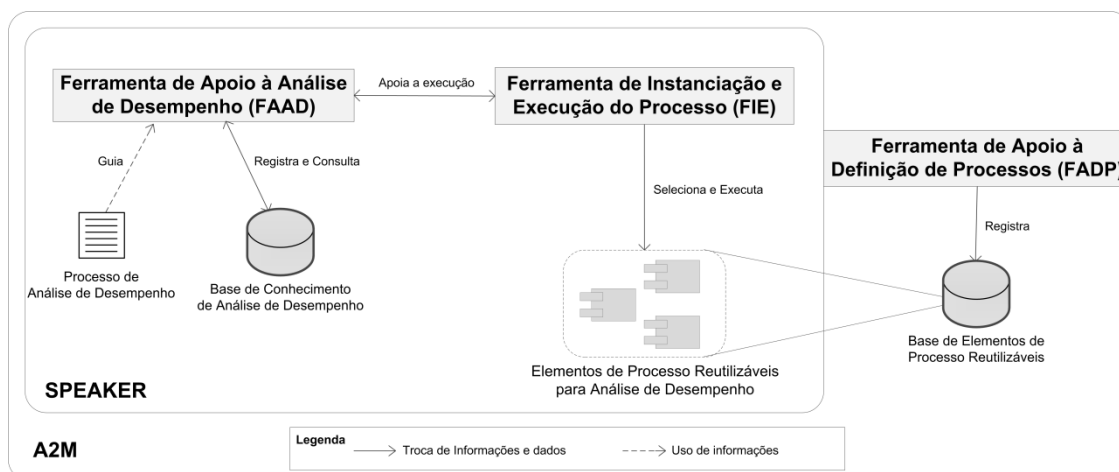
Embora o uso da ferramenta A2M Objetivo não esteja no escopo desta tese, a existência do planejamento estratégico é uma das suposições para iniciar a ADP. Portanto, caso a organização não possua o planejamento estratégico, este poderá ser elaborado por meio desta ferramenta.

Na alta maturidade, espera-se que a organização possa compor seus processos atendendo aos objetivos específicos de um projeto, a partir de informações sobre os

subprocessos que compõem estes processos (CMMI Product Team, 2010; SOFTEX, 2016c). Para apoiar esta definição de processos atendendo aos requisitos da alta maturidade, BARRETO (2011a) sugere uma abordagem para definição de elementos de processo e de linhas de processo, baseada em técnicas de reutilização. Na abordagem, uma ferramenta para definição de apoio à definição de processos foi desenvolvida (“A2M Componente Processo”) e uma Base de Elementos de Processo Reutilizáveis foi definida (BARRETO, 2011a). A ferramenta e a base foram utilizadas no contexto do ambiente SPEAKER para definir os elementos de processo reutilizáveis para ADP, conforme apresentado na Seção 3.5.2.

### 3.5 Componentes do Ambiente SPEAKER

O ambiente SPEAKER foi projetado contendo duas ferramentas principais, conforme apresentado na visão estrutural do ambiente na Figura 3.1: (i) uma ferramenta (FAAD) que guia o usuário durante a execução do processo de ADP e que mantém o repositório de conhecimento do ambiente; e (ii) uma ferramenta para instanciação e execução do processo (FIE) que permite o controle da instanciação do processo da ADP e o armazenamento dos resultados obtidos a partir de diferentes execuções (MAGALHÃES, 2015).

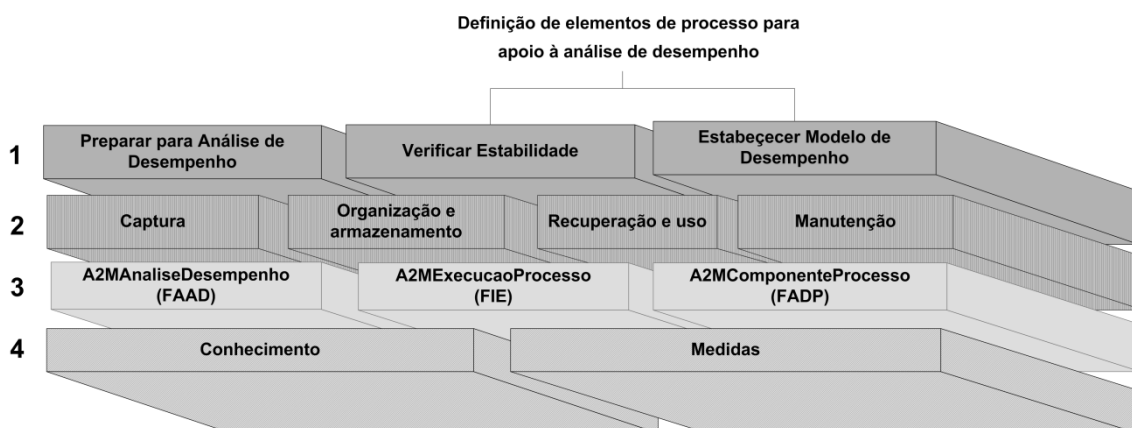


**Figura 3.1** – Visão estrutural do ambiente SPEAKER (adaptada de SCHOTS *et al.*, 2014b)

Além destas ferramentas, o ambiente SPEAKER também é composto por elementos de processo reutilizáveis para a ADP, contendo a descrição de atividades da ADP em um formato próprio para reutilização (GONÇALVES, 2014). Estes elementos de processo estão armazenados na Base de Elementos de Processo Reutilizáveis

(pertencente ao ambiente A2M), e são disponibilizados ao usuário a partir da FIE, permitindo que a execução do processo de ADP seja iterativa.

Em uma representação em camadas, conforme ilustrado na Figura 3.2, o ambiente SPEAKER também pode ser apresentado como um ambiente que provê apoio à execução das atividades da ADP (camada 1), a partir do uso de uma infraestrutura de conhecimento (camada 2) e de uma infraestrutura computacional (camada 3), fazendo uso de um repositório de conhecimento e das medidas da organização (camada 4).



**Figura 3.2** – Visão em camadas do ambiente SPEAKER (adaptada de SCHOTS *et al.*, 2014b)

Cada um dos componentes do ambiente SPEAKER é descrito com mais detalhes nas subseções a seguir.

### 3.5.1 Processo e Repositório de Conhecimento para Análise de Desempenho

O processo proposto para ADP compreende a identificação dos subprocessos críticos da organização que serão objeto da ADP, a verificação da estabilidade destes subprocessos e a elaboração de modelos de desempenho relevantes para organização. Este processo apresenta um passo-a-passo para a execução destas atividades, com o principal objetivo de estabelecer modelos de desempenho que estejam relacionados ao que é crítico para a organização. Este processo é composto pela descrição das atividades e tarefas, além de regras que definem a sequência entre estas atividades e tarefas. Por ser uma das contribuições desta tese, a definição do processo com descrição detalhada de suas atividades e tarefas é apresentada no Capítulo 4.

O repositório de conhecimento é composto por itens de conhecimento relacionados a conceitos, técnicas e exemplos que podem auxiliar na execução das tarefas da ADP. O repositório de conhecimento é o resultado da organização dos itens de conhecimento que foram identificados como necessários para a execução adequada



da ADP a partir de revisões da literatura. Este repositório de conhecimento provê uma base inicial que, posteriormente, o usuário poderá atualizar de acordo com a experiência obtida ao realizar a ADP, adicionando novos itens de conhecimento ou modificando os já existentes.

Os itens de conhecimento foram estruturados no formato de mapas mentais, a partir dos quais o conhecimento é apresentado aos poucos aos usuários, de acordo com seu interesse em obter mais detalhes sobre determinado item. A disponibilização do conhecimento segue o modelo de visualização de conhecimento (BURKHARD, 2005), segundo o qual o conhecimento não deve ser apresentado ao usuário todo de uma vez, mas sim gradualmente e segundo o seu interesse. A forma de identificação dos itens de conhecimento e sua estruturação são apresentadas no Capítulo 5, e os itens de conhecimento completo são apresentados no Apêndice V.

### **3.5.2 Elementos de Processo Reutilizáveis para Análise de Desempenho**

Durante a definição do processo de ADP, foi observado que algumas tarefas da ADP podem ser executadas de diferentes formas, dependendo das características do subprocesso que está sendo analisado e do contexto organizacional. Além disto, a execução do processo de ADP não é linear, podendo ser necessário executar algumas tarefas mais de uma vez, de acordo com o contexto e os resultados obtidos anteriormente (por exemplo, o usuário pode querer construir um novo gráfico de controle a partir da análise do gráfico construído anteriormente).

Portanto, a fim de prover um melhor apoio para a execução do processo de ADP, algumas de suas atividades e tarefas foram descritas no formato de linhas de processo e elementos de processo reutilizáveis, utilizando a Ferramenta de Apoio à Definição de Processos do ambiente A2M (ilustrada na Figura 3.1 e apresentada na Seção 3.4) e seguindo a abordagem proposta por (BARRETO, 2011a). A definição de atividades e tarefas neste formato permite explicitar as possíveis alternativas que o responsável pela ADP pode utilizar, selecionando em cada momento a mais adequada para a execução de suas atividades.

A definição das linhas de processo e dos elementos de processo reutilizáveis para ADP foi realizada no contexto de uma dissertação de mestrado (GONÇALVES, 2014), que envolveu a definição de 47 elementos de processo reutilizáveis, referentes a tarefas definidas para o processo de ADP. Cada elemento de processo reutilizável é equivalente a uma tarefa do processo de ADP. Estes elementos podem ser de dois tipos:

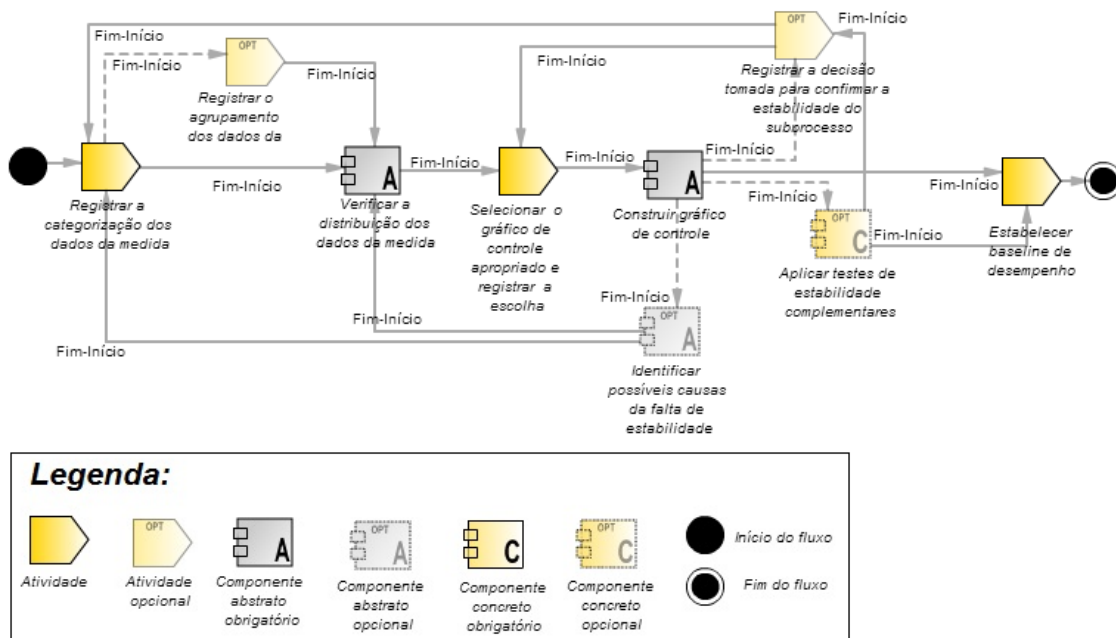
(i) “atividades” ou “componentes concretos” (não possuem variabilidade, ou seja, são sempre executados de uma mesma forma); ou (ii) “componentes abstratos” (possuem variabilidade, ou seja, possuem diferentes formas de execução e, para serem executados, é necessário selecionar a forma mais apropriada, *i.e.*, um componente concreto).

A Tabela 3.4 apresenta alguns exemplos de elementos de processo reutilizáveis e suas respectivas variantes. Estes elementos de processo foram definidos no contexto da etapa “Verificar Estabilidade”, que foi representada por uma linha de processo, conforme apresentado na Figura 3.3.

**Tabela 3.4** – Alguns elementos de processo reutilizáveis da etapa “Verificar Estabilidade” (adaptado de GONÇALVES, 2014)

Elementos de processo	Variantes
Registrar a categorização dos dados da medida (atividade)	–
Selecionar o gráfico de controle apropriado e registrar a escolha (atividade)	–
Construir gráfico de controle (componente abstrato)	Construir gráfico de controle XmR com Statistica (componente concreto)
	Construir gráfico de controle XmR com Minitab (componente concreto)
	Construir gráfico de controle X-bar e R com Minitab (componente concreto)
	Construir gráfico de controle X-bar e S com Statistica (componente concreto)
Aplicar testes de estabilidade complementares (atividade)	–
Identificar possíveis causas da falta de estabilidade (componente abstrato)	Identificar possíveis causas com gráfico de Pareto – Statistica (componente concreto)
	Identificar possíveis causas com gráfico de Causa e efeito (componente concreto)

Os elementos de processo foram descritos seguindo a abordagem de BARRETO (2011a) e possuem as informações básicas de um processo, tais como nome, descrição, critérios de entrada e saída, participantes, responsáveis, ferramentas de apoio e artefatos requeridos/produzidos. Além destas informações, alguns elementos de processo possuem um *script* baseado nas ferramentas Statistica (STATSOFT, 2016) e Minitab (MINITAB, 2016). Estes *scripts* apoiam o usuário na execução das tarefas que podem ser automatizadas por estas ferramentas estatísticas, tais como a construção de um gráfico de controle e a verificação sobre a distribuição de probabilidade de um conjunto de valores.



**Figura 3.3** – Linha de processo “Verificar Estabilidade” (GONÇALVES, 2014)

Os elementos de processo foram avaliados por meio de (i) uma revisão por pares, que avaliou a estrutura e o conteúdo dos elementos de processo definidos; e (ii) execução de cenários de uso, ilustrando como os elementos de processo definidos apoiam a ADP (GONÇALVES, 2014).

No contexto do ambiente SPEAKER, ao executar o processo de ADP na FAAD, quando uma tarefa está vinculada a um componente abstrato, o usuário pode escolher qual elemento de processo é mais apropriado para aquela execução (tomando como base o conhecimento provido pela FAAD). O acesso aos elementos de processo e aos seus *scripts* é realizado por meio da ferramenta FIE, apresentada na subseção a seguir.

Mais informações sobre a pesquisa conduzida e a descrição das linhas e elementos de processo podem ser encontradas em (GONÇALVES, 2014).

### 3.5.3 Ferramenta de Instanciação e Execução do Processo de Análise de Desempenho

Deve-se levar em consideração que algumas tarefas do processo de ADP podem ser executadas de diferentes formas, e que a escolha da forma apropriada depende dos resultados obtidos na execução de tarefas anteriores. Sendo assim, faz-se necessária uma instanciação dinâmica deste processo. Em outras palavras, tendo em conta os pontos de variabilidade definidos nas linhas de processo (GONÇALVES, 2014), o ambiente SPEAKER deve (i) permitir que o usuário escolha qual variante deve ser executada em uma dada tarefa, (ii) fornecer o conhecimento pertinente durante a

execução do processo a fim de auxiliar na escolha da variante, e (iii) instanciar o processo de ADP com base nesta escolha.

Desta forma, a execução de algumas tarefas leva à instanciação de uma linha de processo e à execução de um elemento de processo reutilizável por vez. Isto significa que o resultado de cada execução de um elemento de processo será analisado para que então seja verificada a necessidade da execução do próximo elemento.

O controle da instanciação dinâmica e da execução dos elementos de processo reutilizáveis para ADP é realizado por meio da Ferramenta de Instanciação e Execução do processo (FIE) (MAGALHÃES, 2015).

A interação entre a FIE e os demais componentes do ambiente SPEAKER pode ser resumida no seguinte fluxo:

- i. Durante a execução de uma tarefa que possua variantes, a FAAD faz chamada à FIE, indicando qual elemento de processo da ADP deve ser realizado (somente elementos de processo do tipo “atividade” e “componente concreto” podem ser indicados);
- ii. A FIE recupera da Base de Elementos de Processo Reutilizáveis a descrição do elemento de processo indicado, permitindo também (caso pertinente) o acesso ao *script* que apoia o usuário na execução da tarefa;
- iii. A FIE permite o registro dos resultados obtidos da realização da tarefa;
- iv. O usuário retorna à FAAD e continua a execução do processo, informando se os resultados obtidos foram satisfatórios ou não;
- v. Caso os resultados não tenham sido considerados satisfatórios pelo usuário, a FAAD permite que o usuário selecione outra variante de execução da tarefa em questão e o fluxo se inicia novamente.

A execução deste fluxo permite que o processo de ADP seja definido dinamicamente, de acordo com o contexto organizacional e com as características do subprocesso que está sendo analisado. Isto também permite a iteratividade necessária para o processo de ADP.

O controle provido pela FIE permite que a análise de um subprocesso possua mais de uma versão executada, quando existe a necessidade de se executar um mesmo elemento de processo mais de uma vez (MAGALHÃES, 2015). A partir dos resultados obtidos de cada versão, o usuário sinaliza qual versão se apresentou mais adequada. Assim, a FIE armazena e permite o acesso ao histórico/rastro dos resultados de cada execução. A Figura 3.4 apresenta um exemplo de uma versão executada da etapa

“Verificar Estabilidade”, representando a linha de processo instanciada para tal execução.



**Figura 3.4** – Exemplo da linha de processo “Verificar Estabilidade” instanciada em uma execução (MAGALHÃES, 2015)

A Figura 3.5 apresenta uma tela da FIE que acompanha a execução do elemento de processo “Registrar a categorização dos dados da medida”, pertencente à etapa “Verificar Estabilidade” do processo de ADP. Neste exemplo, é realizada a análise do subprocesso “Manutenção de Projetos”, em termos de sua medida “Quantidade de horas gastas com manutenção”. As funcionalidades da FIE e sua integração com o ambiente SPEAKER são ilustradas com mais detalhes no exemplo de uso descrito no Capítulo 7.

A fim de verificar o uso da FIE e sua integração com a Base de Elementos de Processo Reutilizáveis (para recuperar os elementos de processo de ADP), foram utilizados cenários hipotéticos, baseados na literatura (MAGALHÃES, 2015).

Mais informações sobre a pesquisa conduzida e a ferramenta FIE podem ser encontradas em (MAGALHÃES, 2015).

Editar Elemento de Processo  
Executado

**Subprocesso:**  
Manutenção de Projetos

**Medida:**  
Quantidade de horas gastas com manutenção.

**Linha de Processo:**  
Verificar estabilidade

**Versão:**  
EXEC\_VERSAO\_001

**Versão Final Executada:**  
Não

**Confirmar** **Cancelar**

Principal **Script**

Nº: 1      Tipo: Atividade  
Elemento: Registrar a categorização dos dados da medida      Descrição: Registrar a categorização dos dados coletados para a medida do subprocesso que foi selecionado para a análise de desempenho. Alguns dos critérios que podem ser utilizados para categorizar os dados da medida são: Tamanho do projeto, Versão do subprocesso, Perfil da equipe, Complexidade, Domínio de aplicação.

Crítério de Entrada: Ter-se analisado o conjunto dos dados da medida do subprocesso selecionado para a análise de desempenho.      Crítério de Saída: Ter-se registrado a categorização dos dados da medida.

Executor: rodrigo      Esforço:   
Data Início:       Data Fim:    
Status:

Parâmetros de Entrada

Nome	Descrição
Identificação do subprocesso selecionado	Identificação do subprocesso selecionado
Planilha de medidas do SPEAKER	Planilha de medidas do SPEAKER

Parâmetros de Saída

Nome	Descrição
Registro da categorização dos dados da medida	Registro da categorização dos dados da medida

Resultados da Execução

Nome Arquivo	Tipo do arquivo	Artefato
+		

**Confirmar** **Cancelar**

**Figura 3.5** – Tela de acompanhamento da execução de um elemento de processo na FIE (MAGALHÃES, 2015)

### 3.5.4 Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho

A Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho (FAAD) é o elemento central do ambiente SPEAKER, pois integra e coordena a execução dos demais componentes do ambiente. Os objetivos desta ferramenta são apoiar o usuário durante a execução do processo proposto para a ADP e permitir a gerência do conhecimento necessário para executar cada tarefa deste processo.

A FAAD permite o cadastro e o acompanhamento da execução do processo de ADP, guiando o usuário e armazenando os resultados obtidos durante a execução. A partir da FAAD, também é possível cadastrar e acessar itens de conhecimento relacionados a uma determinada tarefa sendo executada, no formato textual ou de mapas mentais. Estas funcionalidades da FAAD foram implementadas no contexto de um projeto final de graduação (BUSQUET, 2015).

Os elementos de processo reutilizáveis foram derivados do processo proposto para ADP e, portanto, a execução do processo na FAAD leva em consideração as variabilidades definidas nas linhas e elementos de processo registrados na Base de Elementos de Processo Reutilizáveis. A integração com a FIE é realizada durante a execução do processo, quando uma tarefa possui diferentes formas de ser executada, conforme descrito na Seção 3.5.3.

Por ser uma das contribuições desta tese, a FAAD é apresentada com mais detalhes no Capítulo 6.

### **3.6 Considerações Finais**

Neste capítulo, foi apresentado o ambiente SPEAKER, cujo objetivo é auxiliar as organizações de desenvolvimento de software durante a execução da análise de desempenho de seus processos, disponibilizando o conhecimento necessário para a adequada execução desta análise.

A partir dos problemas relatados pelas organizações de desenvolvimento de software ao executarem a ADP e das recomendações identificadas na literatura, foi elaborado um conjunto de requisitos para um ambiente de apoio à ADP.

Com base nestes requisitos, foi definido o ambiente SPEAKER com seus componentes: (i) a ferramenta FAAD, que guia o usuário na execução do processo de ADP, apoiando-o, também, com a disponibilização de itens de conhecimento relacionados à tarefa sendo executada; (ii) os elementos de processo reutilizáveis para ADP, que fornecem flexibilidade na execução de tarefas do processo de ADP; e (iii) a ferramenta FIE, que controla a instanciação dinâmica do processo, levando em consideração os elementos de processo reutilizáveis, e armazenando os resultados da sua execução. Foi, também, apresentado o ambiente A2M, em cuja infraestrutura o SPEAKER está inserido.

A partir deste capítulo, verifica-se que o ambiente SPEAKER possui alguns diferenciais com relação aos demais trabalhos relacionados identificados na literatura. Dentre eles destacam-se:

- Definição de um processo detalhado que guia o usuário durante a execução da ADP, disponibilizando modelos de documentos a fim de auxiliar a realização das tarefas;
- Possibilidade de executar o processo de ADP de acordo com as características das medidas a serem analisadas e do contexto organizacional;
- Disponibilização do conhecimento sob demanda e contextual (de acordo com a tarefa sendo executada);
- Possibilidade de executar e armazenar o resultado de diferentes instâncias do processo de ADP, disponibilizando-os para futuras consultas.

Para ilustrar com mais detalhes o funcionamento do ambiente SPEAKER e a integração entre seus componentes, um exemplo de uso foi elaborado e é apresentado no Capítulo 7.

Os próximos capítulos apresentam com mais detalhes as principais contribuições desta tese, a saber: o processo proposto para ADP (Capítulo 4), o repositório de conhecimento de ADP (Capítulo 5) e a ferramenta FAAD (Capítulo 6).



# CAPÍTULO 4 – PROCESSO DE ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PROCESSOS DE SOFTWARE

*Neste capítulo, é apresentada a descrição do processo proposto para a análise de desempenho de processos no contexto de organizações de desenvolvimento de software, compreendendo suas atividades e tarefas.*

## 4.1 Introdução

O processo proposto para análise de desempenho de processos (ADP) possui três objetivos principais: (i) estruturar de forma detalhada todas as atividades necessárias para a execução da ADP, guiando o responsável desde a identificação dos subprocessos críticos até o estabelecimento de modelos de desempenho úteis para a organização; (ii) apoiar operacionalmente a execução da ADP, provendo modelos de documentos (*templates*) que apoiem a execução das tarefas; e (iii) auxiliar na identificação dos itens de conhecimento necessários para auxiliar a execução da ADP, que comporão o repositório de conhecimento vinculado ao processo proposto.

A identificação e a descrição das atividades e tarefas para a ADP foi realizada de forma iterativa e evolutiva ao longo da pesquisa. Inicialmente, um conjunto de atividades e tarefas foi proposto no formato de um *workflow*, apresentado em sua versão inicial em um *workshop* (SCHOTS e ROCHA, 2012); após algumas evoluções na pesquisa, uma versão mais detalhada foi apresentada no exame de qualificação desta pesquisa (SCHOTS, 2013).

Com base no *feedback* obtido nestas apresentações do trabalho, o *workflow* foi reformulado no formato de um processo contendo somente o título das etapas e atividades, e uma breve descrição das atividades. Esta primeira versão do processo foi avaliada por especialistas por meio de um *survey* (SCHOTS *et al.*, 2015b). Esta versão do processo e os principais resultados da sua avaliação são descritos na Seção 4.2. A descrição completa do planejamento e dos resultados obtidos com o *survey* é apresentada no Apêndice II.

A partir das sugestões de melhoria dos especialistas e de um melhor conhecimento sobre o processo advindo da elaboração de exemplos de uso (SCHOTS *et*

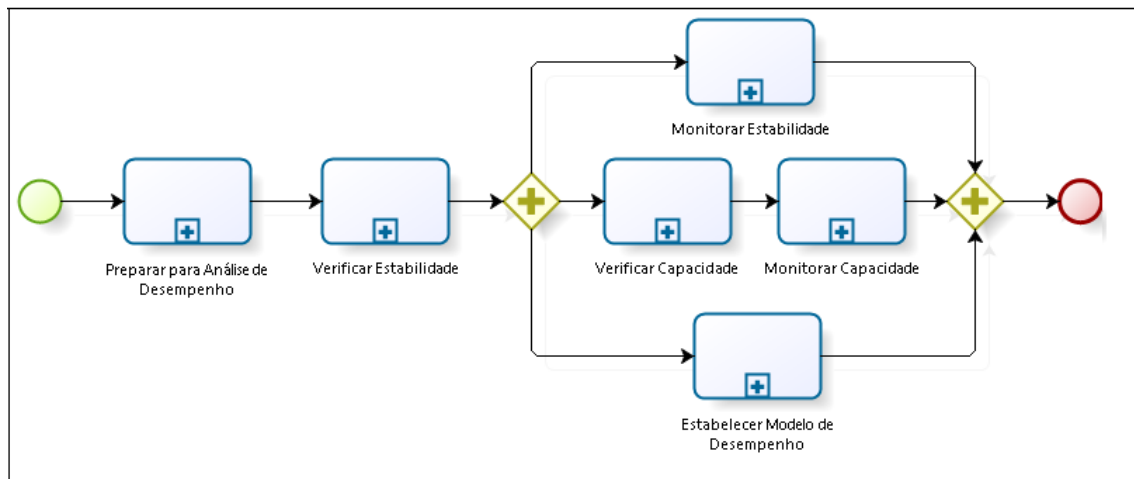
*al.*, 2014a; SCHOTS *et al.*, 2014b), a descrição do processo foi revisada, detalhada e complementada, incorporando também a definição de modelos de documentos (*templates*) para apoiar a execução das tarefas. Esta versão do processo foi avaliada por dois especialistas por meio de uma revisão por pares. A condução desta revisão por pares é apresentada na Seção 4.3.1.

Com base nas melhorias indicadas pelos especialistas na revisão por pares, uma nova versão do processo foi elaborada. Esta é a versão apresentada na Seção 4.4.

## 4.2 Primeira versão do processo para ADP

A partir da revisão da literatura e das boas práticas recomendadas pelas normas e modelos de maturidade, um conjunto de atividades e tarefas para a execução da ADP de software foi identificado. Particularmente, os seguintes trabalhos serviram como base para a descrição deste processo: WHEELER e CHAMBERS (1992), FLORAC e CARLETON (1999), MAXWELL (2006), CMMI Product Team (2010), ROCHA *et al.* (2012) e SOFTEX (2016c).

A primeira versão do processo para ADP era composta por seis etapas, conforme apresentado na Figura 4.1.



**Figura 4.1** – Etapas da primeira versão do processo para ADP (SCHOTS *et al.*, 2014b)

A primeira etapa “Preparar para Análise de Desempenho” visava identificar os subprocessos críticos da organização baseando-se em seus objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho. Além disto, nesta etapa os subprocessos críticos eram avaliados, verificando se atendiam aos requisitos mínimos necessários para executar a ADP.

A partir da seleção de um subprocesso crítico e de uma medida adequada para a ADP, a execução da etapa seguinte, “Verificar Estabilidade”, podia ser iniciada. Nesta

etapa, o tipo de gráfico de controle apropriado para a medida sendo analisada era selecionado e construído. Os valores da medida eram plotados no gráfico e os testes de estabilidade correspondentes ao gráfico aplicados. Caso o subprocesso não fosse estável, era necessário identificar e, se possível, corrigir a causa desta variação.

Assumindo que o subprocesso fosse estável, as seguintes etapas poderiam ser executadas de forma independente: “Verificar Capacidade”, “Estabelecer Modelos de Desempenho” e “Monitorar Estabilidade”.

A etapa “Verificar Capacidade” visava determinar se o subprocesso estava de acordo com os objetivos organizacionais de qualidade e desempenho. Se o subprocesso era considerado capaz, o responsável precisava somente monitorá-lo para verificar se continuava estável e capaz com o passar do tempo, quando novos valores das medidas dos projetos fossem adicionados à análise. Esta monitoração era realizada pela etapa “Monitorar Capacidade”. Se o subprocesso não fosse considerado capaz, era necessário identificar uma ação corretiva apropriada para resolver isto. Esta ação poderia incluir uma melhoria no subprocesso atual ou uma revisão dos objetivos de negócio da organização.

Uma vez criada a *baseline* de desempenho, a etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho” poderia ser executada. Esta etapa visava criar um modelo matemático que relacionasse alguns atributos do subprocesso, tornando possível a predição de suas execuções futuras.

Por fim, a etapa “Monitorar Estabilidade” tinha o objetivo de monitorar a estabilidade do subprocesso ao longo do tempo, quando novos valores das medidas do subprocesso fossem adicionados a partir da execução de projetos. Basicamente, as mesmas atividades da etapa “Verificar Estabilidade” eram aplicáveis a esta etapa.

A descrição desta primeira versão do processo para ADP envolvia somente uma descrição sucinta no nível de atividades conforme apresentado na Tabela 4.1. Nesta tabela, as etapas estão realçadas em cinza e suas respectivas atividades são listadas a seguir em negrito. A descrição de cada atividade é apresentada em itálico.

**Tabela 4.1** – Atividades da primeira versão do processo para ADP

<b>Preparar para Análise de Desempenho</b>
<b>Identificar objetivos quantitativos organizacionais de qualidade e de desempenho</b> <i>Envolve identificar ou revisar os objetivos de negócio (objetivos estratégicos) e, a partir destes, identificar os objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho.</i>
<b>Identificar subprocessos críticos para análise de desempenho</b> <i>Envolve estabelecer os critérios para seleção dos subprocessos críticos, selecioná-los a partir dos critérios estabelecidos e priorizá-los.</i>

<b>Avaliar os subprocessos quanto à adequação à análise de desempenho</b> <i>Envolve identificar as medidas associadas a cada subprocesso crítico selecionado, avaliar cada medida quanto à sua adequação à ADP e identificar ações corretivas caso necessário.</i>
<b>Verificar Estabilidade</b>
<b>Agrupar dados de projetos similares (formar subgrupos homogêneos)</b> <i>Envolve verificar a necessidade de formar subgrupos homogêneos, identificar projetos similares e agrupar medidas referentes a estes projetos.</i>
<b>Selecionar tipo de gráfico de controle</b> <i>Envolve determinar as características das medidas (escala, tipo e distribuição), selecionar o tipo de gráfico apropriado e documentar o raciocínio da tomada de decisão.</i>
<b>Construir gráfico de controle</b> <i>Envolve calcular os limites de controle (central, inferior e superior) e plotar o gráfico.</i>
<b>Aplicar testes de estabilidade e tendências</b> <i>Envolve aplicar os testes de estabilidade (run tests) e testes para identificar padrões de acordo com o tipo de gráfico selecionado.</i>
<b>Identificar e realizar ações corretivas para estabilizar processo (se necessário)</b> <i>Envolve analisar as informações de contexto, identificar as possíveis causas de instabilidade, identificar e implantar ações corretivas.</i>
<b>Confirmar estabilidade (se pertinente)</b> <i>Envolve verificar a viabilidade de analisar as medidas a partir de outro tipo de gráfico; se for viável, volta-se ao início da etapa “Verificar Estabilidade”.</i>
<b>Estabelecer baseline de desempenho</b> <i>Envolve armazenar as informações (limites e medidas) na base de medidas, após a confirmação da estabilidade do subprocesso.</i>
<b>Verificar Capacidade</b>
<b>Determinar capacidade</b> <i>Envolve selecionar a técnica mais apropriada e determinar a capacidade do subprocesso.</i>
<b>Comparar capacidade com objetivos quantitativos de qualidade e desempenho</b>
<b>Identificar e realizar ações corretivas para tornar o processo capaz (se necessário)</b> <i>Envolve analisar possíveis ações corretivas, selecionar a solução mais adequada de acordo com o contexto e implantar a solução.</i>
<b>Estabelecer Modelos de Desempenho</b>
<b>Identificar variável dependente (Y)</b>
<b>Identificar possíveis variáveis independentes (x)</b>
<b>Selecionar método de análise apropriado de acordo com o tipo das variáveis envolvidas</b>
<b>Desenvolver a equação de regressão, modelo probabilístico ou simulação</b> <i>Envolve selecionar a técnica mais apropriada para verificar correlação entre as variáveis e estabelecer o modelo de desempenho.</i>
<b>Calibrar e testar o modelo</b>
<b>Monitorar Estabilidade</b>
<b>Atualizar gráfico de controle com novos dados coletados</b>
<b>Verificar necessidade de recalcular baseline de desempenho</b>
<b>Aplicar testes de estabilidade</b>
<b>Confirmar estabilidade</b>
<b>Monitorar Capacidade</b>
<b>Monitorar Estabilidade (etapa)</b> <i>Envolve executar todas as atividades da etapa “Monitorar Estabilidade”.</i>
<b>Verificar Capacidade (etapa)</b> <i>Envolve executar todas as atividades da etapa “Verificar Capacidade”.</i>

#### 4.2.1 *Survey* para avaliação do processo

Uma vez que a identificação destas atividades do processo para ADP foi realizada a partir da revisão da literatura, verificou-se a necessidade de avaliar estes achados da literatura com especialistas no assunto.

Desta forma, um *survey* (ou pesquisa de opinião) foi planejado e executado, a fim de avaliar esta versão do processo proposto para ADP. Este *survey* foi planejado e conduzido seguindo o processo proposto por KITCHENHAM e PFLEEGER (2008) e MENDONÇA (2005). Segundo este processo, o *survey* deve ser aplicado seguindo as seguintes atividades: (i) definição do objetivo; (ii) planejamento; (iii) projeto de instrumento; (iv) execução; e (v) análise dos dados. Esta seção tem o objetivo de apresentar os principais resultados obtidos com a realização do *survey*; a descrição completa do planejamento e da análise dos resultados é apresentada no Apêndice II.

O objetivo da execução deste *survey* foi avaliar se as atividades identificadas são adequadas e necessárias para executar a ADP em uma organização de desenvolvimento de software de acordo com a percepção de especialistas na área. A avaliação de cada atividade foi realizada com relação aos seguintes aspectos:

- Grau de dificuldade que as organizações possuem ao executar a atividade; e
- Grau de importância de se ter um apoio de um especialista para executar a atividade.

A partir desta avaliação, almejava-se verificar se as atividades apresentadas eram, de fato, adequadas e necessárias para a execução da ADP de software e em que grau de importância era necessário ter o apoio de um especialista. Posteriormente, esta avaliação daria subsídios para a identificação de requisitos para uma solução que auxilie as organizações de desenvolvimento de software nestas atividades.

A descrição do objetivo deste estudo segundo a abordagem GQM (BASILI e ROMBACH, 1988) encontra-se na Tabela 4.2.

**Tabela 4.2** – Descrição do objetivo do estudo (*survey*)

<b>Analisar</b>	Um conjunto inicial de atividades necessárias para executar a ADP de software
<b>Com propósito de</b>	Caracterizar as atividades, sua sequência e dependências
<b>Com respeito ao</b>	Grau de dificuldade de execução e grau de importância do apoio de um especialista
<b>Do ponto de vista de</b>	Especialistas em ADP de software
<b>No contexto de</b>	Organizações de desenvolvimento de software

A partir da definição do objetivo do *survey*, foi possível formular as questões a serem respondidas pelo estudo, a saber:

- (Q1) Quais são as atividades necessárias para executar a ADP de software?
- (Q2) Qual o grau de dificuldade que organizações de desenvolvimento de software possuem ao executar as atividades da ADP?
- (Q3) Qual o grau de importância do apoio de um especialista durante a execução das atividades da ADP de software?
- (Q4) Qual a sequência das atividades da ADP de software?
- (Q5) Qual a dependência entre as atividades da ADP de software?

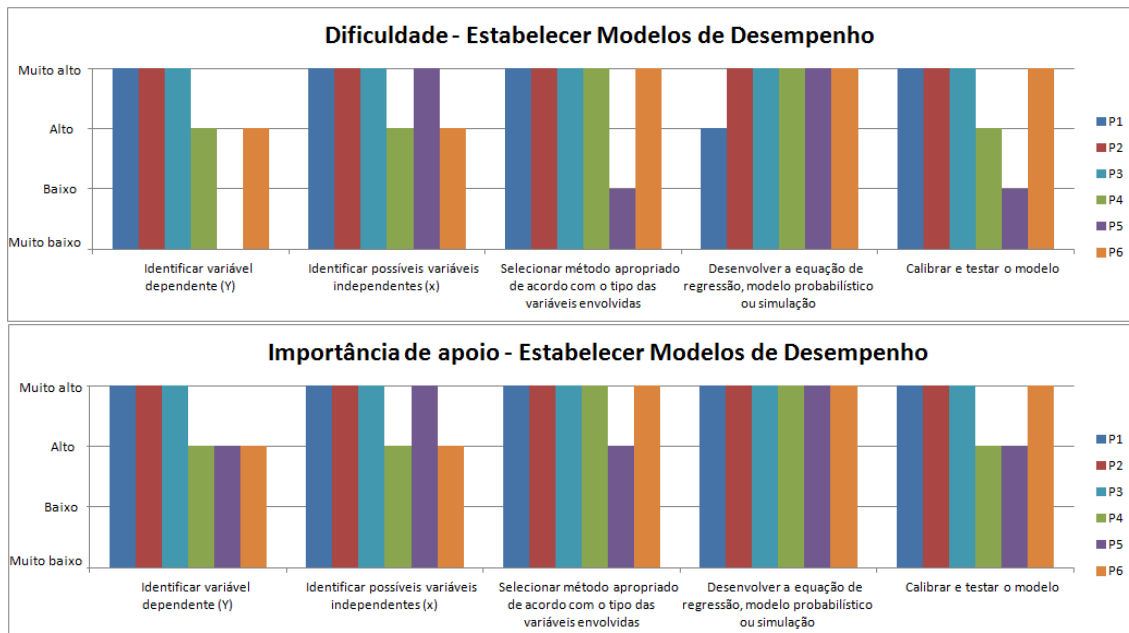
A seleção dos participantes foi baseada em princípios não probabilísticos, sendo a população alvo do estudo determinada por conveniência. Os participantes foram selecionados a partir de sua experiência em ADP de software. No contexto brasileiro, há poucas pessoas com esta experiência; portanto, o número de participantes neste estudo é conhecidamente reduzido. Como a ADP é, geralmente, implementada por organizações que desejam atingir a alta maturidade em modelos de maturidade, e no contexto brasileiro, o modelo MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a) é referência, os seguintes critérios foram adotados para identificar os participantes do estudo:

- Avaliadores do MR-MPS-SW experientes;
- Avaliadores do MR-MPS-SW intermediários aptos a avaliarem níveis de alta maturidade;
- Implementadores de organizações que possuem (ou que estão se preparando para) o nível A ou B do MR-MPS-SW;
- Membros dos grupos de processos das organizações que possuem (ou que estão se preparando para) o nível A ou B do MR-MPS-SW.

A partir destes critérios foram identificados 10 possíveis participantes. O questionário do *survey* (apresentado no Apêndice II) foi enviado por e-mail para estes participantes requisitando seu preenchimento. Dos 10 possíveis participantes, 5 responderam o questionário, sendo 3 avaliadores/implementadores do MR-MPS-SW e 2 profissionais da indústria. Apesar do número reduzido de participantes, como a população-alvo é reduzida, considerou-se que o estudo obteve respostas de um grupo representativo da população. Após o envio do questionário preenchido pelos participantes, as respostas foram catalogadas e analisadas.

Com relação à questão Q1 (*Quais são as atividades necessárias para executar a ADP de software?*), dois dos participantes disseram que consideram as atividades apresentadas adequadas, não sendo necessária nenhuma alteração; um dos participantes não opinou; e três participantes forneceram sugestões para a alteração das atividades apresentadas ou para a inclusão de novas atividades. As principais sugestões foram: (i) detalhar mais as atividades, auxiliando a organização a identificar o que é importante e quais são os benefícios para ela; (ii) alterar a atividade “Selecionar subprocessos críticos” para incluir a identificação de indicadores críticos; e (iii) detalhar mais as atividades referentes à etapa “Verificar capacidade”.

Com relação às questões Q2 (*Qual o grau de dificuldade que organizações de desenvolvimento de software possuem ao executar as atividades da ADP?*) e Q3 (*Qual o grau de importância do apoio de um especialista durante a execução das atividades da ADP de software?*), foram gerados gráficos de barras resumindo as respostas dos participantes. Um exemplo de gráfico gerado para esta análise é ilustrado na Figura 4.2, apresentado as respostas obtidas para as atividades da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho”. Tanto o grau de dificuldade como o grau de importância foram avaliados seguindo uma escala de Likert, variando entre 0 (muito baixo) a 3 (muito alto).



**Figura 4.2** – Grau de dificuldade e grau de importância de apoio para a etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho”

Inicialmente, antes da análise das respostas, havia a hipótese de que quanto maior o nível de dificuldade percebido nas organizações ao executar uma atividade, maior seria a importância do apoio de um especialista para auxiliar a execução desta

atividade. No entanto, como pôde ser verificado na análise dos gráficos, este relacionamento não é sempre verdadeiro. Pode-se deduzir que, além da falta de conhecimento para executar as atividades, as organizações parecem carecer de outros recursos, tais como: ferramentas apropriadas, incentivo e apoio por parte da alta direção, dados que permitam a execução da atividade, dentre outros. No entanto, a partir dos resultados deste *survey*, não é possível fazer tais afirmações. Neste caso, são necessárias novas pesquisas para verificar estes indícios e estabelecer relacionamentos confiáveis.

Com relação a estas questões, não houve um consenso entre os participantes quanto ao grau de dificuldade e grau de importância de apoio. Houve a tentativa de avaliar as respostas separando os participantes entre avaliadores/implementadores do MR-MPS-SW e profissionais da indústria, mas também não houve consenso geral entre os participantes de cada grupo. Mesmo assim, foi possível observar uma tendência dos participantes considerarem as atividades da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho” com alto grau de dificuldade e alto grau de importância de apoio, enquanto as atividades das etapas “Monitorar Estabilidade” e “Monitorar Capacidade” como possuindo baixo grau de dificuldade e baixo grau de importância. Uma discussão mais completa sobre as respostas obtidas é apresentada no Apêndice II.

Com relação às questões Q4 (*Qual a sequência das atividades da ADP de software?*) e Q5 (*Qual a dependência entre as atividades da ADP de software?*), todos os participantes opinaram e sugeriram alguma alteração na sequência das atividades ou na dependência entre as atividades sugeridas. Algumas destas sugestões são: (i) apresentar com maior clareza a dependência entre as etapas “Preparar para Análise de Desempenho”, “Verificar Estabilidade” e “Estabelecer Modelos de Desempenho”; (ii) verificar o paralelismo sugerido entre as etapas “Monitorar Estabilidade” e “Estabelecer Modelos de Desempenho”; e (iii) deixar explícita a decisão de construir um modelo de desempenho.

### **4.3 Evolução do processo para ADP**

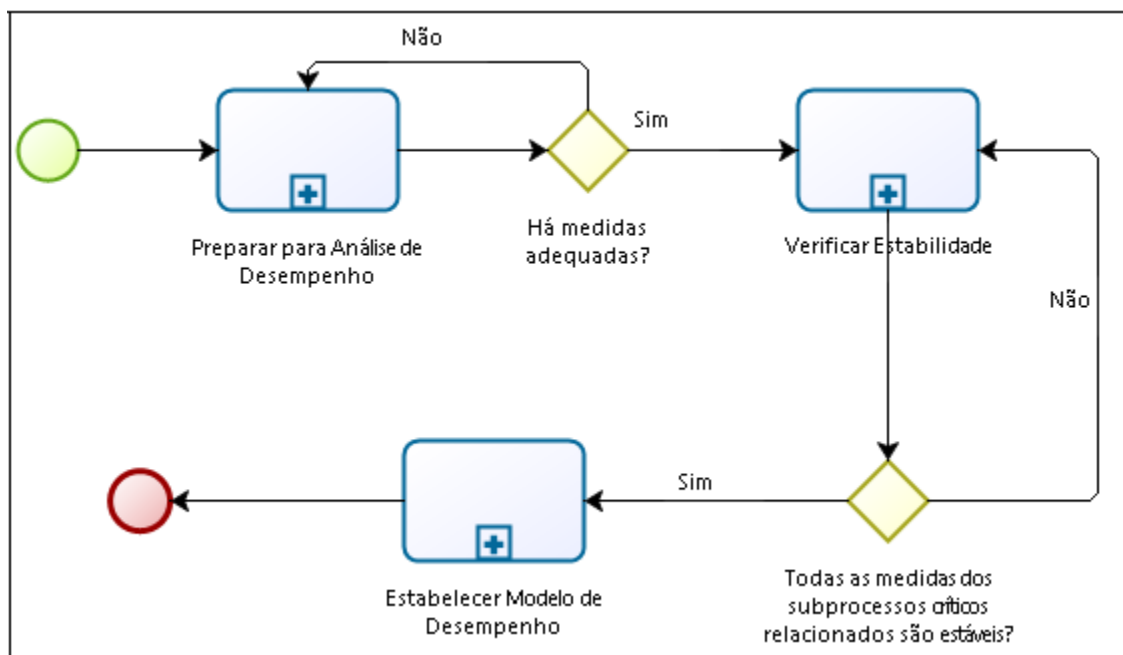
A partir do resultado do *survey* e do amadurecimento da pesquisa, verificou-se a necessidade de limitar a abrangência do processo proposto inicialmente, focando nas atividades consideradas mais essenciais para a ADP. Baseando-se na opinião dos especialistas obtida por meio do *survey*, foi possível confirmar a necessidade de apoio básico para todas as etapas da ADP; no entanto, foi possível verificar que as atividades da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho” são as mais difíceis de serem



realizadas e, portanto, precisam de um apoio maior. Desta forma, optou-se por limitar o processo proposto a apoiar as atividades de seleção dos subprocessos críticos da organização, avaliação das medidas adequadas, verificação da estabilidade destas medidas e, por fim, o estabelecimento do modelo de desempenho.

Além disto, verificou-se que as etapas “Monitorar estabilidade” e “Monitorar capacidade” (sugeridas na primeira versão do processo) estariam no escopo da gerência quantitativa dos projetos, ou seja, estas etapas só poderiam ser executadas após novas coletas das medidas envolvidas. Sendo assim, optou-se por não incluir estas etapas no escopo desta tese.

A versão atualizada do processo proposto para ADP é composta por três etapas, apresentadas na Figura 4.3.



**Figura 4.3** – Etapas do processo para ADP

A primeira etapa, “Preparar para Análise de Desempenho”, visa identificar os subprocessos críticos da organização baseando-se nos seus objetivos estratégicos e nos seus problemas críticos. Ainda nesta etapa, as medidas dos subprocessos críticos são avaliadas quanto à sua adequação para a ADP. Se houver medidas adequadas, a próxima etapa deve ser executada para cada medida considerada adequada; caso não haja medidas adequadas, a organização deve realizar planos de ação a fim de definir e/ou coletar medidas que possam ser analisadas futuramente. Ainda nesta etapa é realizada a identificação de relacionamentos entre as medidas dos subprocessos críticos, a fim de identificar as variáveis que podem estar envolvidas na construção de modelos de desempenho.

A execução da etapa seguinte, “Verificar Estabilidade”, tem o objetivo de construir gráficos de controle apropriados para a medida que está sendo analisada, a fim de verificar sua estabilidade. Esta etapa deve ser executada a partir da seleção de um subprocesso crítico e de uma medida adequada para a ADP, até que sejam analisadas todas as medidas anteriormente identificadas como adequadas e que estejam relacionadas aos subprocessos críticos.

Após a verificação da estabilidade de um conjunto de medidas cujos subprocessos críticos estão relacionados, a etapa “Estabelecer Modelo de Desempenho” é executada. Nesta, busca-se definir um modelo de desempenho confiável utilizando as medidas selecionadas e verificadas nas etapas anteriores.

#### **4.3.1 Revisão por pares do processo**

Após a definição detalhada do processo para ADP, uma revisão por pares foi conduzida com o objetivo de verificar (i) se a descrição do processo está clara e adequada, (ii) se as atividades e tarefas são suficientes e necessárias para a ADP, e (iii) se a sequência das atividades está adequada.

A técnica de revisão por pares consiste na revisão estática de algum artefato realizada por meio de critérios objetivos e executada por uma pessoa que possua conhecimento sobre o conteúdo a ser revisado (LAITENBERGER *et al.*, 2002).

Um *checklist* de avaliação contendo critérios para avaliar o processo de ADP foi elaborado a partir da adaptação do *checklist* proposto por BARRETO (2011) para avaliar linhas e componentes de processo. Neste *checklist*, há critérios relacionados à descrição das etapas, atividades e tarefas, e relacionados à sequência entre elas. O *checklist* completo utilizado para a revisão por pares é apresentado no Apêndice III.

A seleção dos revisores foi realizada a partir de uma amostragem baseada em conveniência (disponibilidade para realizar a revisão) e a partir do critério de que os revisores deveriam ter conhecimento sobre ADP. Dois pesquisadores foram selecionados: um deles é avaliador intermediário do MR-MPS-SW apto a avaliar os níveis A ou B, e o outro revisor possui doutorado na área da ADP de software. Ambos participaram do *survey* aplicado para avaliar a primeira versão do processo.

Um e-mail foi enviado para estes pesquisadores solicitando sua participação na revisão por pares do processo, juntamente com o processo e o *checklist* de avaliação, no qual os comentários dos revisores deveriam ser registrados. Além do processo, foram enviados os modelos de documentos e os itens de conhecimento somente para auxiliar o

entendimento do processo, caso fosse necessário; no entanto, estes artefatos não fizeram parte do escopo desta revisão.

Os revisores enviaram suas considerações, totalizando 26 sugestões de melhoria consideradas pertinentes, e 27 comentários relacionados a dúvidas ou sugestões de melhoria que foram consideradas fora do escopo desta tese. Todas as sugestões de melhoria que foram consideradas pertinentes para o escopo da tese foram incorporadas no processo.

Estas sugestões de melhoria realizadas para a evolução do processo incluíram: (i) alterações no nome de algumas tarefas; (ii) detalhamento na descrição de algumas tarefas, a fim de melhorar o entendimento sobre o objetivo da tarefa e sua dependência com as demais tarefas; (iii) inclusão de artefatos requeridos que eram necessários para a correta execução de algumas tarefas; (iv) correção do fluxo de tarefas apresentado na figura da etapa “Preparar para Análise de Desempenho”; (v) mudança no nome de alguns artefatos gerados; (vi) melhoria na descrição do critério de entrada de algumas tarefas; e (vii) criação da atividade “Avaliar modelo de desempenho” e da tarefa “Avaliar assertividade do modelo de desempenho”, a fim de explicitar a necessidade de avaliação do modelo de desempenho quanto a sua assertividade.

#### **4.4 Descrição do processo para ADP**

A partir das melhorias indicadas pelos especialistas na revisão por pares, a descrição do processo foi revisada e é apresentada nesta seção.

A descrição do processo segue as diretrizes da ISO/IEC 24774 (ISO/IEC, 2010), que define um processo como um conjunto de atividades inter-relacionadas; uma atividade, por sua vez, é definida como um conjunto de tarefas que são executadas para atingir o objetivo do processo; e, por fim, uma tarefa é definida como ações específicas para a realização de uma atividade.

Cada tarefa do processo é descrita a partir do *template* apresentado na Tabela 4.3. Este *template* foi adaptado a partir do *template* padrão definido pelo grupo de Qualidade de Software da COPPE/UFRJ e utilizado desde 1990 para definição de processos.

Cada etapa do processo é apresentada em uma subseção a seguir, juntamente com o conjunto de atividades correspondentes a cada etapa. Cada tarefa pertencente a uma atividade é descrita por meio de tabelas, tendo como base os itens apresentados na

Tabela 4.3. Os modelos de documentos citados no decorrer do processo são apresentados no Apêndice IV.

**Tabela 4.3 – Template padrão para definição das tarefas**

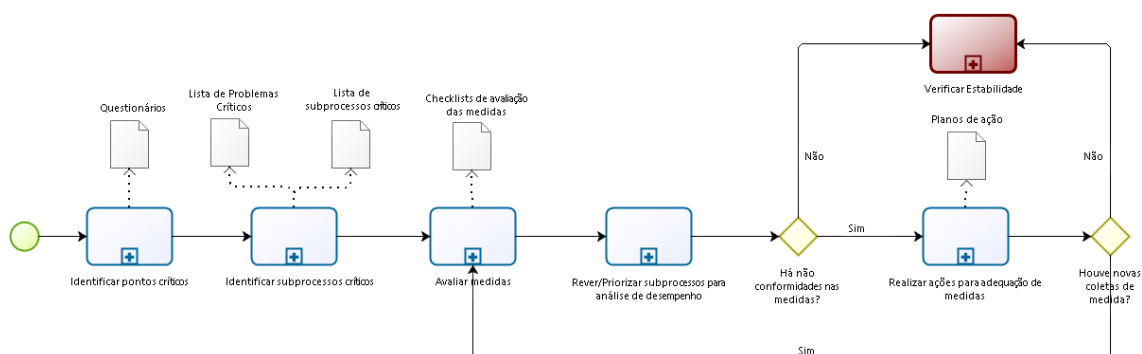
<b>Tarefa:</b>	<i>[Nome da tarefa]</i>
Descrição:	<i>[Descrição da tarefa, apresentando seu propósito]</i>
Pré-tarefa:	<i>[Tarefa que deve ser realizada anteriormente]</i>
Critério de entrada:	<i>[Condições que devem ser satisfeitas antes da execução da tarefa]</i>
Critério de saída:	<i>[Condições que devem ser satisfeitas para a tarefa ser considerada concluída]</i>
Responsáveis:	<i>[Indivíduo ou grupo responsável direto pela execução da tarefa]</i>
Participantes:	<i>[Indivíduo ou grupo que está envolvido na execução da tarefa]</i>
Produtos requeridos:	<i>[Conjunto de artefatos ou resultados necessários para a execução da tarefa]</i>
Produtos gerados:	<i>[Conjunto de artefatos ou resultados criados/modificados com a execução da tarefa]</i>
Conhecimento:	<i>[Itens de conhecimento do repositório de conhecimento que estão vinculados à tarefa]</i>
Ferramentas:	<i>[Ferramental que apoia a execução da tarefa]</i>
Pós-tarefa:	<i>[Tarefa que será realizada a seguir]</i>

#### 4.4.1 Etapa “Preparar para Análise de Desempenho”

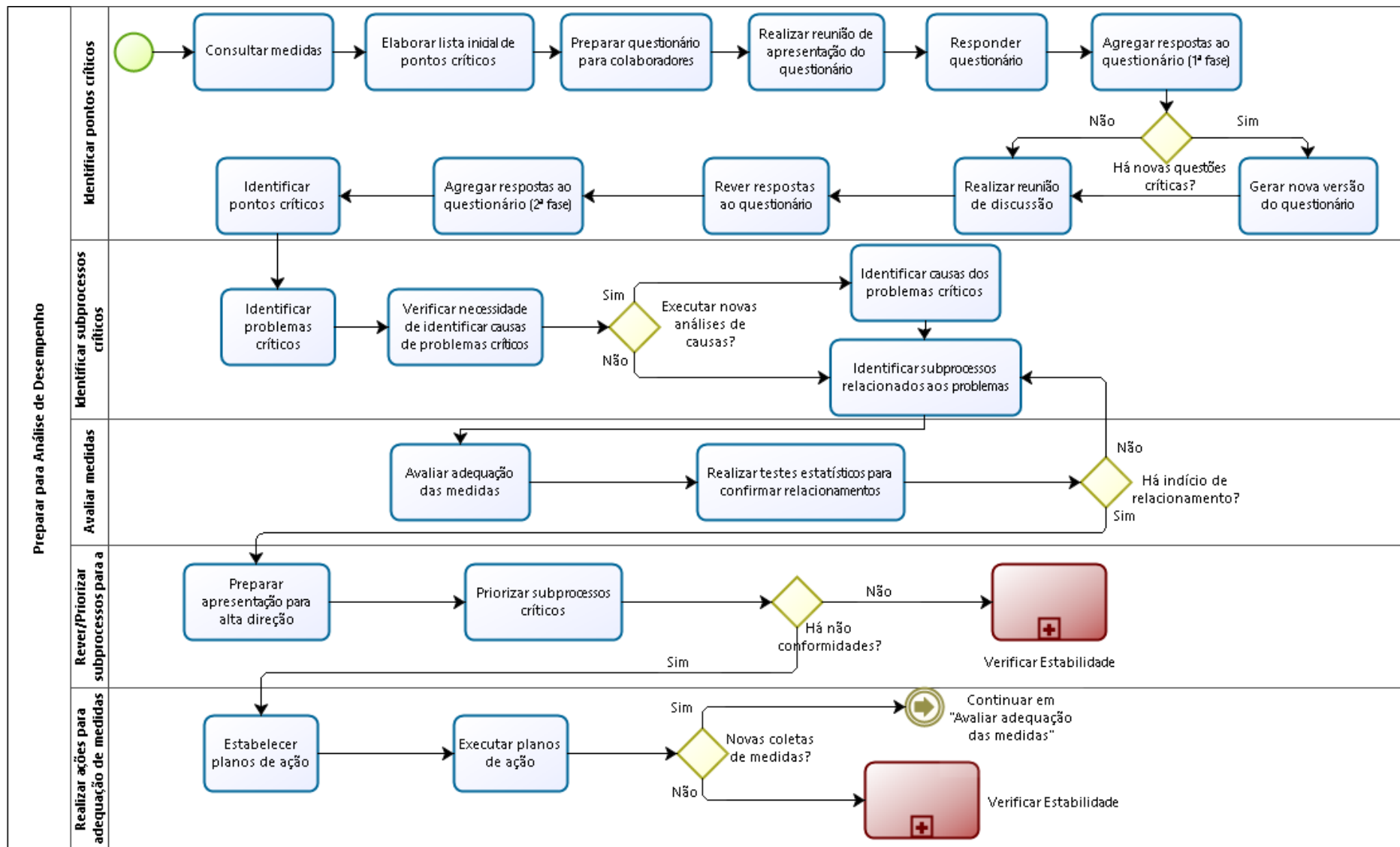
Esta etapa visa identificar os subprocessos críticos da unidade organizacional, de acordo com seus objetivos estratégicos e problemas críticos, além de identificar as medidas destes subprocessos que sejam adequadas para a realização da ADP.

A execução das tarefas desta etapa possui o apoio da FAAD (Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho) integrada ao ambiente SPEAKER.

Esta etapa é composta por cinco atividades: “Identificar pontos críticos”, “Identificar subprocessos críticos”, “Avaliar medidas”, “Rever/Priorizar subprocessos para análise de desempenho” e “Realizar ações para adequação de medidas”. O relacionamento entre estas atividades é apresentado na Figura 4.4, enquanto o relacionamento no nível de tarefas é apresentado na Figura 4.5.



**Figura 4.4 – Atividades de “Preparar para Análise de Desempenho”**



**Figura 4.5 – Tarefas de “Preparar para Análise de Desempenho”**

A identificação dos subprocessos críticos para a ADP proposta nesta etapa leva em consideração: (i) o conceito de subprocesso apresentado na Seção 2.2.1, isto é, um conjunto de atividades/tarefas de um processo que entrega um resultado bem definido; (ii) os objetivos estratégicos da organização, que são representados pelos problemas críticos que os afetam; (iii) a opinião de colaboradores da unidade organizacional; e (iv) a identificação de relacionamentos entre as medidas dos subprocessos críticos, a fim de identificar as variáveis que podem estar envolvidas na construção de modelos de desempenho.

As atividades que compõem esta etapa e suas respectivas tarefas são apresentadas a seguir.

#### **4.4.1.1 Atividade “Identificar pontos críticos”**

Esta atividade tem o objetivo de identificar quais pontos são críticos para a unidade organizacional sob a ótica dos colaboradores. Estes pontos são identificados a partir dos objetivos estratégicos e são a base para a identificação dos problemas críticos da unidade organizacional.

Neste contexto, um “ponto crítico” é um resultado que com frequência afeta negativamente a unidade organizacional, seja em termos de seus objetivos estratégicos, na satisfação de seus clientes e/ou no sucesso do seu negócio.

A identificação dos pontos críticos é realizada levando em consideração a opinião de colaboradores da unidade organizacional. Com o objetivo de chegar a uma aproximação entre as respostas dos colaboradores, adotou-se uma adaptação da técnica Wideband Delphi (BOEHM, 1981). A adaptação da técnica pode ser resumida nos seguintes passos, que são realizados nas tarefas do processo apresentadas entre parênteses: (i) Reunião de *kickoff* (Realizar reunião de apresentação da consulta); (ii) Obtenção das respostas (Aplicar questionário); (iii) Análise das respostas (Analisar respostas ao questionário – 1ª fase); (iv) Discussão das respostas compiladas (Realizar reunião de discussão); (v) Obtenção de novas respostas (Rever respostas ao questionário); e (vi) Reavaliação das respostas (Agregar respostas ao questionário – 2ª fase)

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Consultar medidas</b>
Descrição:	<p>Nesta tarefa, o grupo de processos deve consultar e, se necessário, organizar as medidas disponíveis da unidade organizacional, preparando-as para que seja possível analisá-las e identificar os pontos críticos da organização.</p> <p>Para que seja possível analisar adequadamente as medidas, é necessário que resultados das coletas realizadas possam ser visualizados em um mesmo local, a fim de avaliar a disposição das medidas ao longo do tempo. Para garantir isto, esta tarefa visa verificar se os dados de medidas podem ser acessados e analisados conjuntamente.</p> <p>Caso as medidas estejam armazenadas de forma que não seja possível acessá-las e visualizá-las em conjunto, deve-se, também nesta tarefa, organizá-las em uma planilha, cujo modelo é disponibilizado na ferramenta FAAD. Cada medida deve ser armazenada em uma planilha.</p>
Pré-tarefa:	-
Critério de entrada:	Ter-se decidido iniciar a análise de desempenho de processos
Critério de saída:	Ter-se garantido que as medidas possam ser analisadas conjuntamente em um mesmo local
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Plano de Medição (para verificar forma de armazenamento); Dados de coleta; Modelo (Planilha de Medidas) (se pertinente)
Produtos gerados:	Planilhas de Medidas (abas “Informações de contexto” e “Coletas”) (se pertinente)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de texto, FAAD
Pós-tarefa:	Elaborar lista inicial de pontos críticos

<b>Tarefa:</b>	<b>Elaborar lista inicial de pontos críticos</b>
Descrição:	<p>Esta tarefa tem o objetivo de realizar uma identificação inicial de pontos críticos relacionados a produtos e processos de software da unidade organizacional.</p> <p>Para identificar a lista inicial de pontos críticos, pode-se: (i) analisar os dados de medição da unidade organizacional; (ii) analisar outros documentos organizacionais ou de projetos, tais como: relatórios de monitoração de projetos (para auxiliar na identificação de problemas recorrentes nos projetos), relatórios de análise <i>post mortem</i> dos projetos, relatórios de monitoração de portfólio e relatórios de avaliações MPS-SW/CMMI-DEV; e/ou (iii) realizar uma reunião de discussão entre o grupo de processos.</p> <p>As informações apresentadas nestes documentos devem ser confrontadas com os objetivos estratégicos da unidade organizacional, a fim de identificar o que é crítico para a organização.</p>
Pré-tarefa:	Consultar medidas
Critério de entrada:	Ter-se garantido que as medidas possam ser analisadas

	conjuntamente em um mesmo local
Critério de saída:	Ter-se identificado uma lista inicial de pontos críticos da unidade organizacional
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Objetivos estratégicos da unidade organizacional; Planilhas de Medidas (se pertinente); Relatórios de Monitoração de projetos (opcional); Relatório de Análise de <i>Post mortem</i> de projetos (opcional); Relatórios de Monitoração de Portfólio (opcional); Relatórios de Avaliações MPS-SW/CMMI-DEV (opcional)
Produtos gerados:	Lista inicial de pontos críticos
Conhecimento:	IC.1 – Análise de documentos
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de texto, FAAD
Pós-tarefa:	Preparar questionário para colaboradores

<b>Tarefa:</b>	<b>Preparar questionário para colaboradores</b>
Descrição:	<p>O objetivo desta tarefa é preparar o questionário para identificação de pontos críticos junto aos colaboradores a partir do modelo disponibilizado na ferramenta FAAD, adaptando-o ao contexto organizacional, a partir da inclusão dos objetivos estratégicos e da lista inicial de pontos críticos elaborada na tarefa anterior.</p> <p>Nesta tarefa, o grupo de processos também deve preparar o material a ser apresentado aos colaboradores sobre o questionário e o método de aplicação.</p>
Pré-tarefa:	Elaborar lista inicial de pontos críticos
Critério de entrada:	Ter-se identificado uma lista inicial dos pontos críticos da unidade organizacional
Critério de saída:	Ter-se elaborado o questionário para identificação de pontos críticos e ter-se preparado apresentação para reunião com colaboradores
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Objetivos estratégicos da unidade organizacional; Lista inicial de pontos críticos; Modelo (Questionário para Identificação de Pontos Críticos); Modelo (Apresentação do Questionário e da Técnica Wideband Delphi)
Produtos gerados:	Questionário para Identificação de Pontos Críticos; Apresentação do Questionário e da Técnica Wideband Delphi
Conhecimento:	IC.2 – Técnica Wideband Delphi
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de apresentação, FAAD
Pós-tarefa:	Realizar reunião de apresentação do questionário
<b>Tarefa:</b>	<b>Realizar reunião de apresentação do questionário</b>
Descrição:	<p>O grupo de processos convoca uma reunião com os colaboradores que devem participar da identificação de pontos críticos.</p> <p>Os respondentes devem ser, pelo menos, os colaboradores da unidade organizacional que desempenham as seguintes funções: gerente de projeto, gerente comercial, gerente de</p>



	<p>portfólio, garantia da qualidade e medição.</p> <p>Nesta reunião, o grupo de processos deve apresentar o objetivo da consulta e o questionário. Sobre o preenchimento do questionário, deve-se frisar que os colaboradores podem adicionar novos pontos críticos, se acharem pertinente.</p> <p>Também deve ser apresentado o método a ser utilizado, de acordo com as diretrizes da técnica Wideband Delphi. Deve-se enfatizar que as respostas ao questionário devem ser individuais e anônimas.</p>
Pré-tarefa:	Preparar questionário para colaboradores
Critério de entrada:	Ter-se elaborado o questionário para identificação de pontos críticos e ter-se preparado apresentação para reunião com colaboradores
Critério de saída:	Ter-se apresentado o objetivo da consulta, o questionário e o método de aplicação do questionário aos colaboradores
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Colaboradores convocados, Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Apresentação do Questionário e da Técnica Wideband Delphi; Questionário para Identificação de Pontos Críticos
Produtos gerados:	Lista de presença
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Editor de apresentação, FAAD
Pós-tarefa:	Responder questionário

<b>Tarefa:</b>	<b>Responder questionário</b>
Descrição:	<p>O grupo de processos envia o questionário por e-mail aos colaboradores que devem preenchê-lo visando identificar os pontos críticos de acordo com sua percepção.</p> <p>Além disto, se acharem necessário, os respondentes podem adicionar novos pontos críticos ao questionário.</p> <p>O questionário deve ser respondido de forma individual e anônima seguindo as diretrizes da técnica Wideband Delphi.</p>
Pré-tarefa:	Realizar reunião de apresentação do questionário
Critério de entrada:	Ter-se apresentado o objetivo da consulta, o questionário e o método de aplicação do questionário aos colaboradores
Critério de saída:	Ter-se questionários preenchidos e enviados ao grupo de processos pelos respondentes em número significativo
Responsáveis:	Respondentes
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Questionário para Identificação de Pontos Críticos;
Produtos gerados:	Questionários para Identificação de Pontos Críticos preenchidos
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Agregar respostas ao questionário (1ª fase)

<b>Tarefa:</b>	<b>Agregar respostas ao questionário (1ª fase)</b>
Descrição:	<p>O grupo de processos compila as respostas obtidas utilizando o modelo de documento disponibilizado na ferramenta FAAD.</p> <p>Para se ter um resultado significativo, deve-se calcular o número de respondentes efetivos a partir do número de colaboradores convocados. Este cálculo leva em consideração o nível de confiança pretendido e é realizado a partir do modelo disponibilizado.</p> <p>A partir da compilação das respostas, gráficos que permitem a comparação das respostas são gerados automaticamente. Estes gráficos devem ser enviados individualmente por e-mail para todos os respondentes a fim de que possam avaliar sua resposta em comparação com as respostas dos demais respondentes e analisarem possíveis discrepâncias. Para isto, o grupo de processos deve sinalizar ao respondente sua resposta dentre as respostas apresentadas nos gráficos.</p> <p>O grupo de processos deve, ainda, elaborar uma apresentação com os gráficos gerados no modelo para a reunião de discussão com todos os respondentes. Caso os respondentes tenham acrescentado novos pontos críticos ao questionário, o grupo de processos deverá incluí-los na apresentação.</p>
Pré-tarefa:	Responder questionário
Critério de entrada:	Ter-se questionários preenchidos e enviados ao grupo de processos pelos respondentes em número significativo
Critério de saída:	Ter-se compilado as respostas obtidas, enviado os gráficos para os respondentes e elaborado a apresentação para a reunião de discussão com os respondentes
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Questionários para Identificação de Pontos Críticos preenchidos; Modelo (Análise dos Questionários)
Produtos gerados:	Análise dos Questionários (abas “Cálculo do número de respondentes”, “Agregação-1ª fase” e “Gráficos-1ª fase”); Apresentação com os gráficos
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de apresentação, FAAD
Pós-tarefa:	Gerar nova versão do questionário (se novos pontos críticos foram acrescentados pelos respondentes) ou Realizar reunião de discussão (se não houve novos pontos críticos)

<b>Tarefa:</b>	<b>Gerar nova versão do questionário</b>
Descrição:	Caso os respondentes tenham acrescentado novos pontos críticos ao questionário, o grupo de processos deve gerar uma nova versão do questionário acrescentando estes pontos.
Pré-tarefa:	Agregar respostas ao questionário (1ª fase)
Critério de entrada:	Ter-se compilado as respostas obtidas e verificado novos pontos críticos incluídos pelos respondentes
Critério de saída:	Ter-se nova versão do questionário com os pontos críticos acrescentados pelos respondentes

Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Questionário para Identificação de Pontos Críticos
Produtos gerados:	Questionário para Identificação de Pontos Críticos (para 2ª fase)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Realizar reunião de discussão

<b>Tarefa:</b>	<b>Realizar reunião de discussão</b>
Descrição:	<p>Nesta etapa da técnica Wideband Delphi, o grupo de processos conduz uma reunião com todos os colaboradores que responderam o questionário, a fim de apresentar as respostas obtidas e permitir uma discussão, principalmente sobre as respostas discrepantes.</p> <p>O objetivo desta reunião é permitir que os respondentes discutam sobre suas percepções sobre os pontos críticos da unidade organizacional, principalmente quando há discrepâncias de opinião. A discussão não pode significar perda do anonimato das respostas.</p> <p>Após o final da reunião, o grupo de processos deve enviar a versão adequada do questionário aos participantes: a versão original (caso nenhum novo ponto crítico tenha sido acrescentado) ou a nova versão do questionário (com os novos pontos críticos acrescentados pelos respondentes).</p>
Pré-tarefa:	Agregar respostas ao questionário (1ª fase) ou Gerar nova versão do questionário
Critério de entrada:	Ter-se compilado as respostas obtidas, enviado os gráficos para os respondentes e elaborado a apresentação para a reunião de discussão com os respondentes
Critério de saída:	Ter-se apresentado e discutido sobre as respostas obtidas com todos os respondentes do questionário, e ter-se enviado aos respondentes o questionário para obtenção das respostas revisadas
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Respondentes, Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Apresentação com os gráficos das respostas compiladas
Produtos gerados:	-
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Editor de apresentação, FAAD
Pós-tarefa:	Rever respostas ao questionário

<b>Tarefa:</b>	<b>Rever respostas ao questionário</b>
Descrição:	<p>Individualmente e anonimamente, cada respondente deve avaliar sua resposta inicial, levando em consideração as respostas dos demais respondentes e o que foi discutido na reunião. A partir desta avaliação, o respondente deve registrar sua nova resposta no questionário enviado pelo grupo de</p>

	<p>processo. Esta nova resposta pode ser a mesma resposta fornecida na 1ª fase ou não.</p> <p>Se no questionário houver algum novo ponto crítico adicionado, o respondente deve preencher sua opinião sobre este ponto.</p>
Pré-tarefa:	Realizar reunião de discussão
Critério de entrada:	Ter-se apresentado e discutido sobre as respostas obtidas com todos os respondentes do questionário, e ter-se enviado aos respondentes o questionário para obtenção das respostas revisadas
Critério de saída:	Ter-se respondido questionário para a 2ª fase
Responsáveis:	Respondentes
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Questionário para Identificação de Pontos Críticos (para 2ª fase)
Produtos gerados:	Questionários para Identificação de Pontos Críticos (para 2ª fase) preenchidos
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Agregar respostas ao questionário (2ª fase)

<b>Tarefa:</b>	<b>Agregar respostas ao questionário (2ª fase)</b>
Descrição:	<p>O grupo de processos compila as novas respostas obtidas utilizando o modelo de documento disponibilizado na ferramenta FAAD.</p> <p>A partir da compilação das respostas, gráficos que permitam a comparação das respostas são gerados automaticamente.</p> <p>Além dos gráficos, o modelo disponibilizado para esta análise apresenta uma formatação com uma escala de cores para auxiliar na análise das respostas.</p> <p>O grupo de processos deve, ainda, preparar uma apresentação com os gráficos das respostas obtidas na 2ª fase a fim de discutir os resultados na reunião com a alta direção para identificar os problemas críticos.</p>
Pré-tarefa:	Rever respostas ao questionário
Critério de entrada:	Ter-se a versão da 2ª fase do questionário preenchida pelos respondentes
Critério de saída:	Ter-se compilado as novas respostas obtidas e elaborado a apresentação para a reunião com a alta direção
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Questionários para Identificação de Pontos Críticos (para 2ª fase) preenchidos; Análise dos Questionários
Produtos gerados:	Análise dos Questionários (abas “Agregação-2ª fase”, “Gráficos-2ª fase (objetivos)” e “Gráficos-2ª fase (pontos)”); Apresentação para identificação de pontos críticos com a alta direção
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de apresentação, FAAD

Pós-tarefa:	Identificar pontos críticos
-------------	-----------------------------

<b>Tarefa:</b>	<b>Identificar pontos críticos</b>
Descrição:	O grupo de processos conduz uma reunião com a alta direção para identificar os pontos críticos da unidade organizacional a partir das respostas obtidas com os colaboradores que responderam ao questionário. Para isto, o grupo de processos deve apresentar os gráficos gerados com as respostas obtidas na 2ª fase. Durante a reunião, alta direção pode adicionar novos pontos críticos, se achar pertinente. Como resultado desta reunião, tem-se a lista de pontos críticos referendados e priorizados pela alta direção. Esta lista priorizada deve ser registrada no modelo disponibilizado na ferramenta FAAD. A identificação destes pontos críticos é o primeiro passo para a identificação dos subprocessos críticos da unidade organizacional.
Pré-tarefa:	Agregar respostas ao questionário (2ª fase)
Critério de entrada:	Ter-se compilado as novas respostas obtidas e elaborado a apresentação para a reunião com a alta direção
Critério de saída:	Ter-se identificado e priorizado junto à alta direção os pontos críticos da unidade organizacional
Responsáveis:	Grupo de processos, Alta direção
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Apresentação para identificação de pontos críticos com a alta direção; Modelo (Lista de Problemas e Subprocessos Críticos)
Produtos gerados:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (aba “Pontos críticos”)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de apresentação, FAAD
Pós-tarefa:	Identificar problemas críticos

#### **4.4.1.2 Atividade “Identificar subprocessos críticos”**

Esta atividade tem o objetivo de identificar quais subprocessos são críticos para a unidade organizacional e que, portanto, são candidatos a ser objeto da ADP. Esta identificação é feita a partir dos problemas críticos da unidade organizacional. Trata-se de uma identificação preliminar dos subprocessos críticos a ser referendada pela alta direção com o grupo de processos.

A partir da análise de causas de um ponto crítico, são identificados os “problemas críticos” da unidade organizacional, ou seja, problemas concretos que causam um ou mais pontos críticos e que, portanto, precisam ser resolvidos. Um problema crítico ainda pode ser objeto de uma análise de causas, caso não se tenha

informações suficientes sobre ele; uma causa de um problema crítico também é tratada como um problema crítico.

Por meio das sucessivas análises de causas, espera-se obter uma lista de problemas críticos que, de fato, afetam a unidade organizacional, além de estabelecer um relacionamento inicial entre os problemas críticos e, conseqüentemente, entre os subprocessos relacionados aos problemas que serão identificados na atividade seguinte.

Nesta atividade, o grupo de processos também deve verificar se os subprocessos críticos da unidade organizacional possuem medidas adequadas para a ADP.

<b>Tarefa:</b>	<b>Identificar problemas críticos</b>
Descrição:	A partir da identificação dos pontos críticos da unidade organizacional, identificar os problemas que dão origem aos pontos. Esta identificação é feita a partir de uma reunião para análise de causas com os colaboradores que responderam ao questionário. Se necessário, várias reuniões podem ser conduzidas dependendo da quantidade de pontos críticos a serem tratados. Para cada ponto crítico, deve ser gerado um diagrama de Ishikawa a ser elaborado a partir do modelo disponibilizado na ferramenta FAAD. Além disto, para cada ponto crítico, devem ser identificados os principais problemas relativos a este ponto; estes problemas são denominados “problemas críticos” e devem ser registrados no modelo “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos” disponibilizado na ferramenta.
Pré-tarefa:	Identificar pontos críticos
Critério de entrada:	Ter-se identificado e priorizado junto à alta direção os pontos críticos da unidade organizacional
Critério de saída:	Ter-se identificado os principais problemas para cada ponto crítico da unidade organizacional
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Respondentes do questionário, Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos
Produtos gerados:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (abas “Diagrama de Ishikawa – 1º nível” e “Problemas críticos”)
Conhecimento:	IC.3 – Análise de causas
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Verificar necessidade de identificar causas de problemas críticos

<b>Tarefa:</b>	<b>Verificar necessidade de identificar causas de problemas críticos</b>
Descrição:	O grupo de processos revê o diagrama de Ishikawa elaborado para cada ponto crítico, bem como a lista de problemas críticos, e verifica se é necessário realizar outras análises de causas para alguns dos problemas identificados que necessitem de mais

	informações.
Pré-tarefa:	Identificar problemas críticos
Critério de entrada:	Ter-se identificado os principais problemas para cada ponto crítico da unidade organizacional
Critério de saída:	Ter-se verificado a necessidade de executar novas análises de causas
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos
Produtos gerados:	-
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Identificar causas dos problemas críticos (se houver necessidade de novas análises de causas) ou Identificar subprocessos críticos relacionados (se não houver necessidade de novas análises de causas)

<b>Tarefa:</b>	<b>Identificar causas dos problemas críticos</b>
Descrição:	<p>A partir da identificação dos problemas críticos relacionados aos pontos críticos da unidade organizacional, pode ser necessário identificar as causas de um ou mais problemas a fim de obter mais informações.</p> <p>Esta identificação é feita a partir de reunião para análise de causas com os colaboradores da unidade organizacional que estão envolvidos diretamente com o problema crítico que está sendo analisado. Se necessário, várias reuniões podem ser conduzidas dependendo da quantidade de problemas críticos a serem tratados e da sua natureza.</p> <p>Para cada um dos problemas analisados, deve ser gerado um diagrama de Ishikawa.</p> <p>As principais causas de problemas identificadas devem ser acrescentadas à lista dos problemas críticos da unidade organizacional.</p>
Pré-tarefa:	Verificar necessidade de identificar causas de problemas críticos
Critério de entrada:	Ter-se os problemas críticos identificados
Critério de saída:	Ter-se identificado causas de problemas críticos
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Colaboradores que estão envolvidos diretamente com cada problema crítico, Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos
Produtos gerados:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (abas “Diagrama de Ishikawa – 2º nível” e “Problemas críticos”)
Conhecimento:	IC.3 – Análise de causas
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Identificar subprocessos relacionados aos problemas

<b>Tarefa:</b>	<b>Identificar subprocessos relacionados aos problemas</b>
Descrição:	A partir das análises de causas realizadas nas tarefas anteriores, para cada problema crítico da unidade organizacional, o grupo de processos deve identificar o subprocesso diretamente relacionado a este problema, bem como os outros subprocessos relacionados. Estes subprocessos identificados são considerados críticos para a unidade organizacional e, portanto, são candidatos à análise de desempenho. O grupo de processos deve registrar estes subprocessos relacionados aos seus respectivos problemas críticos no modelo da lista de subprocessos críticos disponibilizados na ferramenta FAAD.
Pré-tarefa:	Verificar necessidade de outras análises de causas ou Identificar causas dos problemas críticos
Critério de entrada:	Ter-se identificado os principais problemas críticos da unidade organizacional
Critério de saída:	Ter-se identificado os subprocessos críticos
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Processos de software da unidade organizacional; Lista de Problemas e Subprocessos Críticos
Produtos gerados:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (aba Subprocessos críticos)
Conhecimento:	IC.4 – Subprocessos
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Avaliar adequação das medidas

#### **4.4.1.3 Atividade “Avaliar medidas”**

Esta atividade tem o objetivo de avaliar se as medidas dos subprocessos críticos identificados são adequada para a realização da ADP.

A avaliação das medidas quanto à sua adequabilidade para a ADP é realizada por meio de uma adaptação do *checklist* proposto por (BARCELLOS, 2009), que avalia quatro perspectivas: o plano de medição, a estrutura do repositório de medidas, as medidas (sua definição operacional) e os dados coletados. No escopo deste trabalho, são verificadas somente as duas últimas perspectivas (medidas e dados coletados), pois estes aspectos são cruciais para a ADP.

Nesta atividade, também se inicia a identificação das variáveis que poderão compor os modelos de desempenho, a partir da verificação dos possíveis relacionamentos entre as medidas dos subprocessos críticos identificados durante as análises de causas realizadas anteriormente.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.



<b>Tarefa:</b>	<b>Avaliar adequação das medidas</b>
Descrição:	<p>Para cada subprocesso considerado crítico, o grupo de processos verifica quais medidas relacionadas a estes subprocessos os monitoram/avaliam quanto aos problemas críticos relacionados.</p> <p>O grupo de processos também avalia se estas medidas são adequadas para a realização da análise de desempenho; ou seja, se há valores coletados em quantidade suficiente e se as medidas estão adequadamente definidas e coletadas.</p> <p>Esta avaliação é realizada por meio de um <i>checklist</i> cujo modelo está disponibilizado na ferramenta FAAD. As não conformidades identificadas nesta avaliação são registradas no próprio <i>checklist</i> e, posteriormente, são estabelecidos planos de ação junto à alta direção.</p>
Pré-tarefa:	Identificar subprocessos relacionados aos problemas
Critério de entrada:	Ter-se identificado os subprocessos críticos
Critério de saída:	Medidas dos subprocessos críticos identificadas e avaliadas
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Grupo de medição, Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos; Plano de Medição; Repositório de medidas da unidade organizacional ou Planilha de Medidas (no modelo disponibilizado na ferramenta FAAD); Modelo ( <i>Checklist</i> para Avaliação de Repositório de Medição)
Produtos gerados:	<i>Checklist</i> para Avaliação de Repositório de Medição; Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (aba “Subprocessos críticos”, com coluna de avaliação das medidas preenchida)
Conhecimento:	IC.5 – Avaliação de medidas
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Realizar testes estatísticos para confirmar relacionamentos

<b>Tarefa:</b>	<b>Realizar testes estatísticos para confirmar relacionamentos</b>
Descrição:	<p>Após a avaliação das medidas quanto à sua adequação para a análise de desempenho, deve-se confirmar se há evidências de relacionamento entre as medidas dos subprocessos para os quais há indícios de relacionamentos identificados por meio da observação dos diagramas de análise de causas. Ou seja, espera-se que, ao verificar nos diagramas de análise de causas um relacionamento entre problemas críticos, os subprocessos relacionados a estes problemas também estejam relacionados entre si, e que este relacionamento possa ser observado em suas medidas.</p> <p>Para isto, testes estatísticos devem ser aplicados para verificar se estes relacionamentos de fato existem. Estes testes estatísticos devem ser aplicados sobre as medidas dos subprocessos consideradas adequadas para a análise de desempenho.</p> <p>Se não for possível confirmar o relacionamento entre os subprocessos, devem-se reavaliar as análises de causas feitas</p>

	anteriormente no intuito de obter mais informações, rever os relacionamentos estabelecidos e/ou coletar mais medidas.
Pré-tarefa:	Avaliar adequação das medidas
Critério de entrada:	Ter-se medidas relacionadas aos subprocessos críticos e aos subprocessos relacionados adequadas à análise de desempenho
Critério de saída:	Ter-se confirmado o relacionamento entre as medidas dos subprocessos críticos relacionados entre si
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos; Repositório de medidas da unidade organizacional ou Planilha de Medidas (no modelo disponibilizado na ferramenta FAAD); Modelo (Relacionamento entre Medidas dos Subprocessos Críticos)
Produtos gerados:	Relacionamento entre Medidas dos Subprocessos Críticos
Conhecimento:	IC.6 – Tipos de variáveis; IC.7 – Diagrama de dispersão; IC.8 – Testes estatísticos
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Preparar apresentação para alta direção (se houver indício do relacionamento entre as medidas dos subprocessos críticos) ou Identificar subprocessos relacionados aos problemas (se não houve indício do relacionamento entre as medidas dos subprocessos críticos selecionados)

#### 4.4.1.4 Atividade “Rever/Priorizar subprocessos para análise de desempenho”

Esta atividade tem o objetivo de rever, junto à alta direção, a lista de subprocessos críticos e subprocessos relacionados candidatos à ADP, a fim de selecioná-los e priorizá-los para as demais atividades do processo de ADP.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Preparar apresentação para alta direção</b>
Descrição:	O grupo de processos elabora uma apresentação para a alta direção sobre os problemas críticos identificados por meio das análises de causas dos pontos críticos e sobre os subprocessos críticos relacionados a estes problemas. A relação das medidas existentes que permitem monitorar/avaliar os subprocessos críticos quanto aos problemas críticos também deve ser apresentada. A apresentação deve ser elaborada a partir do modelo disponibilizado na ferramenta FAAD.
Pré-tarefa:	Realizar testes estatísticos para confirmar relacionamentos entre subprocessos
Critério de entrada:	Ter-se verificado a existência de medidas que monitorem/avaliem os subprocessos críticos
Critério de saída:	Ter-se elaborado a apresentação dos problemas e subprocessos críticos para a alta direção
Responsáveis:	Grupo de processos

Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos; Modelo (Apresentação de Subprocessos Críticos)
Produtos gerados:	Apresentação de Subprocessos Críticos
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de apresentação, FAAD
Pós-tarefa:	Priorizar subprocessos críticos

<b>Tarefa:</b>	<b>Priorizar subprocessos críticos</b>
Descrição:	Em reunião com a alta direção, o grupo de processos apresenta o trabalho realizado desde a identificação dos pontos e problemas críticos até os subprocessos relacionados. A partir desta apresentação, a alta direção deve confirmar e priorizar os subprocessos críticos a fim de guiar a execução das demais atividades da análise de desempenho. Caso não conformidades tenham sido identificadas durante a avaliação de adequação das medidas, deve-se elaborar esboços de planos de ação para os subprocessos críticos que não possuam medidas adequadas ou que necessitem de novas coletas. Estes planos de ação serão estabelecidos posteriormente.
Pré-tarefa:	Preparar apresentação para alta direção
Critério de entrada:	Ter-se elaborado a apresentação dos problemas e subprocessos críticos para a alta direção
Critério de saída:	Ter-se uma lista priorizada de subprocessos críticos
Responsáveis:	Alta direção, Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	Apresentação de Subprocessos Críticos
Produtos gerados:	Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (aba “Subprocessos críticos”, com coluna de prioridade preenchida), Ata de reunião
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de apresentação, FAAD
Pós-tarefa:	Preparar planilha de medidas (se não foram identificadas não conformidades) e/ou Estabelecer planos de ação (se foram identificadas não conformidades)

#### 4.4.1.5 Atividade “Realizar ações para adequação das medidas”

Caso as medidas dos subprocessos não sejam adequadas, planos de ação devem ser estabelecidos e implementados antes de continuar as atividades da ADP com estes subprocessos.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Estabelecer planos de ação</b>
Descrição:	<p>Caso tenham sido identificadas não conformidades durante a avaliação das medidas, planos de ação devem ser estabelecidos de acordo com as não conformidades identificadas.</p> <p>Os planos de ação podem envolver, por exemplo, (i) a revisão do plano de medição organizacional, a fim de incluir novas medidas para melhor caracterizar os subprocessos críticos ou melhorar a definição operacional de uma medida já existente; (ii) a realização de treinamento do pessoal quanto à coleta das medidas; e (iii) realizar novas coletas de medidas (dado que há valores insuficientes para a análise de desempenho).</p>
Pré-tarefa:	Priorizar subprocessos críticos
Critério de entrada:	Ter-se identificado não conformidades nas medidas quanto à adequação para a análise de desempenho
Critério de saída:	Ter-se planos de ação identificados para cada não conformidade
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Consultoria (se pertinente)
Produtos requeridos:	<i>Checklist</i> para Avaliação de Repositório de Medição
Produtos gerados:	<i>Checklist</i> para Avaliação de Repositório de Medição (aba “Ações”)
Conhecimento:	IC.9 – Sugestões de medidas para análise de desempenho
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Executar planos de ação

<b>Tarefa:</b>	<b>Executar planos de ação</b>
Descrição:	<p>Executar os planos de ação estabelecidos na tarefa anterior. Caso a execução destes planos, envolva a realização de novas coletas de medidas, e estas devem ser avaliadas quanto à sua adequação para a análise de desempenho.</p> <p>Caso não seja possível executar algum plano de ação para adequação da medida, a medida não poderá ser analisada por meio da análise de desempenho e a unidade organizacional deve avaliar a possibilidade de incluir outra medida relacionada ao subprocesso crítico ou eliminar o subprocesso da lista dos que serão submetidos à análise de desempenho.</p>
Pré-tarefa:	Estabelecer planos de ação
Critério de entrada:	Ter-se planos de ação estabelecidos
Critério de saída:	Ter-se os planos de ação executados e concluídos
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Grupo de medição, Alta direção
Produtos requeridos:	<i>Checklist</i> para Avaliação de Repositório de Medição
Produtos gerados:	<i>Checklist</i> para Avaliação de Repositório de Medição (aba “Ações”); Planilha de Medidas (com novas medidas coletadas)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Avaliar adequação das medidas (se houve novas coletas de medidas) ou Preparar planilha de medidas (se não houve novas coletas de medidas)

#### 4.4.2 Etapa “Verificar Estabilidade”

Após a identificação dos subprocessos críticos e da avaliação (e possível adequação) das medidas disponíveis, a unidade organizacional deve selecionar, de acordo com a prioridade estabelecida na etapa anterior, um subprocesso e uma de suas medidas para realizar a etapa Verificar Estabilidade. O objetivo desta etapa é verificar se o subprocesso crítico em questão é estável com relação à medida selecionada.

Esta etapa deve ser executada individualmente para cada subprocesso crítico e para cada uma de suas medidas consideradas adequadas à ADP, até que todos os subprocessos críticos tenham tido sua estabilidade verificada. Os subprocessos críticos cujas medidas não estejam adequadas devem ser objetos desta etapa somente depois que os planos de ação para a adequação de medidas tiverem sido executados e concluídos.

A execução de algumas tarefas desta etapa, além da FAAD, possui o apoio da FIE (ferramenta de instanciação e execução) integrada ao ambiente SPEAKER (MAGALHÃES, 2015). Esta ferramenta, por sua vez, faz uso dos elementos de processo (GONÇALVES, 2014).

Esta etapa é composta por cinco atividades, a saber: “Selecionar gráfico de controle”, “Realizar testes de estabilidade”, “Realizar ações para estabilizar subprocesso”, “Confirmar estabilidade” e “Estabelecer *baseline* de desempenho”. O relacionamento entre estas atividades é apresentado na Figura 4.6, enquanto o relacionamento no nível de tarefas é apresentado na Figura 4.7.

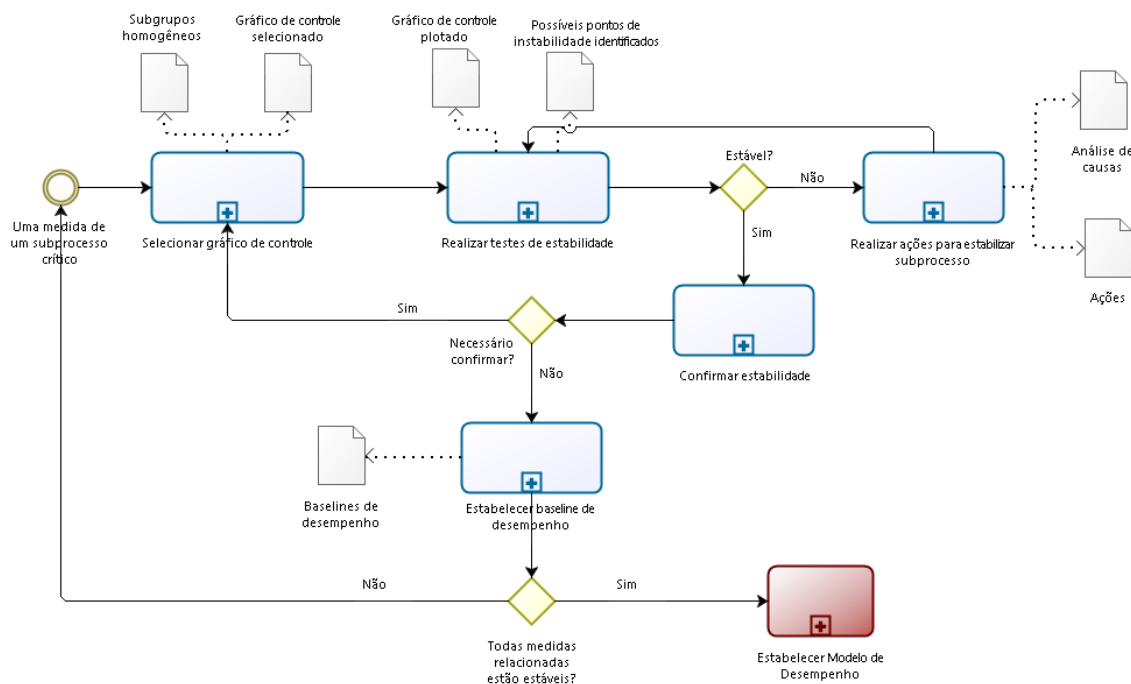


Figura 4.6 – Atividades de “Verificar Estabilidade”

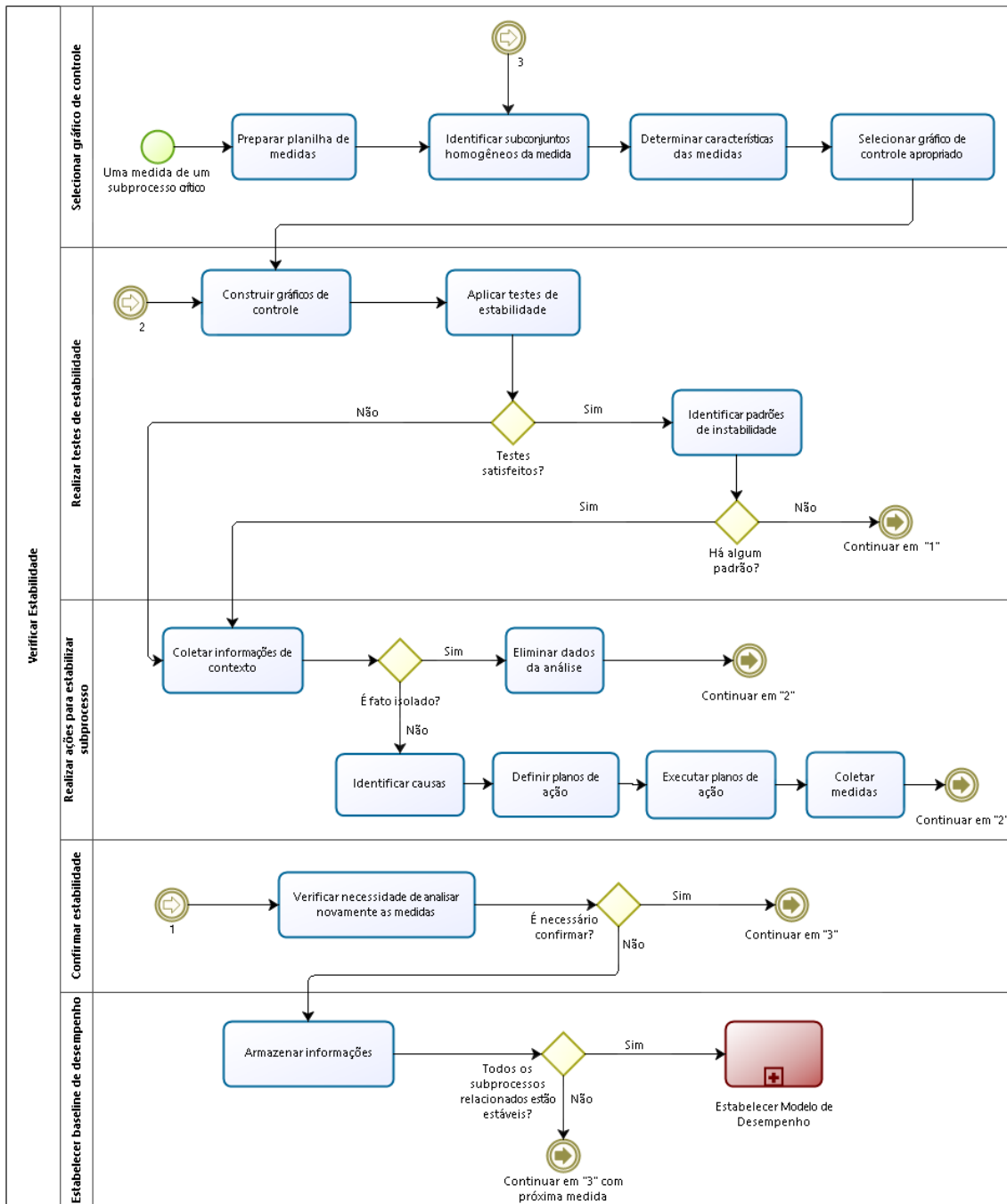


Figura 4.7 – Tarefas de “Verificar Estabilidade”

#### 4.4.2.1 Atividade “Selecionar gráfico de controle”

Esta atividade tem o objetivo de selecionar o tipo de gráfico de controle mais adequado para um subgrupo de valores da medida do subprocesso que está sendo analisado, levando em consideração: (i) o tipo da medida, (ii) a distribuição de probabilidade dos valores coletados da medida, e (iii) o tamanho do subgrupo homogêneo.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Preparar planilha de medidas</b>
Descrição:	O grupo de processos deve verificar se os valores coletados da medida considerada adequada e que foi selecionada para a análise de desempenho estão coletados e atualizados na Planilha de Medidas disponibilizada pela ferramenta FAAD. Caso o grupo de processos não tenha utilizado a Planilha de Medidas para organizar suas medidas, esta tarefa deve ser executada para que os dados da medida sejam transferidos para a Planilha de Medidas para possibilitar o uso do <i>script</i> disponibilizado no ambiente SPEAKER para algumas tarefas.
Pré-tarefa:	Priorizar subprocessos críticos ou Executar planos de ação
Critério de entrada:	Ter-se selecionado uma medida já avaliada quanto à adequação de um subprocesso crítico para verificar sua estabilidade e não ter seus dados organizados na Planilha de Medidas
Critério de saída:	Ter-se organizado os dados da medida na Planilha de Medidas
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Modelo (Planilha de Medidas)
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (aba “Coleta”)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Identificar subgrupos homogêneos da medida

<b>Tarefa:</b>	<b>Identificar subgrupos homogêneos da medida</b>
Descrição:	Levando em consideração os valores coletados da medida do subprocesso em questão, devem-se categorizar estes valores em subgrupos homogêneos, ou seja, deve-se garantir que os valores coletados da medida sejam agrupados de forma que estejam sob a influência de um mesmo contexto. Para formar subgrupos homogêneos, devem-se seguir os princípios do agrupamento e amostra racional, os quais sugerem que subgrupos homogêneos devem ser criados de acordo com o objetivo da análise de desempenho, a frequência da coleta da medida e a similaridade entre os projetos. A identificação dos subgrupos homogêneos deve ser registrada na Planilha de Medidas preenchida anteriormente.
Pré-tarefa:	Preparar planilha de medidas
Critério de entrada:	Ter-se selecionado uma medida já avaliada quanto à adequação de um subprocesso crítico para verificar sua estabilidade
Critério de saída:	Ter-se identificado subgrupos homogêneos
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (aba “Coleta”, com a identificação dos subgrupos homogêneos)
Conhecimento:	IC.10 – Subgrupos homogêneos
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Determinar características das medidas

<b>Tarefa:</b>	<b>Determinar características das medidas</b>
Descrição:	<p>Para cada subgrupo homogêneo da medida, identificar quais são as suas características para que o tipo mais adequado de gráfico de controle possa ser selecionado.</p> <p>As características que precisam ser identificadas são o tipo da medida (variável ou atributo) e a distribuição de probabilidade (normal, binomial ou Poisson) do subgrupo homogêneo, sendo que ambas devem ser registradas na Planilha de Medidas.</p> <p>A identificação da distribuição de probabilidade dos subgrupos homogêneos é apoiada por um elemento de processo cadastrado no ambiente SPEAKER que possui um <i>script</i> para este fim e pela ferramenta FIE.</p>
Pré-tarefa:	Identificar subgrupos homogêneos da medida
Critério de entrada:	Ter-se organizado os valores coletados da medida em subgrupos homogêneos
Critério de saída:	Ter-se identificado as características dos subgrupos homogêneos
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (aba “Análise estabilidade”, com identificação das características); Análises da distribuição de probabilidade (no Software Estatístico)
Conhecimento:	IC.11 – Tipos de medida; IC.12 – Distribuição de probabilidade
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Software Estatístico (Minitab ou Statistica), FAAD, FIE
Pós-tarefa:	Selecionar gráfico de controle apropriado

<b>Tarefa:</b>	<b>Selecionar gráfico de controle apropriado</b>
Descrição:	<p>Após identificar as características dos subgrupos homogêneos da medida, deve-se selecionar o tipo de gráfico de controle mais adequado de acordo com estas características. Nesta seleção, também deve ser levado em consideração o tamanho dos subgrupos homogêneos.</p> <p>O registro do gráfico de controle selecionado deve ser feito na Planilha de Medidas para cada subgrupo que foi identificado.</p>
Pré-tarefa:	Determinar características das medidas
Critério de entrada:	Ter-se identificado as características dos subgrupos homogêneos
Critério de saída:	Ter-se selecionado o gráfico de controle apropriado
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (aba “Análise estabilidade”, com a seleção do gráfico de controle)
Conhecimento:	IC.13 – Gráfico de controle
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Construir gráficos de controle



#### 4.4.2.2 Atividade “Realizar testes de estabilidade”

Esta atividade visa construir o gráfico de controle selecionado para cada subgrupo homogêneo da medida que está sendo analisada, bem como verificar a estabilidade do subprocesso por meio da aplicação dos testes de estabilidade.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Construir gráficos de controle</b>
Descrição:	Gerar o gráfico de controle para cada subgrupo homogêneo da medida. A geração do gráfico de controle é apoiada por um elemento de processo cadastrado no ambiente SPEAKER que possui um <i>script</i> para este fim e pela ferramenta FIE.
Pré-tarefa:	Selecionar gráfico de controle apropriado
Critério de entrada:	Ter-se selecionado um tipo de gráfico de controle
Critério de saída:	Ter-se construído os gráficos de controle
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Gráfico de controle gerado
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Software Estatístico (Minitab ou Statistica), FAAD, FIE
Pós-tarefa:	Aplicar testes de estabilidade

<b>Tarefa:</b>	<b>Aplicar testes de estabilidade</b>
Descrição:	Analisar os gráficos de controle gerados aplicando os testes de estabilidade adequados ao tipo de cada gráfico, a fim de identificar se os subgrupos da medida apresentam-se estáveis ou não. Os testes de estabilidade são realizados com o apoio de um elemento de processo cadastrado no ambiente SPEAKER que possui um <i>script</i> para este fim e pela ferramenta FIE. O resultado sobre a estabilidade dos subgrupos (a partir da aplicação dos testes de estabilidade) deve ser registrado na Planilha de Medidas.
Pré-tarefa:	Construir gráfico de controle
Critério de entrada:	Ter-se construído os gráficos de controle
Critério de saída:	Terem-se aplicado os testes de estabilidade
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Gráficos de controle gerados; Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Resultado dos testes de estabilidade (no Software estatístico); Planilha de Medidas (aba “Análise estabilidade”, com registro dos resultados dos testes de estabilidade)
Conhecimento:	IC.14 – Testes de estabilidade
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Software estatístico (Minitab ou Statistica), FAAD, FIE

Pós-tarefa:	Identificar padrões de instabilidade (se todos os testes de estabilidade foram satisfeitos) ou Coletar informações de contexto (se algum teste de estabilidade falhou)
-------------	--

<b>Tarefa:</b>	<b>Identificar padrões de instabilidade</b>
Descrição:	Os testes de estabilidade fornecem indícios de estabilidade, mas não são conclusivos. Para os subprocessos que passaram pelos testes com relação a alguma de suas medidas, é necessário continuar investigando a estabilidade. Deve-se, assim, analisar os gráficos de controle gerados buscando identificar padrões não aleatórios (ciclos, tendências, mudanças bruscas, agrupamentos, mistura e estratificação), que indicam que há instabilidade nos subgrupos homogêneos da medida que está sendo analisada, ou que o atual arranjo dos valores não está adequado. O resultado sobre a estabilidade dos subgrupos (a partir da análise dos padrões de instabilidade) deve ser registrado na Planilha de Medidas.
Pré-tarefa:	Aplicar testes de estabilidade
Critério de entrada:	Terem-se aplicado os testes de estabilidade e com todos os testes satisfeitos (ou seja, nenhum dos testes falhou)
Critério de saída:	Ter-se verificado ou não a existência de padrões de instabilidade
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Gráficos de controle; Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (aba “Análise estabilidade”, com registro dos resultados da análise sobre os padrões de instabilidade)
Conhecimento:	IC.15 – Padrões de instabilidade
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Software estatístico (Minitab ou Statistica), FAAD
Pós-tarefa:	Coletar informações de contexto (se algum padrão de instabilidade foi identificado) ou Verificar necessidade de analisar novamente as medidas (se nenhum padrão de instabilidade foi identificado)

#### 4.4.2.3 Atividade “Realizar ações para estabilizar subprocessos”

Caso a análise do gráfico de controle indique que o subprocesso não é estável com relação a uma de suas medidas analisadas, esta atividade deve ser realizada a fim de identificar as causas que provocam a instabilidade do subprocesso e realizar ações para que o subprocesso se torne estável, eliminando, se possível, a(s) causa(s) especial(ais). A análise começa pela identificação dos pontos de instabilidade e suas informações de contexto.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Coletar informações de contexto</b>
Descrição:	Coletar as informações de contexto sobre a execução do subprocesso nos pontos que evidenciaram instabilidade por meio da análise dos relatórios de medição, relatórios de monitoração de projetos e entrevistas com os envolvidos. As informações de contexto devem ser registradas no modelo de documento disponibilizado na ferramenta FAAD. A partir das informações de contexto coletadas, o grupo de processo deve avaliar se os pontos que evidenciaram instabilidade têm contextos discrepantes com relação aos demais, sendo considerados fatos isolados, ou se são pontos que necessitam uma análise mais detalhada para identificar necessidade de melhorias no processo.
Pré-tarefa:	Aplicar testes de estabilidade ou Identificar padrões de instabilidade
Critério de entrada:	Ter-se identificado instabilidade
Critério de saída:	Ter-se coletado as informações de contexto sobre os pontos de instabilidade
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Relatórios de Medição; Relatórios de Monitoração dos projetos; Modelo (Lista de Causas Especiais)
Produtos gerados:	Lista de Causas Especiais (aba “Informações de contexto”)
Conhecimento:	IC.16 – Informações de contexto
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de texto, FAAD
Pós-tarefa:	Eliminar <i>outliers</i> (caso fique claro que algum ponto de instabilidade é um fato isolado) ou Identificar causas (caso algum ponto de instabilidade necessite ser analisado com mais detalhe)

<b>Tarefa:</b>	<b>Eliminar <i>outliers</i></b>
Descrição:	Esta tarefa tem por objetivo eliminar do conjunto de medidas a ser analisado o ponto de instabilidade do subprocesso no qual foi verificado que seu contexto é um fato isolado. Uma justificativa para a exclusão do ponto deve ser registrada na Lista de Causas Especiais.
Pré-tarefa:	Coletar informações de contexto
Critério de entrada:	Ter-se coletado as informações de contexto sobre os pontos de instabilidade e ter-se observado que um ou mais pontos de instabilidade são fatos isolados
Critério de saída:	Ter-se eliminado o(s) ponto(s) de instabilidade do conjunto de medidas
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (atualizada); Lista de Causas Especiais (aba “Informações de contexto”)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD

Pós-tarefa:	Construir gráficos de controle
-------------	--------------------------------

<b>Tarefa:</b>	<b>Identificar causas</b>
Descrição:	<p>Para os pontos que evidenciaram a instabilidade do subprocesso e que não são fatos isolados, deve-se realizar análises de causas com o objetivo de identificar as causas especiais que levaram à instabilidade do subprocesso.</p> <p>Para cada um dos pontos de instabilidade, deve ser gerado um diagrama de Ishikawa, a partir do modelo disponibilizado na Lista de Causas Especiais.</p> <p>Caso não se consiga identificar as causas dos pontos de instabilidade a partir das informações de contexto disponíveis, deve-se coletar as devidas informações junto aos colaboradores envolvidos. Se mesmo assim não foi possível identificar as causas, na tarefa seguinte, deve-se estabelecer planos de ação para que este problema não aconteça novamente.</p>
Pré-tarefa:	Coletar informações de contexto
Critério de entrada:	Ter-se coletado as informações de contexto sobre os pontos de instabilidade e ter-se observado que estes pontos necessitam de mais informações
Critério de saída:	Ter-se realizado a análise de causas visando identificar as causas especiais que podem ter provocado a instabilidade do subprocesso
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Colaboradores que estão envolvidos diretamente com o ponto de instabilidade
Produtos requeridos:	Lista de Causas Especiais
Produtos gerados:	Lista de Causas Especiais (aba “Diagrama de Ishikawa”)
Conhecimento:	IC.3 – Análise de causas; IC.17 – Possíveis causas especiais
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Definir planos de ação

<b>Tarefa:</b>	<b>Definir planos de ação</b>
Descrição:	<p>Deve-se definir planos de ação para resolver as causas de instabilidade identificadas, ou melhorar a coleta das informações de contexto para as próximas análises (caso não tenha sido possível identificar as causas especiais).</p> <p>Os planos de ação podem implicar em alteração do subprocesso, treinamento com os colaboradores, entre outros.</p>
Pré-tarefa:	Identificar causas
Critério de entrada:	Ter-se realizado a análise de causas visando identificar as causas especiais que podem ter provocado a instabilidade do subprocesso
Critério de saída:	Ter-se definido planos de ação para resolver as causas de instabilidade e/ou melhorar a coleta das informações de contexto
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-

Produtos requeridos:	Lista de Causas Especiais
Produtos gerados:	Lista de Causas Especiais (aba “Planos de ação”)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Executar planos de ação

<b>Tarefa:</b>	<b>Executar planos de ação</b>
Descrição:	Realizar os planos de ação estabelecidos na tarefa anterior e gerenciá-los até sua conclusão.
Pré-tarefa:	Definir planos de ação
Critério de entrada:	Ter-se definido planos de ação para resolver as causas de instabilidade
Critério de saída:	Ter-se executado e concluído os planos de ação para estabilizar subprocesso
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Lista de Causas Especiais
Produtos gerados:	Lista de Causas Especiais (aba “Planos de ação” atualizada)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Coletar medidas

<b>Tarefa:</b>	<b>Coletar medidas</b>
Descrição:	Após a execução dos planos de ação, é necessário coletar medidas referentes às novas execuções do subprocesso e construir um novo gráfico de controle.
Pré-tarefa:	Executar planos de ação
Critério de entrada:	Ter-se executado e concluído os planos de ação para estabilizar o subprocesso
Critério de saída:	Ter-se coletado medidas das novas execuções do subprocesso
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	Colaboradores
Produtos requeridos:	Plano de Medição
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (com novas medidas)
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Editor de texto, FAAD
Pós-tarefa:	Preparar planilha de medidas

#### 4.4.2.4 Atividade “Confirmar estabilidade”

Em algumas situações, mesmo tendo passado por todos os procedimentos anteriores para verificação da estabilidade do subprocesso, pode ser necessário confirmar a estabilidade organizando as medidas em um novo arranjo (identificando novos subgrupos homogêneos ou analisando individualmente cada medida, por exemplo) ou utilizando outros gráficos de controle.

Esta atividade tem o objetivo de possibilitar a tomada de decisão do grupo de processos quanto à confirmação da estabilidade do subprocesso com relação à medida em questão.

A tarefa que compõe esta atividade é descrita a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Verificar necessidade de analisar novamente as medidas</b>
Descrição:	A partir dos gráficos de controle gerados e das informações obtidas ao longo da execução das tarefas anteriores, o grupo de processos verifica a necessidade de analisar com mais detalhes a estabilidade do subprocesso, alterando as configurações de acordo com o que for conveniente (novo arranjo das medidas e/ou outro tipo de gráfico de controle, por exemplo).
Pré-tarefa:	Identificar padrões de instabilidade
Critério de entrada:	Ter-se caracterizado a estabilidade do subprocesso a partir de um ou mais gráficos de controle
Critério de saída:	Ter-se decidido sobre a necessidade de novas análises para confirmar a estabilidade do subprocesso
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Gráficos de controle gerados; Planilha de Medidas
Produtos gerados:	-
Conhecimento:	IC.18 – Recomendações
Ferramentas:	FAAD
Pós-tarefa:	Identificar subgrupos homogêneos da medida (se houver necessidade de confirmar a estabilidade) ou Armazenar informações (se não houver necessidade de confirmar a estabilidade)

#### **4.4.2.5 Atividade “Estabelecer *baseline* de desempenho”**

Após a constatação de que o subprocesso é estável com relação à medida que está sendo analisada, esta atividade tem como objetivo armazenar os dados referentes a esta análise, compondo uma *baseline* de desempenho deste subprocesso com relação a esta medida. Esta atividade é iniciada pela seleção do gráfico de controle que melhor caracteriza o desempenho do subprocesso (pois podem ter sido gerados diversos gráficos de controle).

Esta atividade finaliza a análise de estabilidade de uma das medidas de um subprocesso crítico. Para criar um modelo de desempenho, é necessário executar todas as tarefas desta etapa novamente para todas as medidas dos subprocessos críticos relacionados que contribuirão para a definição do modelo de desempenho (conforme identificado na etapa “Preparar para Análise de Desempenho”).

A tarefa que compõe esta atividade é descrita a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Armazenar informações</b>
Descrição:	Caso mais de um gráfico de controle tenha sido gerado para verificar a estabilidade do subprocesso em relação à medida em questão, o grupo de processos deve selecionar qual gráfico irá representar o desempenho do subprocesso e estabelecer a <i>baseline</i> de desempenho do subprocesso, armazenando a média e os limites de controle obtidos quando o subprocesso foi considerado estável. O estabelecimento da <i>baseline</i> de desempenho deve ser feito para cada subgrupo homogêneo da medida e ser registrado na Planilha de Medidas. O gráfico de controle selecionado para caracterizar o subprocesso também deve ser indicado neste documento.
Pré-tarefa:	Verificar necessidade de analisar novamente as medidas
Critério de entrada:	Ter-se considerado que o subprocesso é estável com relação à medida
Critério de saída:	Ter-se armazenado as informações sobre o subprocesso quanto à sua estabilidade
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Gráficos de controle gerados; Planilha de Medidas
Produtos gerados:	Planilha de Medidas (aba “ <i>Baselines</i> de desempenho”)
Conhecimento:	IC.19 – <i>Baseline</i> de desempenho
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Selecionar método para estabelecer modelo de desempenho (se todas as medidas dos subprocessos críticos relacionados foram consideradas estáveis) ou Preparar planilha (se houver outras medidas a serem analisadas)

#### 4.4.3 Etapa “Estabelecer Modelo de Desempenho”

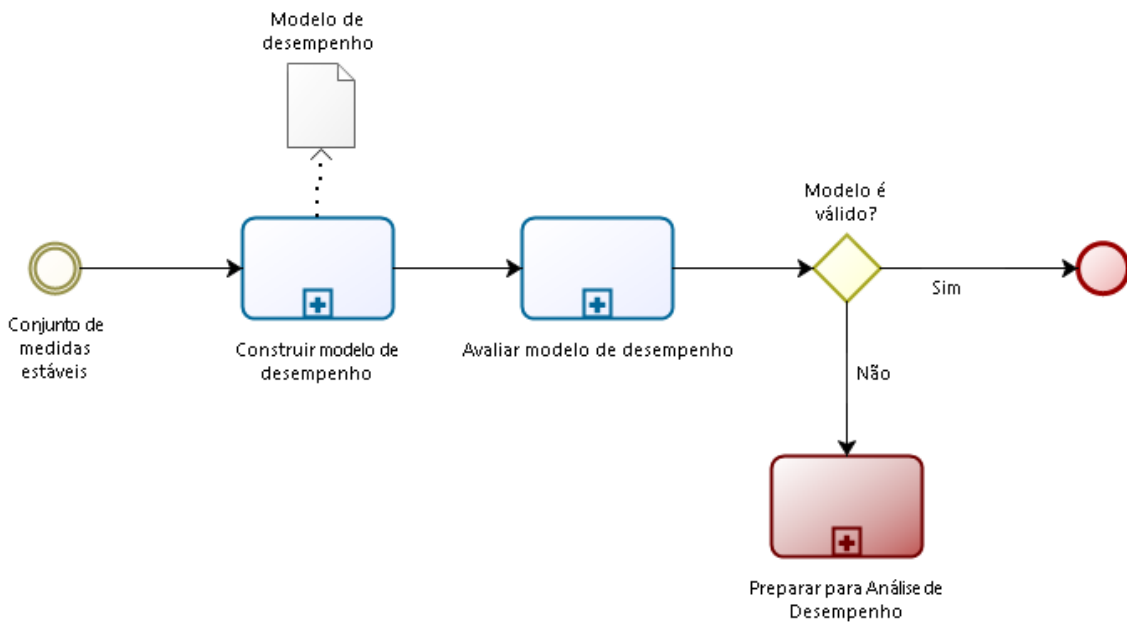
O objetivo desta etapa é construir um modelo matemático que permita a predição de uma medida importante para a unidade organizacional a partir de outras medidas conhecidas. Esta etapa deve ser executada para cada conjunto de medidas cujos subprocessos críticos estão relacionados entre si, após a verificação individual da estabilidade de cada medida, de acordo com as *baselines* de desempenho estabelecidas.

O relacionamento entre os subprocessos críticos foi identificado na etapa “Preparar para Análise de Desempenho” a partir da análise de causas dos pontos críticos e dos problemas críticos da unidade organizacional. Desta forma, uma medida (denominada “variável dependente” ou Y) que monitora/avalia um ponto crítico da unidade organizacional poderá ser obtida a partir de uma função que relaciona outras medidas (denominadas “variáveis independentes” ou x) que monitoram/avaliam os

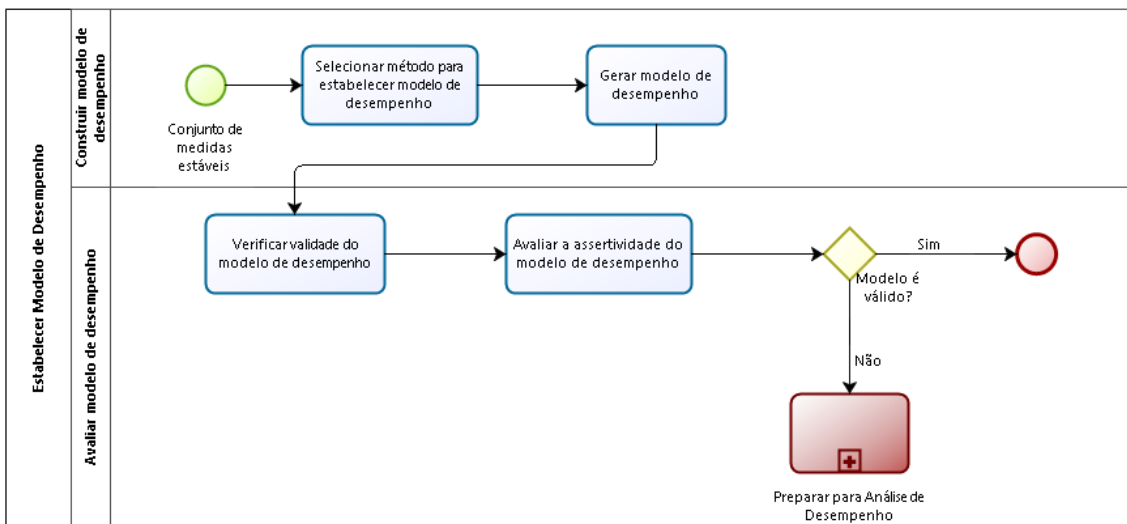
subprocessos relacionados ao problema crítico, sendo este referente ao ponto crítico em questão.

A partir do estabelecimento de modelos de desempenho, os projetos da unidade organizacional poderão utilizá-los para auxiliar nas estimativas durante o planejamento e no seu monitoramento, permitindo a gerência quantitativa do projeto.

Esta etapa é composta por duas atividades, a saber: “Construir modelo de desempenho” e “Avaliar modelo de desempenho”. A Figura 4.8 apresenta o relacionamento entre as atividades, enquanto o relacionamento no nível de tarefas é apresentado na Figura 4.9.



**Figura 4.8** – Atividades de “Estabelecer Modelo de Desempenho”



**Figura 4.9** – Tarefas de “Estabelecer Modelo de Desempenho”



#### 4.4.3.1 Atividade “Construir modelo de desempenho”

Esta atividade tem o objetivo de construir o modelo de desempenho envolvendo um conjunto de medidas cujos subprocessos críticos estão relacionados. Para isto, é necessário selecionar métodos apropriados de acordo com as características das medidas envolvidas. Estes métodos podem ser, por exemplo: regressão linear, ANOVA, regressão logística ou Qui-quadrado.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Selecionar método para estabelecer modelo de desempenho</b>
Descrição:	Deve-se identificar o método adequado para definição do modelo de desempenho a partir das características das medidas envolvidas. Para isto, deve-se levar em consideração a escala das medidas. As medidas envolvidas, suas características e o método selecionado para a criação do modelo devem ser registrados no documento Apoio para modelo de desempenho, cujo modelo está disponibilizado na ferramenta FAAD.
Pré-tarefa:	-
Critério de entrada:	Ter-se estabilizado todas as medidas pertencentes a um conjunto de subprocessos relacionados entre si
Critério de saída:	Ter-se selecionado um método para a geração do modelo de desempenho
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Planilha de Medidas; Modelo (Apoio para Modelo de Desempenho)
Produtos gerados:	Apoio para Modelo de Desempenho
Conhecimento:	IC.20 – Modelo de desempenho
Ferramentas:	Planilha eletrônica, FAAD
Pós-tarefa:	Gerar modelo de desempenho

<b>Tarefa:</b>	<b>Gerar modelo de desempenho</b>
Descrição:	Deve-se gerar o modelo de desempenho relacionando as medidas envolvidas, de acordo com o método de criação selecionado. Se, durante a verificação de estabilidade, houve a identificação de subgrupos homogêneos, um modelo de desempenho deve ser gerado para cada conjunto. A criação do modelo de desempenho é realizada com o apoio de um elemento de processo cadastrado no ambiente SPEAKER que possui um <i>script</i> para este fim. O modelo de desempenho criado também deve ser registrado no documento Apoio para modelo de desempenho.
Pré-tarefa:	Selecionar método apropriado
Critério de entrada:	Ter-se selecionado um método para a geração do modelo de desempenho
Critério de saída:	Ter-se gerado o modelo de desempenho para as medidas envolvidas

Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Planilha de Medidas; Apoio para Modelo de Desempenho
Produtos gerados:	Modelo de desempenho; Apoio para Modelo de Desempenho
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Software estatístico (Minitab ou Statistica), FAAD, FIE
Pós-tarefa:	Verificar validade do modelo de desempenho

#### 4.4.3.2 Atividade “Avaliar modelo de desempenho”

Esta atividade tem o objetivo de verificar a validade e confiabilidade do modelo de desempenho definido. Esta avaliação deve ser realizada levando em consideração alguns aspectos, tais como acurácia, confiabilidade e assertividade.

As tarefas que compõem esta atividade são descritas a seguir.

<b>Tarefa:</b>	<b>Verificar validade do modelo de desempenho</b>
Descrição:	Após a construção do modelo de desempenho, deve-se avaliar se seu resultado é válido e confiável. Para esta avaliação deve-se levar em consideração os valores de acurácia e confiabilidade apresentados no software estatístico utilizado na tarefa anterior. Estes valores são explicados nos itens de conhecimento disponíveis na ferramenta FAAD.
Pré-tarefa:	Gerar modelo de desempenho
Critério de entrada:	Ter-se gerado um modelo de desempenho
Critério de saída:	Ter-se verificado a validade e confiabilidade do modelo de desempenho criado
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Modelo de desempenho; Apoio para Modelo de Desempenho
Produtos gerados:	Apoio para Modelo de Desempenho
Conhecimento:	IC.21 – Avaliação do modelo de desempenho
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Software estatístico (Minitab ou Statistica), FAAD
Pós-tarefa:	Avaliar a assertividade do modelo de desempenho

<b>Tarefa:</b>	<b>Avaliar a assertividade do modelo de desempenho</b>
Descrição:	Além de verificar os valores da acurácia e confiabilidade do modelo de desempenho, deve-se avaliá-lo quanto à sua assertividade. Esta avaliação é realizada a partir da comparação entre o resultado provido pelo modelo de desempenho e o resultado real, levando-se em consideração medidas coletadas que não foram utilizadas para o estabelecimento do modelo de desempenho. Caso o modelo de desempenho não seja considerado válido ou

	confiável, deve-se revisar o relacionamento estabelecido entre os subprocessos críticos e suas medidas.
Pré-tarefa:	Gerar modelo de desempenho
Critério de entrada:	Ter-se gerado um modelo de desempenho
Critério de saída:	Ter-se avaliado o modelo de desempenho criado quanto à sua assertividade
Responsáveis:	Grupo de processos
Participantes:	-
Produtos requeridos:	Modelo de desempenho; Apoio para Modelo de Desempenho
Produtos gerados:	Apoio para Modelo de Desempenho
Conhecimento:	-
Ferramentas:	Planilha eletrônica, Software estatístico (Minitab ou Statistica), FAAD
Pós-tarefa:	Identificar problemas críticos (caso o modelo de desempenho não seja considerado válido ou confiável)

## 4.5 Considerações Finais

Neste capítulo, a descrição do processo proposto para ADP foi apresentada em termos de suas atividades e tarefas. A definição do processo passo-a-passo tem o objetivo de auxiliar a operacionalização da execução das atividades da ADP.

Durante a revisão da literatura, foram identificados dois trabalhos que propõem explicitamente um processo para a ADP.

FLORAC e CARLETON (1999), um dos principais trabalhos utilizados como referência para esta tese, sugerem um conjunto de atividades para a ADP, a saber: (i) Identificar e priorizar pontos críticos; (ii) Selecionar e definir medidas; (iii) Coletar, verificar e armazenar dados; (iv) Analisar comportamento do processo; e (v) Avaliar o desempenho do processo. Estas atividades foram discutidas na Seção 2.2 e ilustradas na Figura 2.3.

GONÇALVES (2012) apresenta um processo padrão para ADP no contexto de um ambiente de desenvolvimento de software centrado em processo (denominado WebAPSEE). Este processo é descrito em termos de suas atividades e subatividades, apresentando procedimentos, recomendações, dependências e exemplos. São propostas quatro atividades, a saber (GONÇALVES, 2012): (i) Planejar medição: visa definir as medidas a serem coletadas, de acordo com os objetivos de negócio, e identificar os subprocessos críticos da organização; (ii) Coletar métricas: realiza a coleta das medidas previamente planejadas; (iii) Analisar Resultados: realiza a análise estatística das medidas coletadas, a partir da construção de gráficos de controle; e (iv) Estabilizar e

Controlar processo: visa eliminar os pontos de instabilidades identificados (por meio da identificação de suas causas e a realização de melhorias); definir os modelos de desempenho e identificar a capacidade do processo.

O processo proposto nesta tese se diferencia destes trabalhos, principalmente, nos seguintes aspectos: (i) o foco em executar a ADP para o que é crítico e necessário para a organização, levando em consideração tanto os objetivos estratégicos da organização como a opinião dos colaboradores; (ii) a identificação dos subprocessos críticos envolver a identificação de relacionamentos com outros subprocessos a fim de identificar quais também precisam ser analisados quanto à sua estabilidade para estabelecer, posteriormente, modelos de desempenho confiáveis; (iii) a explicitação quanto à necessidade de verificar se os resultados obtidos com a geração de um gráfico de controle deveriam ser confirmados por meio de outros gráficos de controle ou de outro arranjo dos dados; (iv) a descrição detalhada das atividades e tarefas, auxiliando no aprendizado e na sistematização da execução da ADP; e (v) a disponibilização de modelos de documentos, minimizando o esforço de execução destas atividades e tarefas e tornando sua execução menos propensa a erros.

O processo foi avaliado em três momentos durante a sua definição. A primeira versão do processo foi avaliada por meio de um *survey* com especialistas no contexto do MR-MPS-SW. Posteriormente, a versão mais completa e detalhada do processo foi avaliada por dois especialistas por meio de uma revisão por pares. Além disso, parte do processo foi avaliada por meio de um estudo de viabilidade (apresentado Capítulo 8).

Como apresentado no Capítulo 3, algumas atividades do processo de ADP proposto foram definidas no formato de linhas de processo e elementos de processo em (GONÇALVES, 2014). Como ilustração da integração entre o processo proposto e os elementos de processo definidos, a Tabela 4.4 apresenta o relacionamento entre as atividades e tarefas do processo proposto e os elementos de processo definidos para a etapa “Verificar Estabilidade”. Nesta tabela também são informados o tipo do elemento de processo em *itálico* (atividade, abstrato ou concreto) e suas variantes, se for pertinente.

**Tabela 4.4** – Atividades do processo e elementos de processo da etapa  
“Verificar Estabilidade”

Processo de ADP		Elementos de processo	
Atividades	Tarefas	Elemento	Variantes
Selecionar gráfico de controle	Preparar planilha de medidas	-	-
	Identificar subgrupos homogêneos da medida	Registrar o agrupamento dos dados da medida ( <i>atividade</i> )	-
	Determinar características das medidas	Verificar a distribuição dos dados da medida ( <i>abstrato</i> )	Verificar a distribuição Normal dos dados com Minitab
			Verificar a distribuição Poisson dos dados com Minitab
			Verificar a distribuição Normal dos dados com Statística
Verificar a distribuição Poisson dos dados com Statística			
Selecionar gráfico de controle apropriado	Selecionar o gráfico de controle apropriado e registrar a escolha ( <i>atividade</i> )	-	
Realizar testes de estabilidade	Construir gráfico de controle	Construir gráfico de controle ( <i>abstrato</i> )	Construir gráfico de controle XmR com Statística
			Construir gráfico de controle XmR com Minitab
			Construir gráfico de controle XMmR com Minitab
			Construir gráfico de controle X-bar e R com Statística
			Construir gráfico de controle X-bar e R com Minitab
			Construir gráfico de controle X-bar e S com Minitab
			Construir gráfico de controle X-bar e S com Statística
			Construir gráfico de controle c com Statística
			Construir gráfico de controle c com Minitab
			Construir gráfico de controle u com Statística
			Construir gráfico de controle u com Minitab
			Construir gráfico de controle CUSUM com Statística
			Construir gráfico de controle CUSUM com Minitab
			Construir gráfico de controle EWMA com Statística
Construir gráfico de controle EWMA com Minitab			

	Aplicar testes de estabilidade	-	-	
	Identificar padrões de instabilidade	Aplicar testes de estabilidade complementares ( <i>concreto</i> )		
Realizar ações para estabilizar subprocesso	Coletar informações de contexto	-	-	
	Eliminar <i>outliers</i>	-	-	
	Identificar possíveis causas especiais	Identificar possíveis causas da falta de estabilidade ( <i>abstrato</i> )	Identificar possíveis causas com gráfico de Pareto – Statistica	
			Identificar possíveis causas com gráfico de Pareto – Minitab	
			Identificar possíveis causas com gráfico de Causa e efeito	
			Identificar possíveis causas com abordagem baseada em Grounded Theory (SCHOTS, 2010)	
			Identificar possíveis causas com abordagem baseada na Teoria das Restrições (COSTA, 2012)	
	Definir planos de ação	-	-	
Executar planos de ação	-	-		
Coletar medidas	-	-		
Confirmar estabilidade	Verificar necessidade de analisar novamente as medidas	Registrar a decisão tomada para confirmar a estabilidade do subprocesso ( <i>atividade</i> )	-	
Estabelecer <i>baseline</i> de desempenho	Armazenar informações	Estabelecer <i>baseline</i> de desempenho ( <i>atividade</i> )	-	

# CAPÍTULO 5 – REPOSITÓRIO DE CONHECIMENTO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO

*Neste capítulo, é apresentado como o repositório de conhecimento para análise de desempenho de processos do ambiente SPEAKER foi elaborado e organizado. A descrição completa dos itens de conhecimento que compõem este repositório é apresentada no Apêndice V.*

## 5.1 Introdução

Conforme discutido anteriormente, uma execução adequada da análise de desempenho de processos (ADP) de software depende do conhecimento e experiência da equipe responsável por esta análise em dois aspectos: (i) conhecimento técnico sobre os métodos e técnicas estatísticas e quantitativas aplicadas na ADP e (ii) conhecimento aprofundado sobre engenharia de software e o contexto organizacional no qual a análise será executada. É um desafio para as organizações de desenvolvimento de software encontrar profissionais capacitados que atendam a estes dois requisitos simultaneamente. A falta de conhecimento nestes aspectos é apontada como um dos fatores críticos para a implantação da ADP em uma organização de desenvolvimento de software (XIUXU *et al.*, 2009; SIMÕES *et al.*, 2013).

A estruturação e a disponibilização do conhecimento necessário podem ter um papel importante na execução da ADP, minimizando a dificuldade devida à falta de conhecimento técnico dos responsáveis por esta execução. Neste sentido, a gerência do conhecimento pode auxiliar a execução da ADP, pois ela visa prover mecanismos para coletar, armazenar e disponibilizar o conhecimento necessário no momento adequado (PETRASH, 1996).

No contexto da ADP, o conhecimento explícito encontra-se disperso em livros, artigos, dissertações e teses, o que dificulta o aprendizado e sua aplicação em organizações de desenvolvimento de software. Portanto, a organização deste conhecimento em uma única estrutura pode facilitar seu acesso e o aprendizado. Além disto, a organização desta estrutura inicial pode facilitar posteriormente a captura e registro do conhecimento tácito, tornando-o explícito e disponível. No contexto deste

trabalho, o conhecimento sobre ADP foi organizado em itens de conhecimento que compõem um repositório, permitindo armazenar, gerenciar e disponibilizar o conhecimento (DALKIR, 2005).

A organização dos itens de conhecimento sobre ADP poderia ser caracterizada como um corpo de conhecimento. De acordo com BOWEN e REEVES (2011), um corpo de conhecimento provê um conjunto de conceitos, termos, atividades e práticas que são úteis ou essenciais para determinado domínio. Um corpo de conhecimento também pode ser entendido como uma estruturação de conhecimento que profissionais de uma determinada área utilizam como base para guiar suas atividades, sendo visto como um conhecimento de consenso geral em uma comunidade quanto ao seu valor e utilidade (PMI, 2013). No entanto, no contexto deste trabalho, não foi possível capturar o ponto de vista de diversos especialistas com relação ao conhecimento necessário para realizar a ADP. Portanto, esta primeira organização do conhecimento não se enquadra complementamente na definição de um corpo de conhecimento.

Uma característica importante de um corpo de conhecimento, independente do domínio ao qual se refere, é a sua natureza evolutiva, ou seja, um corpo de conhecimento nunca está finalizado e precisa ser continuamente evoluído no decorrer do tempo (BOWEN e REEVES, 2011). Além disto, um corpo de conhecimento normalmente não contém a descrição de todo o conhecimento de uma área, mas é o resultado de um esforço para capturar os principais pontos da área em questão, bem como apresentar o referencial básico para uma descrição mais aprofundada. Estas duas características de um corpo de conhecimento também se aplicam ao repositório de conhecimento proposto.

A Seção 5.2 apresenta como o repositório de conhecimento para ADP do ambiente SPEAKER foi elaborado, a partir da identificação dos itens de conhecimento que o compõem. A Seção 5.3 discorre sobre a forma como estes itens de conhecimento foram organizados e disponibilizados. Por fim, as considerações finais deste capítulo são discutidas na Seção 5.4.

## **5.2 Identificação dos Itens de Conhecimento de Análise de Desempenho de Processos**

A criação de um repositório de conhecimento envolve questões relacionadas a como o conhecimento será adquirido e representado, qual a abrangência adequada do



conhecimento a ser apresentado, e como as revisões devem ser realizadas (BOWEN e REEVES, 2011). HENRY *et al.* (2013) apontam duas recomendações importantes para a organização de um corpo de conhecimento e que também se aplicam a um repositório de conhecimento: (1) devem ser identificadas claramente as fontes principais e indispensáveis para o conteúdo e (2) deve-se estabelecer uma estrutura inicial do corpo de conhecimento, permitindo que este corpo de conhecimento evolua no decorrer do tempo. Estas duas recomendações foram levadas em consideração na elaboração do repositório de conhecimento para ADP.

A identificação das fontes para o conteúdo foi realizada de forma incremental no decorrer da pesquisa e foi realizada a partir das revisões informais da literatura desta tese. As fontes iniciais se concentraram, principalmente, nos livros clássicos da área (WHEELER e CHAMBERS, 1992; FLORAC e CARLETON, 1999) e em publicações relacionadas à ADP aplicada na área de software. Posteriormente, novas fontes foram identificadas tanto na área de software como na área de manufatura. Algumas referências relacionadas ao *Six Sigma* também foram utilizadas como fonte. As referências utilizadas para cada item de conhecimento são citadas no Apêndice V.

Inicialmente, a coleta e a organização do conhecimento foram realizadas com foco na descrição dos tipos de gráficos de controle e de outras ferramentas de qualidade, tais como diagrama de Ishikawa, gráfico de Pareto, histograma, dentre outros. Estes itens de conhecimento foram descritos no formato de um catálogo e está disponível em (SCHOTS, 2013). Este catálogo possuía, dentre outras, as seguintes informações: descrição do método, contexto de aplicação do método, características dos dados aos quais o método se aplica (tipo do dado, tamanho da amostra, distribuição dos dados etc.), e um exemplo de aplicação do método na área de software.

Com a evolução da pesquisa, verificou-se a necessidade de também prover conhecimento às demais atividades de ADP. Neste sentido, como primeiro passo para averiguar qual conhecimento seria pertinente, foram identificadas as atividades e tarefas do processo proposto para ADP, permitindo posteriormente a identificação e estruturação dos itens de conhecimento a serem providos para auxiliar na execução das mesmas. Assim como a identificação das atividades/tarefas do processo, a identificação do conhecimento foi realizada de forma iterativa até se chegar à versão apresentada nesta tese.

Os itens de conhecimento foram descritos de forma a serem integrados ao processo de ADP proposto neste trabalho, pois o repositório de conhecimento tem o

principal objetivo de apoiar a execução deste processo. A Tabela 5.1 apresenta os itens de conhecimento que compõem o repositório de conhecimento e seu relacionamento com as tarefas do processo de ADP. A descrição completa dos itens de conhecimento é apresentada no Apêndice V.

**Tabela 5.1** – Itens de conhecimento identificados por tarefas do processo de ADP

Atividade	Tarefa	Item de conhecimento (IC)
<b>Preparar para Análise de Desempenho</b>		
Identificar pontos críticos	Consultar medidas	-
	Elaborar lista inicial de pontos críticos	IC.1 – Análise de documentos
	Preparar questionário para colaboradores	IC.2 – Técnica Wideband Delphi
	Realizar reunião de apresentação do questionário	-
	Responder questionário	-
	Agregar respostas ao questionário (1ª fase)	-
	Gerar nova versão do questionário	-
	Realizar reunião de discussão	-
	Rever respostas ao questionário	-
	Agregar respostas ao questionário (2ª fase)	-
	Identificar pontos críticos	-
Identificar subprocessos críticos	Identificar problemas críticos	IC.3 – Análise de causas
	Verificar necessidade de identificar causas de problemas críticos	-
	Identificar causas dos problemas críticos	IC.3 – Análise de causas
	Identificar subprocessos relacionados aos problemas	IC.4 – Subprocessos
Avaliar medidas	Avaliar adequação das medidas	IC.5 – Avaliação de medidas
	Realizar testes estatísticos para confirmar relacionamentos	IC.6 – Tipos de variáveis IC.7 – Diagrama de dispersão IC.8 – Testes estatísticos
Rever/Priorizar subprocessos para análise de desempenho	Preparar apresentação para alta direção	-
	Priorizar subprocessos críticos	-
Realizar ações para adequação de medidas	Estabelecer planos de ação	IC.9 – Sugestões de medidas para análise de desempenho
	Executar planos de ação	-

Atividade	Tarefa	Item de conhecimento (IC)
<b>Verificar Estabilidade</b>		
Selecionar gráfico de controle	Preparar planilha de medidas	-
	Identificar subgrupos homogêneos da medida	IC.10 – Subgrupos homogêneos
	Determinar características das medidas	IC.11 – Tipos de medida IC.12 – Distribuição de probabilidade
	Selecionar gráfico de controle apropriado	IC.13 – Gráfico de controle
Realizar testes de estabilidade	Construir gráficos de controle	-
	Aplicar testes de estabilidade	IC.14 – Testes de estabilidade
	Identificar padrões de instabilidade	IC.15 – Padrões de instabilidade
Realizar ações para estabilizar subprocesso (se necessário)	Coletar informações de contexto	IC.16 – Informações de contexto
	Eliminar <i>outliers</i>	-
	Identificar causas	IC.3 – Análise de causas IC.17 – Possíveis causas especiais
	Definir planos de ação	-
	Executar planos de ação	-
	Coletar medidas	-
Confirmar estabilidade	Verificar necessidade de analisar novamente as medidas	IC.18 – Recomendações
Estabelecer <i>baseline</i> de desempenho	Armazenar informações	IC.19 – <i>Baseline</i> de desempenho
<b>Estabelecer Modelo de Desempenho</b>		
Construir modelo de desempenho	Selecionar método para estabelecer modelo de desempenho	IC.20 – Modelo de desempenho
	Gerar modelo de desempenho	-
Avaliar modelo de desempenho	Verificar validade do modelo de desempenho	IC.21 – Avaliação do modelo de desempenho
	Avaliar a assertividade do modelo de desempenho	-

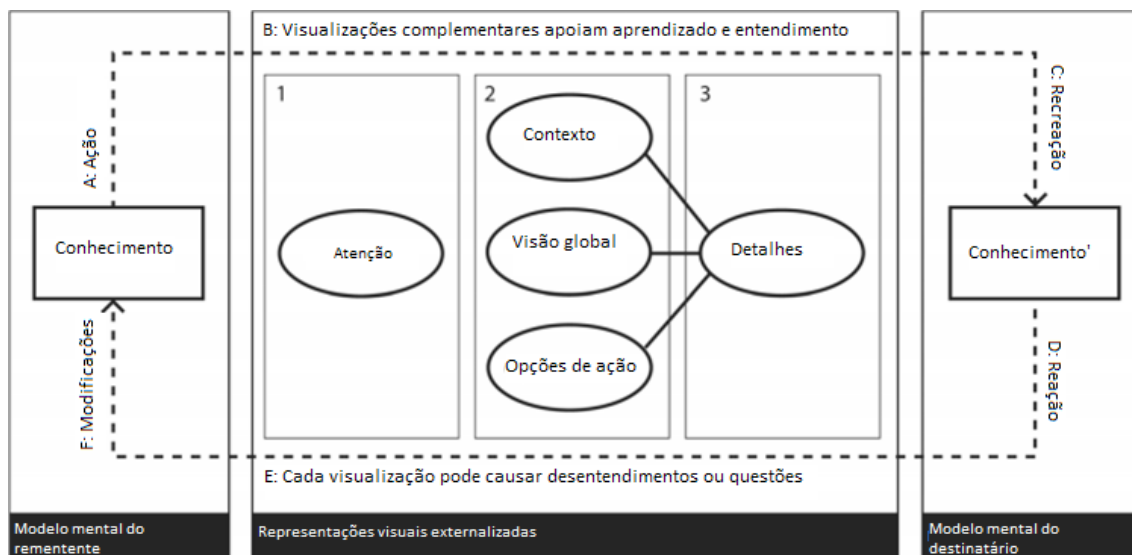
### **5.3 Estruturação e Apresentação dos Itens de Conhecimento**

Após a identificação e captura do conhecimento necessário, este deve ser organizado de forma sistemática, permitindo seu armazenamento e posterior recuperação. A estruturação ou codificação do conhecimento possui o objetivo de tornar o conhecimento acessível para todas as pessoas que necessitarem dele; para isto, o conhecimento deve se tornar explícito e organizado de forma que seja portátil e fácil de entender (DAVENPORT e PRUSAK, 2000).

Já a apresentação ou visualização do conhecimento, segundo EPPLER e BURKHARD (2007), compreende o uso de representações visuais para construir, avaliar e aplicar o conhecimento em um determinado contexto. Estas representações visuais são especialmente importantes para o compartilhamento e o uso do conhecimento, pois a partir destas atividades um conhecimento específico pode ser transmitido de uma pessoa (chamada “emissora”) para outra (chamada “destinatária”). O uso de representações visuais adequadas auxilia o destinatário a reconstruir, relembrar e aplicar o conhecimento transmitido (EPPLER e BURKHARD, 2007).

BURKHARD (2005) apresenta um modelo de visualização de conhecimento segundo o qual o conhecimento deve ser apresentado de forma gradual à pessoa destinatária para que possa ser bem assimilado. Segundo este modelo, o conhecimento deve ser apresentado em três etapas, conforme apresentado na Figura 5.1. Na primeira etapa, deve-se chamar a atenção da pessoa destinatária quanto à existência do conhecimento. Na segunda etapa, o destinatário deve ter acesso a uma visão global do conhecimento que está sendo apresentado, para que avalie seu interesse e necessidade de acessar mais detalhes sobre este conhecimento (o que comporia a terceira etapa).

De posse de um repositório de conhecimento, faz-se necessária a escolha de uma forma de estruturar e apresentar os itens de conhecimento. Há diversas formas possíveis, desde a textual, na qual o conhecimento é descrito sequencialmente, até o uso de técnicas de visualização nas quais o conhecimento é apresentado sob demanda.



**Figura 5.1** – Modelo de visualização do conhecimento (adaptado de BURKHARD, 2005)

Uma forma de estruturação e apresentação do conhecimento é por meio de mapas mentais, que são diagramas visuais que registram e organizam o conhecimento em torno de um tema central, a partir de sucessivas ramificações que detalham o tema, conectando conceitos e ideias (BUZAN e BUZAN, 1990). O mapa mental pode ser utilizado tanto como uma técnica de criação e captura de conhecimento tácito, como também uma forma de organizar o conhecimento explícito de uma determinada área (MEIER, 2007). Trata-se de uma técnica que tem sido muito aplicada para diversos propósitos, desde a criação de novas ideias no contexto da inovação até como auxílio no planejamento estratégico das organizações (ZIPP e MAHER, 2013).

De acordo com MEIER (2007), a mente humana assimila melhor o conhecimento quando este está estruturado de forma hierárquica e não linear, pois isto vai de acordo com o funcionamento do cérebro humano. O mapa mental possui uma estrutura hierárquica, a partir da qual os conceitos estão conectados a um único nó central e seus respectivos ramos (MEIER, 2007). A partir disto, é possível visualizar a estrutura do conhecimento sobre um tema, onde os conceitos mais gerais estão mais próximos ao centro do mapa e os conceitos mais específicos estão nas extremidades (BRINKMANN, 2003).

A forma como mapas mentais apresentam conhecimento é compatível com o modelo de visualização do conhecimento proposto por BURKHARD (2005), uma vez que apresenta formas de chamar a atenção do indivíduo para buscar mais detalhes do conhecimento apresentado. EPPLER (2006) descreve o mapa mental como um diagrama radial que representa a semântica e outras conexões entre os conceitos

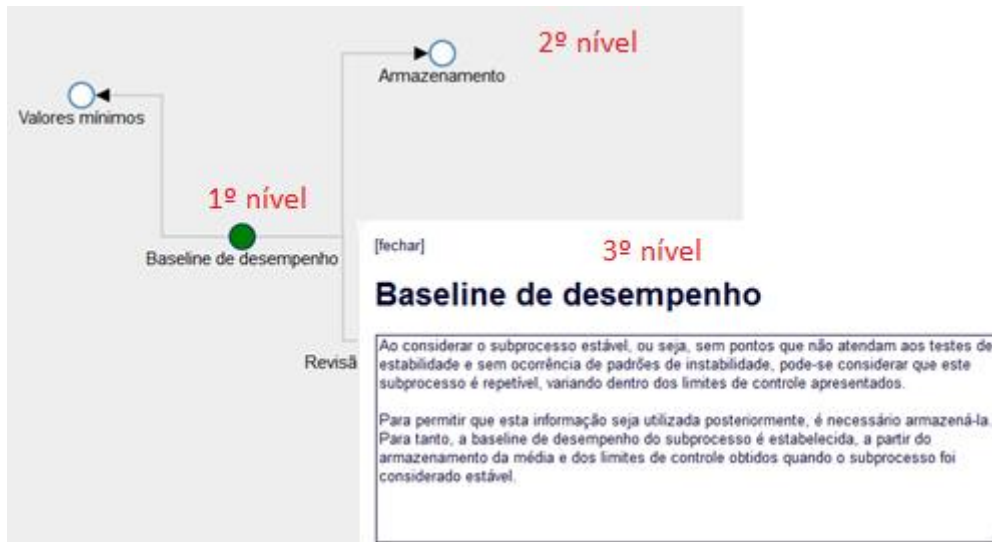
relacionados a um tema, a partir de cores e imagens hierarquicamente disponibilizadas. Apesar de ser uma técnica simples, o mapa mental possui elevada eficiência comprovada por meio de experimentos em diversas áreas (BRINKMANN, 2003; MEIER, 2007; TANG e CHIANG, 2009).

Uma vez que o conhecimento envolvido na ADP é complexo e extenso (por envolver diversas áreas), este deve ser apresentado gradualmente para o usuário para que seja bem entendido. Mapas mentais atendem a esta necessidade, por permitirem que os conceitos sejam apresentados aos poucos para o usuário, provendo uma visão geral sobre o tema e permitindo maior foco no conhecimento necessário ao “esconder” o conhecimento que não é relevante no momento (DYBA *et al.*, 2004). Desta forma, no contexto deste trabalho, optou-se pelo uso de mapas mentais para a representação e apresentação do conhecimento em ADP.

A identificação e a estruturação em mapas mentais dos itens de conhecimento necessários para a ADP foram realizadas no escopo desta tese. A fim de permitir o cadastro e acesso a estes itens de conhecimento, um projeto final de graduação foi orientado pela autora desta tese (BUSQUET, 2015). No Capítulo 6, são apresentadas mais informações sobre o apoio ferramental desenvolvido no contexto deste projeto final.

Neste repositório de conhecimento, a estruturação dos itens de conhecimento foi realizada em, pelo menos, três níveis, aumentando o nível de detalhes gradualmente: (i) no primeiro nível, o item de conhecimento é vinculado a uma tarefa do processo de ADP, apresentando somente o título do item de conhecimento (como apresentado na Tabela 5.1); (ii) no segundo nível são apresentados os principais tópicos relacionados ao item de conhecimento (que podem ser subdivididos, caso seja necessário, criando novos níveis intermediários entre o primeiro e o terceiro nível); (iii) no terceiro nível (nível folha), a descrição detalhada de cada tópico é apresentada. A Figura 5.2 apresenta um exemplo de um mapa mental do repositório de conhecimento para ADP e sua estrutura em níveis, onde: o primeiro nível é o título “*Baseline* de desempenho”; o segundo nível são os itens relacionados, a saber: “Armazenamento”, “Valores mínimos” e “Revisão periódica”; e o terceiro nível é a descrição detalhada de cada item apresentado na caixa representada na Figura 5.2.

Todos os mapas mentais que compõem o repositório de conhecimento são apresentados no Apêndice V.



**Figura 5.2** – Mapa mental do item de conhecimento “*Baseline de desempenho*”

## 5.4 Considerações Finais

Neste capítulo, foi apresentado como o repositório de conhecimento para ADP do ambiente SPEAKER foi elaborado, descrevendo como os itens de conhecimentos foram identificados e organizados. A identificação dos itens de conhecimento foi realizada principalmente a partir das revisões da literatura conduzidas durante a execução desta tese.

Uma vez que o conhecimento necessário para apoiar a execução da ADP é complexo e extenso, é recomendável que seja apresentado gradualmente para o usuário (EPPLER e BURKHARD, 2007). Desta forma, o mapa mental foi escolhido como a técnica para estruturar e disponibilizar os itens de conhecimento.

A solução proposta nesta tese visa organizar e estruturar o conhecimento necessário para a ADP. Além do repositório de conhecimento apresentado neste capítulo, pode-se ver o processo de ADP como uma forma de organização do conhecimento, por meio da descrição das atividades e tarefas, bem como sua sequência e dependências. Portanto, não se trata de um repositório de conhecimento genérico que possa ser utilizado em outros contextos, sem o processo de ADP.

Conforme apresentado no Capítulo 2, um mapeamento sistemático foi executado no intuito de identificar trabalhos que provesses algum suporte à captura e disponibilização do conhecimento necessário para executar a ADP. Somente a abordagem *SPC-Framework* (BALDASSARRE *et al.*, 2004; BOFFOLI, 2006; BALDASSARRE *et al.*, 2010) foi identificada neste contexto. Esta abordagem propõe algumas práticas de gerência do conhecimento para auxiliar a execução da ADP de



software, provendo conhecimento sobre a construção e interpretação do gráfico de controle XmR.

Como forma de capturar e armazenar as experiências sobre a execução da ADP seguindo o *framework* proposto, os autores desta abordagem sugerem uma tabela de decisão, conforme apresentado na Figura 5.3, na qual as seguintes informações são capturadas e armazenadas (BOFFOLI, 2006): (i) o tipo de gráfico de controle utilizado; (ii) os testes de estabilidade adequados para cada tipo de gráfico de controle; (iii) as ações recomendadas caso uma instabilidade no processo seja detectada; e (iv) as regras associadas entre os resultados dos testes de estabilidade e as ações recomendadas.

Este é o único trabalho identificado que estaria mais relacionado ao repositório de conhecimento proposto nesta tese. No entanto, a tabela de decisão é limitada quanto à abrangência do conhecimento, pois se limita a armazenar o conhecimento pontual sobre a aplicação de testes de estabilidade e as possíveis ações corretivas.

X chart	Nulo				RT1 ou RT2 ou RT3			RT4			RT 5 ou RT6			RT7		RT8
	Nulo	RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT7	RT8	Nulo ou RT1	RT8	-
<b>1. Sem ação</b>	x															
Conjunto de dados ainda é significativo																
<b>2. Sem ação</b>		x			x											
Somente alguns alarmes																
<b>3. Identificar um novo conjunto de dados</b>											x					
Mudança na variabilidade do desempenho																
<b>4. Identificar um novo conjunto de dados</b>								x								
Mudança na média do desempenho																
<b>5. Identificar uma nova medida</b>			x						x			x		x		
Mudanças nas fontes de variabilidade de desempenho																
<b>6. Sem ação</b>				x					x				x		x	x
Esperar por um novo ponto de estabilidade																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

**Figura 5.3** – Tabela de decisão utilizada pelo SPC-Framework (adaptado de BOFFOLI, 2006)

Outros trabalhos que podem ser considerados relacionados de alguma forma ao repositório de conhecimento desta tese são os corpos de conhecimento da área de engenharia de software, tais como SWEBOK (engenharia de software) (IEEE, 2014), SEBOK (engenharia de sistemas) (BKCASE, 2014), PMBOK (gerência de projetos) (PMI, 2013), BABOK (análise de negócios) (IIBA, 2011), dentre outros.

As principais diferenças entre o repositório de conhecimento para ADP e os corpos de conhecimento identificados na área de engenharia de software são:

- Ao contrário dos principais corpos de conhecimento na engenharia de software que são utilizados como referência em uma determinada área, o repositório de

conhecimento apresentado nesta tese está vinculado às atividades de um processo e, portanto, tende a ser utilizado de forma mais objetiva para auxiliar o usuário na execução de uma tarefa;

- A maioria dos corpos de conhecimento identificados é puramente textual, o que pode dificultar o acesso a um conhecimento específico; o uso de mapas mentais no repositório de conhecimento proposto permite que o usuário tenha acesso a uma visão geral dos itens relacionados ao tema e permite o acesso a um conhecimento específico necessário para o usuário.

Conforme mencionado anteriormente, a construção de um repositório de conhecimento possui um ciclo de vida evolutivo. Portanto, vale ressaltar que o repositório de conhecimento apresentado nesta tese é uma versão inicial, devendo ser estendida posteriormente, seja pelas organizações que o utilizarão ou por futuras pesquisas que possam complementar o conhecimento inicial provido por esta tese.

Os itens de conhecimento que compõem o repositório proposto foram parcialmente avaliados durante o estudo de viabilidade que avaliou a execução da etapa “Verificar Estabilidade” a partir do uso da ferramenta FAAD. Desta forma, os itens de conhecimento relacionados às tarefas desta etapa também foram avaliados, em termos da sua descrição e estrutura de apresentação. Este estudo de viabilidade será descrito no Capítulo 4.

No próximo capítulo, é apresentada a ferramenta de apoio para a análise de desempenho (FAAD), que, dentre outras funcionalidades, integra e disponibiliza os itens de conhecimento no processo de ADP, permitindo que sejam mantidos e evoluídos.

## **CAPÍTULO 6 – FAAD: FERRAMENTA DE APOIO À ANÁLISE DE DESEMPENHO**

*Neste capítulo, é apresentado o ferramental de apoio que permite o registro da execução das tarefas do processo de análise de desempenho e a disponibilização dos itens de conhecimento vinculados a este processo. O capítulo também apresenta como esta ferramenta realiza a integração entre os demais elementos do ambiente SPEAKER, garantindo seu funcionamento.*

### **6.1 Introdução**

A análise de desempenho de processos (ADP) compreende diversas atividades e tarefas, conforme apresentado no Capítulo 4, envolvendo o uso de diferentes mecanismos que podem auxiliar sua execução. Durante a execução da ADP, o responsável pela análise necessita realizar tomadas de decisão que o direcionam a execução de um fluxo particular de atividades e tarefas. Dado que a ADP é um processo extenso, o responsável pode ficar confuso durante sua execução e não realizá-la adequadamente. Neste contexto, verifica-se a necessidade de um apoio ferramental para auxiliar o responsável a tomar decisões de forma adequada e guiá-lo na execução das atividades e tarefas adequadas.

Neste sentido, a ferramenta de apoio à solução proposta desenvolvida no contexto desta tese, denominada FAAD (Ferramenta de Apoio à Análise de Desempenho), possui, no contexto do ambiente SPEAKER, o objetivo principal de guiar o usuário nas tarefas necessárias para executar a ADP, fornecendo o conhecimento necessário para realizar estas tarefas.

O desenvolvimento da FAAD visou atender os seguintes objetivos: (i) guiar o usuário na execução do processo de ADP; (ii) registrar os resultados obtidos por meio da execução do processo de ADP; (iii) disponibilizar os modelos de documentos (*templates*) do processo de ADP; (iv) integrar o repositório de conhecimento ao processo de ADP, permitindo sua disponibilização de forma gradual; (v) manter o repositório de conhecimento, permitindo a execução das atividades da gerência do

conhecimento; e (vi) prover a integração com os demais elementos que compõem o ambiente SPEAKER.

Uma versão preliminar desta ferramenta foi desenvolvida no contexto de um projeto final de graduação (BUSQUET, 2015) com orientação da autora desta tese. Esta versão foi desenvolvida já no contexto do ambiente A2M, mas de forma isolada dos demais componentes do ambiente SPEAKER.

No contexto desta tese, a partir desta versão inicial, foram realizadas as adaptações necessárias para estabelecer a integração da FAAD com os demais componentes do ambiente SPEAKER. Além da integração, outras funcionalidades foram implementadas, dentre elas: cadastro e disponibilização dos modelos de documentos (*templates*) junto às tarefas; disponibilização dos documentos anexados anteriormente durante a execução de uma tarefa; acréscimo de atributos relacionados ao registro de uma execução (responsável pela execução, subprocesso crítico a que se refere, medida do subprocesso etc.); funcionalidade para permitir continuar uma execução do processo de ADP a partir da tela inicial.

A FAAD é apresentada nas seções seguintes. Na Seção 6.2, os requisitos da ferramenta são apresentados. As principais funcionalidades da FAAD são apresentadas na Seção 6.3. Por fim, a Seção 6.4 apresenta as considerações finais deste capítulo.

## **6.2 Requisitos da FAAD**

No escopo da definição dos requisitos da ferramenta, foi realizada uma revisão da literatura, principalmente na área da gerência do conhecimento, a fim de identificar como a ferramenta poderia manter e disponibilizar os itens de conhecimento.

Durante a revisão da literatura, também foram identificados trabalhos que apresentam a gerência de conhecimento baseada em processos. De acordo com estes trabalhos, o conhecimento deve ser capturado, armazenado e disponibilizado durante a execução do processo. Desta forma, o conhecimento relevante é armazenado e disponibilizado, promovendo o aprendizado organizacional (HOLZ, 2002; MONTONI, 2003; NATALI, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2009; SARNIKAR e DEOKAR, 2010).

A partir dos objetivos estabelecidos para a ferramenta e da revisão da literatura realizada, um conjunto de requisitos foi estabelecido, conforme apresenta a Tabela 6.1

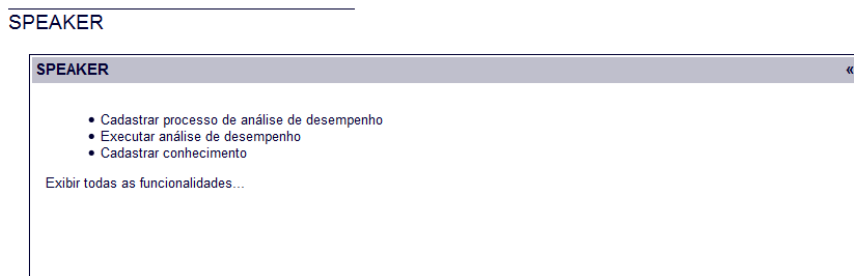
**Tabela 6.1** – Requisitos da ferramenta de apoio à análise de desempenho (FAAD)

ID	Requisito
RF1	A ferramenta deve permitir o cadastro e manutenção do processo de ADP, com a descrição de suas etapas, atividades e tarefas, bem como a correta sequência entre elas.
RF2	A ferramenta deve permitir associar um elemento de processo reutilizável da Base de Elementos de Processos Reutilizáveis à tarefa do processo de ADP à qual ele esteja relacionado.
RF3	A ferramenta deve permitir o cadastro de modelos de documentos relacionados às tarefas do processo.
RF4	A ferramenta deve permitir a gerência dos itens de conhecimento (isto é, deve permitir o cadastro, atualização, remoção e recuperação dos itens de conhecimento) e o estabelecimento dos relacionamentos dos itens de conhecimento com as respectivas tarefas.
RF5	A ferramenta deve permitir a gerência dos itens de conhecimento em uma estrutura hierárquica e em representação de mapa mental.
RF6	A ferramenta deve guiar o usuário durante a execução do processo de ADP.
RF7	A ferramenta deve permitir o armazenamento dos resultados da execução do processo de ADP.
RF8	A ferramenta deve permitir o acesso gradual aos itens de conhecimento durante a execução do processo de ADP.
RF9	A ferramenta deve se integrar à ferramenta de instanciação e execução (FIE), fornecendo as informações necessárias para a instanciação de uma linha de processo e seus elementos de processo, conforme os resultados anteriores da execução do processo de ADP.

Os requisitos RF1 a RF3 estão associados ao cadastro do processo de ADP, permitindo o cadastro das atividades e tarefas descritas no Capítulo 4; este cadastro é apresentado com mais detalhes na Seção 6.3.1. O requisito RF4 permite o cadastro dos itens de conhecimento, enquanto o requisito RF5 está realizado à estruturação destes itens, conforme descrito no Capítulo 5; a concretização destes requisitos é apresentada na Seção 6.3.2. Os requisitos RF6 a RF9 estão relacionados à execução do processo de ADP e são realizados por meio da funcionalidade da ferramenta descrita na Seção 6.3.3.

### **6.3 Principais Funcionalidades**

Os requisitos apresentados na seção anterior foram implementados em três funcionalidades principais da FAAD: cadastro de processo, cadastro de conhecimento e acompanhamento da execução do processo. Estas funcionalidades são apresentadas na tela inicial do ambiente SPEAKER apresentada na Figura 6.1 e são descritas nas subseções a seguir.



**Figura 6.1** – Principais funcionalidades da FAAD

Conforme informado no Capítulo 3, a FAAD foi desenvolvida integrada ao ambiente SPEAKER, utilizando a infraestrutura provida pelo ambiente A2M. Desta forma, a interface da FAAD segue o mesmo padrão adotado nas ferramentas que compõem o A2M. Também foram utilizados os mecanismos de persistência no banco de dados já providos pelo ambiente A2M.

### **6.3.1 Cadastro de processo**

O cadastro de processo na FAAD tem o objetivo de registrar o processo de ADP, seguindo a estrutura definida no Capítulo 4: etapas, atividades e tarefas. Apesar de ter sido desenvolvida com o propósito de cadastrar especificamente o processo de ADP, a ferramenta foi desenvolvida de forma que possa ser utilizada em outros contextos.

No cadastro de uma etapa ou uma atividade, devem ser informados o nome e a descrição da etapa ou atividade, bem como o conjunto de atividades ou tarefas que compõem a etapa ou atividade, respectivamente. A Figura 6.2 apresenta um exemplo de cadastro de uma atividade. Estes cadastros atendem ao requisito RF1 da FAAD.

Confirmar Cancelar

Atividade

Nome: Identificar subprocessos críticos Descrição: Esta atividade tem o objetivo de identificar quais subprocessos são críticos para a organização e que, portanto, são candidatos a serem objetos da análise de desempenho. Estes subprocessos são identificados a partir dos objetivos estratégicos, dos problemas críticos da organização e as causas destes problemas.

Tarefas

«« « 1 2 3 » »

Selecionar todos Deselecionar todos +

	Nome ↕	Descrição ↕	Decisão ↕	Elemento de processo ↕	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aplicar questionário de percepção dos colaboradores	Aplicar o questionário adaptado para o contexto organizacional visando identificar a percepção dos colaboradores. Todos os colaboradores da organização (ou pelo menos um representante de cada função exercida na organização) devem responder ao questionário. Desta forma, obtém-se uma visão mais ampla da organização, com a percepção de diversos setores.			 
<input checked="" type="checkbox"/>	Analisar respostas ao questionário de percepção dos colaboradores	Após o preenchimento do questionário pelos colaboradores, o grupo de processos deve analisar as respostas obtidas, por meio do			 

Figura 6.2 – Exemplo de cadastro de uma atividade na FAAD

O cadastro das tarefas apresenta diferenças dos demais cadastros. Além de informar o título e descrição da tarefa, devem ser informados: (i) o modelo de documento relacionado àquela tarefa (atendendo ao requisito RF3); (ii) a questão de decisão e as respectivas regras que conduzirão o usuário à próxima tarefa informada, dependendo da resposta obtida durante a execução da tarefa; estas regras implementam os pontos de decisão do processo; e (iii) o elemento de processo reutilizável associado àquela tarefa (atendendo ao requisito RF2). Nenhum destes itens é obrigatório: estes só devem ser informados quando pertinente. A Figura 6.3 apresenta um exemplo do cadastro de uma tarefa que possui estes itens.

Tarefa

Nome: 
 Descrição:

Decisão: 
 Elemento de processo:

Modelos de artefatos

Nome ↕	
Questionário para identificação de percepção	<input type="button" value="✎"/> <input type="button" value="✕"/>

Regras

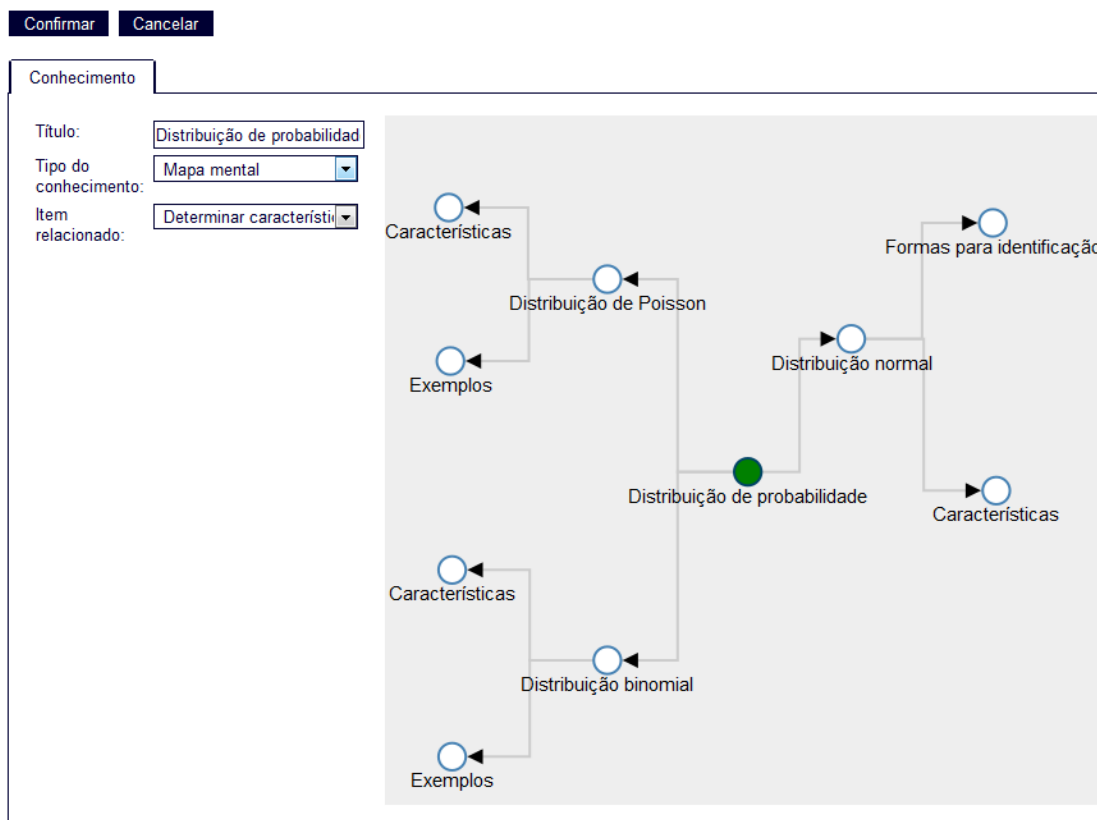
Nome ↕	Opção ↕	Próxima Tarefa ↕	
Seq 2		Aplicar questionário de percepção dos colaboradores	<input type="button" value="✎"/> <input type="button" value="✕"/>

**Figura 6.3** – Exemplo de cadastro de uma tarefa na FAAD

### 6.3.2 Cadastro de conhecimento

A FAAD permite o cadastro dos itens de conhecimento que compõem o repositório de conhecimento sobre ADP. O cadastro destes itens pode ser realizado atualmente em dois formatos: mapa mental ou textual. O formato de mapa mental é utilizado para apresentar gradualmente o conhecimento sobre um determinado tópico, conforme foi estruturado o repositório de conhecimento apresentado no Capítulo 5. A FAAD também permite o cadastro do conhecimento no formato textual, sendo este mais apropriado para o cadastro (por parte do usuário) de alguma lição aprendida ou recomendação relacionada a uma determinada tarefa do processo de ADP. O cadastro do conhecimento é apresentado na Figura 6.4 e atende requisito RF4 da FAAD.





**Figura 6.4** – Cadastro do conhecimento

A construção do mapa mental foi realizada a partir da biblioteca D3.js (BOSTOCK, 2015), que provê uma estrutura básica para manipulação de documentos baseados em dados, permitindo sua visualização. Um mapa mental desenvolvido utilizando D3.js<sup>5</sup> foi adaptado para se tornar mais adequado ao contexto deste trabalho (BUSQUET, 2015).

O nó central de um mapa mental representa o conceito principal a ser definido (o 1º nível apresentado na Figura 5.2) e os nós relacionados (nós-filhos) detalham ou especificam algum aspecto deste conceito (2º nível). Cada nó que possua nós-filhos pode ser escondido ou mostrado de acordo com as necessidades do usuário. Caso o usuário desejar obter mais informações sobre um determinado nó (3º nível), os detalhes são apresentados a partir da interação do usuário. Esta estrutura atende ao requisito RF5 da FAAD.

O cadastro de um item de conhecimento, seja no formato de mapa mental ou textual, está sempre relacionado a uma atividade ou tarefa do processo de ADP. O

<sup>5</sup> Disponível em: <http://bl.ocks.org/jdarling/2d4e84460d5f5df9c0ff>

acesso ao cadastro de conhecimento pode ser realizado a partir da tela inicial do ambiente SPEAKER (conforme apresentado na Figura 6.1) ou durante a execução de uma determinada tarefa do processo de ADP, conforme apresentado na Figura 6.5.

**Atividade: Identificar subprocessos críticos**

Esta atividade tem o objetivo de identificar quais subprocessos são críticos para a organização e que, portanto, são candidatos a serem objetos da análise de desempenho. Estes subprocessos são identificados a partir dos objetivos estratégicos, dos problemas críticos da organização e as causas destes problemas.

**Preparar questionário de percepção dos colaboradores**

Paralelamente à análise dos documentos organizacionais e de projetos, deve-se identificar junto aos colaboradores da organização qual é o grau de percepção da existência de práticas relacionadas à qualidade de processo e produto na organização, bem como o grau de contribuição destas práticas para o alcance dos objetivos estratégicos e de outros objetivos (tais como satisfação do cliente, qualidade do produto etc.).

Observações:

+ Add

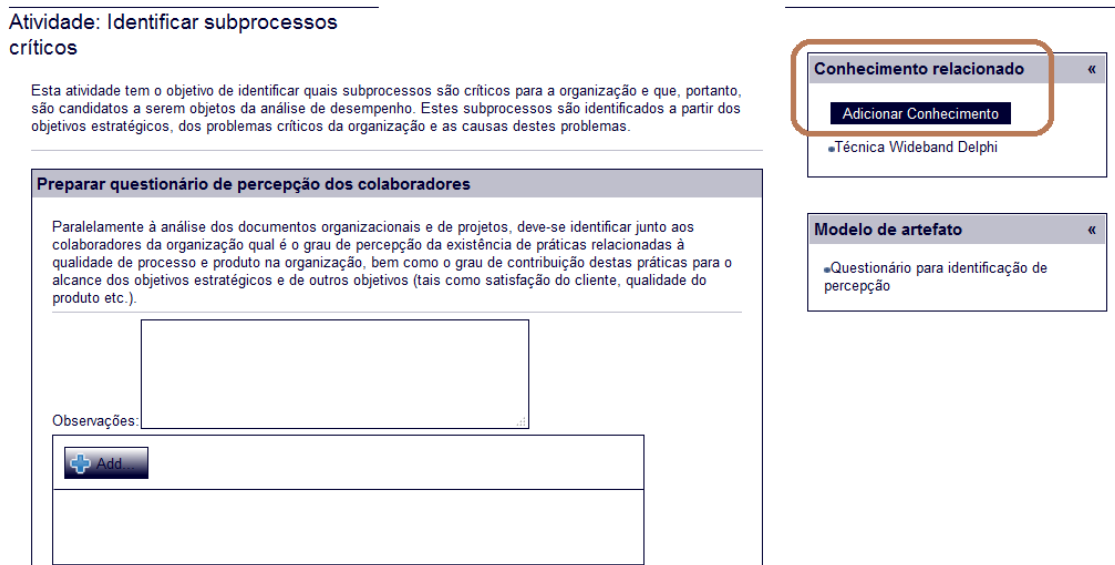
**Conhecimento relacionado**

Adicionar Conhecimento

• Técnica Wideband Delphi

**Modelo de artefato**

• Questionário para identificação de percepção



**Figura 6.5** – Acesso ao cadastro do conhecimento durante a execução do processo

### 6.3.3 Acompanhamento da execução do processo

A principal funcionalidade da FAAD é o acompanhamento da execução do processo de ADP, uma vez que guia o usuário para a execução adequada da ADP a partir do processo e suas regras cadastradas, além de disponibilizar os modelos de documentos e os itens de conhecimento relacionados às tarefas, na medida em que estas são acessadas pelo usuário.

Ao acessar esta funcionalidade, o usuário deve primeiramente cadastrar as informações sobre a execução da ADP, registrando a identificação da análise (número ou sigla), o nome do responsável pela execução, a etapa do processo a ser executada e o nome da unidade organizacional, conforme apresentado da Figura 6.6. Desta forma, o registro da execução de uma determinada etapa do processo é feita de forma independente, pois cada etapa possui um número diferente de execução: para cada análise, a etapa “Preparar para Análise de Desempenho” é realizada somente uma vez; já a etapa “Verificar Estabilidade” é realizada  $n$  vezes, sendo  $n$  o número de medidas relacionadas aos subprocessos críticos da organização consideradas adequadas para a ADP; e a etapa “Estabelecer Modelo de Desempenho” é realizada  $m$  vezes, sendo  $m$  o número de relacionamentos entre as medidas identificados na primeira etapa.

## Execução de Análise de Desempenho

**Confirmar** **Cancelar**

Execução

Identificação:  Nome do Responsável:   
Início da Análise: 2016-02-25 16:02:43.0 Fim da Análise:  
Etapa da Análise:\*  Organização:

Resultados

«« « » »»

Etapa	Atividade	Tarefa	Observações	
Preparar para Análise de Desempenho	Identificar subprocessos críticos	Analisar documentos organizacionais e de projetos	resultado com anexo	 
Preparar para Análise de Desempenho	Identificar subprocessos críticos	Preparar questionário de percepção dos colaboradores	sem anexo	 

«« « » »»

**Figura 6.6** – Cadastro da análise de desempenho a ser realizada

Uma particularidade ao executar a etapa “Verificar Estabilidade” é que o usuário deve informar (i) o subprocesso da organização que será analisado e (ii) a medida relacionada a este subprocesso que será avaliada, conforme apresentado na Figura 6.7.

Etapa: Verificar Estabilidade

O objetivo desta etapa é verificar se o subprocesso crítico em questão é estável com relação à medida selecionada. Esta etapa deve ser executada individualmente para cada subprocesso crítico e para cada uma de suas medidas consideradas adequadas à análise de desempenho.

Selecione o subprocesso crítico que deseja analisar:\*

Selecione a medida crítica que deseja analisar:\*

**Iniciar Etapa**

**Conhecimento relacionado** «

**Adicionar Conhecimento**

**Figura 6.7** – Seleção do subprocesso crítico e sua medida para a execução da etapa “Verificar Estabilidade”

Tanto o acompanhamento da execução do processo como o acesso aos itens de conhecimento são exemplificados na Figura 6.8.



**Figura 6.8** – Exemplo de acompanhamento da execução do processo

Nessa figura, à esquerda, é possível ver o nome da etapa do processo de ADP sendo executada (conforme descrito no Capítulo 4), bem como as atividades pertencentes a esta etapa. Na parte central, é exibido o nome e a descrição da atividade sendo executada, e as tarefas do processo de ADP relacionadas a esta atividade são apresentadas uma de cada vez, de acordo com a sequência definida no processo (respeitando as regras que definem possíveis mudanças de fluxo em função dos resultados das tarefas), atendendo aos requisitos RF6. Neste momento, o usuário pode armazenar os resultados obtidos durante a execução da tarefa, descrevendo-os textualmente ou anexando um arquivo, se pertinente (de acordo com o requisito RF7). Na parte à direita, são apresentados os itens de conhecimento e os modelos de documentos relacionados à tarefa sendo executada.

A integração com a ferramenta FIE é realizada durante a execução do processo, conforme apresentado na Figura 6.9. Quando uma tarefa está relacionada a um elemento de processo reutilizável do tipo abstrato, o usuário deve selecionar qual variante deseja executar. Esta seleção é apoiada pelos itens de conhecimento relacionados à tarefa em questão. Quando uma tarefa está relacionada a um elemento de processo reutilizável do tipo concreto, esta seleção não é necessária. A Figura 6.9 apresenta o exemplo de uma tarefa que está vinculada a um elemento de processo do tipo abstrato e, portanto, o usuário deve informar a variante da atividade que deseja utilizar. Desta forma, o requisito RF9 é atendido.



**Figura 6.9** – Integração com a ferramenta FIE

Em ambos os casos, o usuário deve selecionar a opção “Gerar linha de processo” (sinalada na Figura 6.9) a partir do qual é redirecionado para a FIE. No final da realização da tarefa na FIE (com a disponibilização de *scripts*, quando for pertinente), o usuário é redirecionado para a FAAD para continuar a execução do processo. Neste momento, o usuário deve informar se o resultado obtido com a execução da tarefa foi adequado ou não. Caso a execução não tenha sido adequada em sua opinião, a FAAD permite uma nova execução da tarefa, sempre fazendo as chamadas à FIE quando pertinente.

Além de guiar o usuário pelo processo de ADP e permitir o acesso às demais ferramentas que compõem o ambiente SPEAKER, a FAAD disponibiliza os itens de conhecimento anteriormente cadastrados. Os itens de conhecimento são apresentados de acordo com a tarefa que está sendo executada no momento, sendo apresentados somente aqueles relacionados à tarefa atual, atendendo ao requisito RF8. Exemplos da disponibilização dos itens de conhecimento podem ser verificados na Figura 6.5 e na Figura 6.9.

Conforme mencionado no Capítulo 5, esta forma de apresentação do conhecimento segue o modelo de visualização de BURKHARD (2005), pois a ferramenta apresenta um conjunto de itens de conhecimento relacionados durante a execução de uma tarefa, chamando a atenção do usuário. Caso o usuário julgue que algum item de conhecimento apresentado é relevante e deseje obter mais informações sobre ele, poderá visualizá-lo por meio da estrutura do mapa mental, que oferece uma

visão global sobre o item de conhecimento e permite que o usuário obtenha mais detalhes sob demanda.

## **6.4 Considerações Finais**

Este capítulo apresentou a ferramenta de apoio à ADP, denominada FAAD, que possui como principais objetivos guiar o usuário durante a execução do processo de ADP e disponibilizar os itens de conhecimento adequadamente.

Foram apresentados os requisitos da ferramenta derivados dos objetivos da pesquisa conduzida nesta tese e dos resultados da revisão da literatura em gerência de conhecimento. Neste sentido, a FAAD apoia a realização das seguintes atividades do ciclo de vida do conhecimento: (i) armazenamento do conhecimento, por meio da estruturação em mapas mentais, e (ii) uso do conhecimento, por meio da disponibilização gradual do conhecimento sobre ADP durante a execução do processo.

As demais atividades do ciclo de vida do conhecimento são realizadas como etapas da pesquisa desta tese, a saber: (i) identificação do conhecimento, realizado a partir da identificação das atividades e tarefas para ADP e das revisões da literatura em ADP; e (ii) criação do conhecimento, a partir da coleta e organização do conhecimento distribuído em diversas fontes reunindo-o em um repositório de conhecimento. No entanto, cabe ressaltar que a FAAD permite que o usuário crie/cadastre novos conhecimentos na medida em que estes forem identificados (por exemplo, uma lição aprendida).

A ferramenta FAAD foi avaliada por um estudo de viabilidade no qual o uso do ambiente SPEAKER como um todo foi verificado. Este estudo de viabilidade é apresentado no Capítulo 8. O capítulo a seguir apresenta um exemplo de uso do ambiente SPEAKER, no qual as funcionalidades da FAAD e sua integração com os demais componentes do ambiente são demonstradas.

# CAPÍTULO 7 – EXEMPLO DE USO DO AMBIENTE SPEAKER

*Este capítulo apresenta um exemplo de uso do ambiente SPEAKER, envolvendo o processo proposto para análise de desempenho, os itens de conhecimento e o apoio ferramental.*

## 7.1 Introdução

Este capítulo apresenta um exemplo de uso do ambiente SPEAKER e seus componentes com o objetivo de mostrar o seu funcionamento. A execução do ambiente foi realizada por meio de um cenário fictício derivado a partir de dados reais gentilmente fornecidos por uma organização de desenvolvimento de software que foi avaliada com sucesso no nível A do MR-MPS-SW. Por motivos de confidencialidade, seu nome não será divulgado.

Durante a descrição do exemplo de uso, os componentes do ambiente SPEAKER serão apresentados quando pertinente. A ferramenta de apoio à análise de desempenho (FAAD) e a ferramenta de instanciação e execução do processo (FIE) serão referenciadas por meio de suas siglas no decorrer do texto, enquanto os elementos de processo serão referenciados por meio dos seus nomes cadastrados na Base de Elementos de Processos Reutilizáveis.

O cenário utilizado neste exemplo é apresentado na Seção 7.2. As demais seções apresentam os resultados da execução das etapas do processo de ADP proposto (apresentado no Capítulo 4), a saber: “Preparar para Análise de Desempenho” (Seção 7.3), “Verificar Estabilidade” (Seção 7.4), e “Estabelecer Modelos de Desempenho” (Seção 7.5). A Seção 7.6 apresenta as considerações finais deste capítulo.

Vale ressaltar que, enquanto a FAAD é utilizada em todo o processo, fornecendo apoio para a execução das tarefas e disponibilizando os modelos de documentos e itens de conhecimento relacionados, a FIE provê apoio para as tarefas que possuem elementos de processos relacionados, apoiando na seleção destes e na instanciação de linhas de processo.

## 7.2 Cenário do Exemplo

Conforme mencionado anteriormente, o cenário utilizado neste exemplo de uso foi derivado a partir de dados reais de uma organização de desenvolvimento de software que disponibilizou, para esta pesquisa, medidas coletadas durante 10 meses em seus projetos. Tais projetos foram avaliados no contexto de uma avaliação no nível A do MR-MPS-SW e algumas de suas medidas foram utilizadas na ADP. De posse destas medidas, um cenário fictício foi elaborado para que fosse possível executar as demais tarefas do processo de ADP proposto nesta tese, apresentando as características da organização e algumas informações de contexto. Este cenário é apresentado a seguir.

*A Organização Ômega (nome fictício) desenvolve produtos de software em diversos segmentos e faz a customização destes produtos de acordo com solicitações dos clientes. A organização possui o nível C do MR-MPS-SW e está iniciando os esforços necessários para obter o nível B do MR-MPS-SW.*

*A organização definiu que a transição do nível C para o nível B seria responsabilidade do grupo de processos, composto por três pessoas exclusivamente dedicadas às atividades de melhoria de processos na organização. Todos os membros do grupo de processos possuem sólido conhecimento em engenharia de software e fizeram um treinamento de introdução à alta maturidade de processos. No entanto, não possuem conhecimento aprofundado em estatística e nos conceitos da ADP.*

*A Organização Ômega possui os seguintes objetivos estratégicos definidos para o período 2015-2017: (i) aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional; (ii) diminuir a taxa de defeitos entregues para o cliente; e (iii) garantir a satisfação do cliente por meio do entendimento de suas necessidades e expectativas.*

*Há três tipos de projetos sendo executados pela organização; cada tipo de projeto utiliza uma tecnologia diferente e possui uma equipe fixa de desenvolvedores. Cada equipe possui um gerente de projeto e dois analistas de sistemas; o número de desenvolvedores e testadores varia entre 3 a 11 pessoas. As três equipes de desenvolvimento são: equipe Java (com 3 desenvolvedores e 2 testadores), equipe PHP (com 2 desenvolvedores e 1 testador) e equipe Cobol (com 8 desenvolvedores e 3 testadores). Somente um projeto é executado por vez por cada equipe de desenvolvimento, sendo que cada projeto possui duração fixa de um mês. Todos os projetos utilizam a mesma versão do processo de desenvolvimento.*



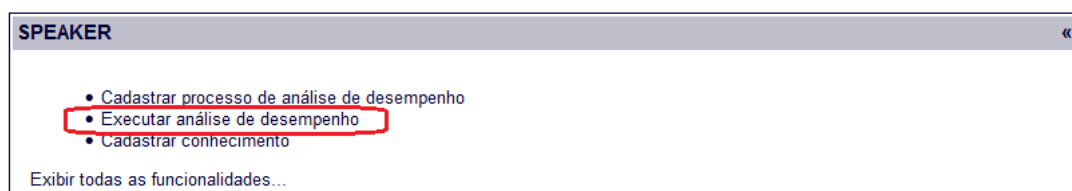
A Organização Ômega possui um processo de medição institucionalizado nos projetos, estabelecendo que as medidas devem ser coletadas quinzenalmente. Para analisar as medidas durante a ADP, a organização possui uma licença do software estatístico Minitab e utilizará como apoio o ambiente SPEAKER.

### 7.3 Etapa: Preparar para Análise de Desempenho

Ao iniciar o processo de ADP, o grupo de processos da Organização Ômega deve identificar os subprocessos críticos da organização. Junto à alta direção, o grupo de processos estabeleceu que esta identificação deve ser realizada anualmente, após a revisão do planejamento estratégico, e os trabalhos decorrentes para a análise destes subprocessos seriam realizados no decorrer do ano. Estabeleceu-se, também, que todas as tarefas da etapa “Preparar para Análise de Desempenho” seriam executadas de forma conjunta por todos os membros do grupo de processos, sendo a maioria das tarefas realizadas por meio de reuniões entre estes membros.

Na FAAD, o grupo de processos acessa a funcionalidade de executar a ADP (Figura 7.1) e registra as informações de uma nova execução. Como informado na Seção 6.3.3, para cada execução das etapas do processo devem ser registradas as informações de execução na FAAD. Neste registro, o grupo de processos indica um identificador para a análise, o nome da organização, a etapa a ser realizada (“Preparar para Análise de Desempenho”) e o responsável pela análise, conforme é apresentado na Figura 7.2.

SPEAKER



**Figura 7.1** – Tela inicial da FAAD

## Execução de Análise de Desempenho

**Confirmar** **Cancelar**

Execução

Identificação: ID-PreparacaoADP\_2016 Nome do Responsável: Grupo de processos

Início da Análise: Fim da Análise:

Etapa da Análise.\* Preparar para Análise c Organização: Organização Ômega ▾

Resultados

«« « » »»

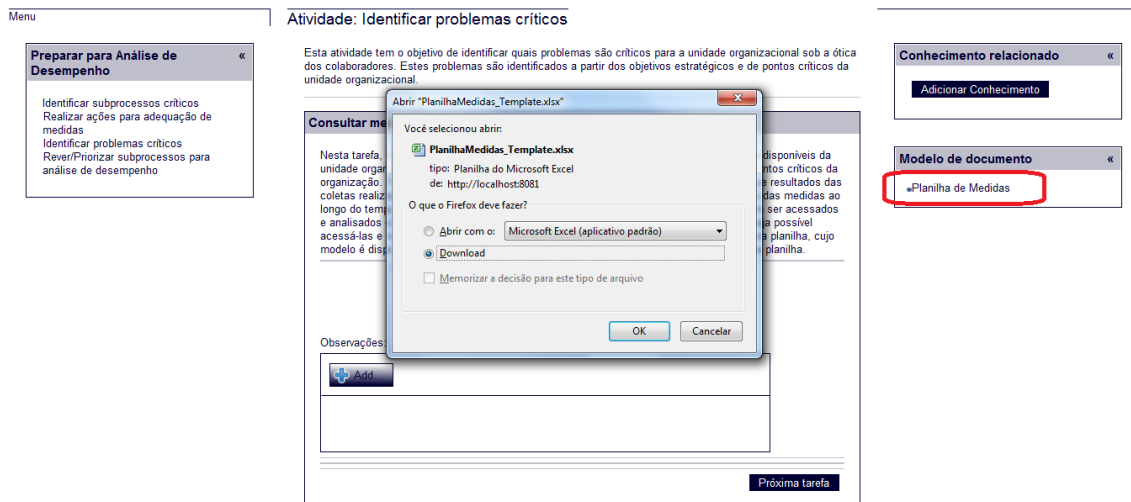
Etapa	Atividade	Tarefa	Observações
«« « » »»			

**Confirmar** **Cancelar**

**Figura 7.2** – Cadastro da execução da etapa “Preparar para Análise de Desempenho”

Na primeira tarefa desta etapa, “Consultar medidas”, o grupo de processos constata que as medidas coletadas dos projetos não estão organizadas de forma que pudessem ser analisadas em conjunto ao longo do tempo. Cada gerente de projeto elabora um relatório de medição mensal, apresentando as medidas coletadas no período, mas sem compará-las com o período anterior. Esta análise comparativa é realizada informalmente durante a reunião de apresentação dos relatórios de medição junto à alta direção. Todas as medidas de um projeto são armazenadas em planilhas, uma para cada mês, impossibilitando a análise conjunta dos valores de uma medida ao longo do tempo.

Como a organização atual das medidas não está adequada, o grupo de processos acessa o modelo de documento “Planilha de Medidas” disponibilizado na FAAD (Figura 7.3) e realiza a organização destas medidas de acordo com este modelo, conforme a descrição da tarefa. Cada medida é organizada em uma única planilha, de forma que seus valores possam ser comparados ao longo do tempo a partir de um gráfico disponibilizado pelo modelo, além de registrar as informações de contexto das medidas coletadas. Um exemplo da planilha preenchida é apresentado na Figura 7.4 (com as informações de contexto dos projetos) e na Figura 7.5 (com informações sobre as coletas realizadas).



**Figura 7.3** – Acesso ao modelo de documento “Planilha de Medidas” na FAAD

Preencha os campos em amarelo a seguir com relação às informações de contexto referentes às coletas realizadas da medida.  
 Estas informações serão úteis para a identificação de conjuntos homogêneos de valores, bem como auxiliarão na análise de possíveis causas especiais.

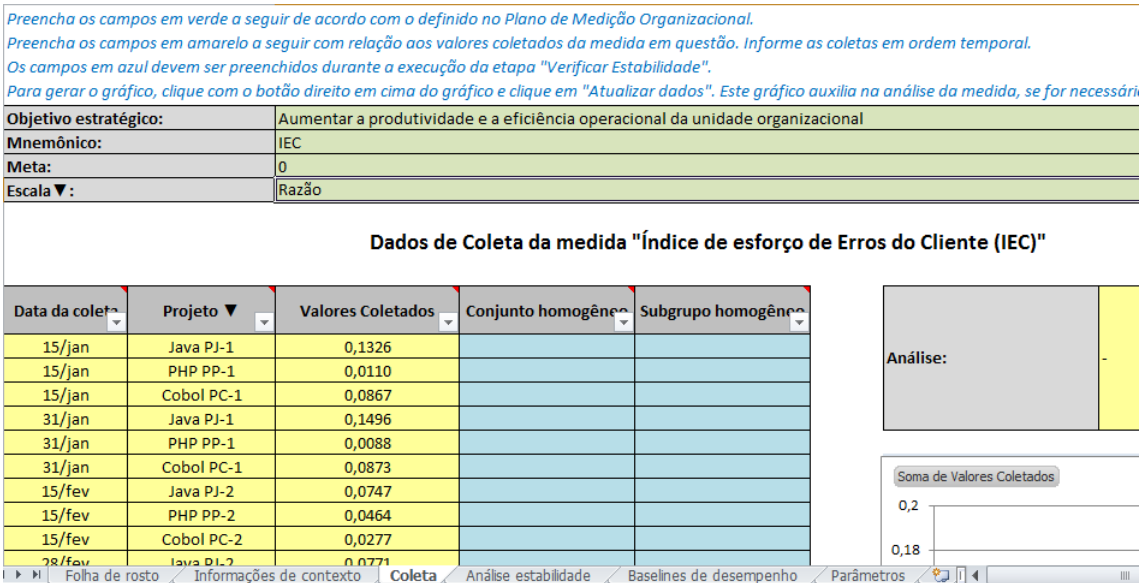
**Informações de contexto de “Índice de esforço de Erros no Cliente (IEC)”**

Projetos	Tamanho do projeto		Versão processo	Tecnologia	Tipo de desenvolvimento	Tamanho da equipe	Complexidade	Nome do Cliente
	Valor	Unidade						
Java PJ-1	205	Pontos por Caso de Uso	3.0	Java	Desenvolvimento	Pequena	Média	Cliente Java 1
PHP PP-1	650	Pontos por Função	3.0	PHP	Desenvolvimento	Micro	Alta	Cliente PHP 1
Cobol PC-1	185	Pontos por Função	3.0	Cobol	Desenvolvimento	Média	Baixa	Cliente Cobol 1
Java PJ-2	1250	Pontos por Caso de Uso	3.0	Java	Desenvolvimento	Pequena	Alta	Cliente Java 1
PHP PP-2	450	Pontos por Caso de Uso	3.0	PHP	Desenvolvimento	Micro	Média	Cliente PHP 3
Cobol PC-2	985	Pontos por Função	3.0	Cobol	Desenvolvimento	Média	Alta	Cliente Cobol 2
Java PJ-3	100	Pontos por Função	3.0	Java	Desenvolvimento	Pequena	Baixa	Cliente Java 2
PHP PP-3	840	Pontos por Caso de Uso	3.0	PHP	Desenvolvimento	Micro	Alta	Cliente PHP 4
Cobol PC-3	95	Pontos por Função	3.0	Cobol	Desenvolvimento	Média	Baixa	Cliente Cobol 3
Java PJ-4	760	Pontos por Função	3.0	Java	Desenvolvimento	Pequena	Alta	Cliente Java 3
PHP PP-4	410	Pontos por Caso de Uso	3.0	PHP	Desenvolvimento	Micro	Média	Cliente PHP 5
Cobol PC-4	910	Pontos por Função	3.0	Cobol	Desenvolvimento	Média	Alta	Cliente Cobol 2
Java PJ-5	1156	Pontos por Função	3.0	Java	Desenvolvimento	Pequena	Alta	Cliente Java 4
PHP PP-5	105	Pontos por Caso de Uso	3.0	PHP	Desenvolvimento	Micro	Baixa	Cliente PHP 4
Cobol PC-5	59	Pontos por Função	3.0	Cobol	Desenvolvimento	Média	Baixa	Cliente Cobol 1
Java PJ-6	348	Pontos por Função	3.0	Java	Desenvolvimento	Pequena	Média	Cliente Java 1

**Figura 7.4** – Preenchimento da Planilha de Medidas para a medida IEC – Informações de contexto

Ao finalizar a organização das medidas, o grupo de processos anexa as planilhas geradas na FAAD e segue a execução da etapa.

Na próxima tarefa, “Elaborar lista inicial de pontos críticos”, o grupo de processos analisa as planilhas de medidas geradas e busca identificar os pontos críticos que afetam os objetivos estratégicos da organização. A partir dos gráficos elaborados pelas planilhas, o grupo de processos pode identificar algumas tendências nos projetos e visualizar o quanto alguns dos valores coletados distanciam da meta inicialmente estabelecida para as medidas. Quando os valores são muito discrepantes da meta, o grupo de processos consulta os relatórios de monitoração dos projetos relacionados a fim de identificar possíveis problemas recorrentes.



**Figura 7.5** – Preenchimento da Planilha de Medidas para a medida IEC – Coleta

Ao final desta análise, o grupo de processos identifica os seguintes pontos críticos, que são registrados na FAAD:

- Há muito retrabalho devido a falhas identificadas durante os testes de sistema;
- Auditorias da qualidade do documento de requisitos são ineficazes, pois não identificam não conformidades que são descobertas ao longo do desenvolvimento; e
- Muitas falhas são identificadas pelo cliente durante a homologação externa.

Na tarefa seguinte, “Preparar questionário para os colaboradores”, o grupo de processos acessa o modelo de documento “Questionário para Identificação de Pontos Críticos” disponibilizado na FAAD. Este modelo apresenta uma lista de possíveis pontos críticos que são normalmente identificados durante o desenvolvimento de software, e que devem ser adaptados para cada organização.

O grupo de processos considera conveniente utilizar os pontos críticos sugeridos no modelo, adaptando alguns deles de acordo com a análise que tinham feito anteriormente e acrescentando os pontos que não são sugeridos no modelo, mas que são pertinentes para a organização. Por exemplo, o ponto crítico sugerido pelo modelo “Há muito retrabalho” é adaptado sendo subdividido em dois pontos: “Há muito retrabalho devido a falhas identificadas nos testes de sistema” e “Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente”. Além disto, o grupo de processo acrescenta o ponto crítico “As auditorias de qualidade são ineficazes”. Conforme solicitado no modelo, o questionário também é customizado acrescentando os objetivos estratégicos da

Organização Ômega. Uma visão parcial do questionário adaptado é apresentada na Figura 7.6.

**Questionário de possíveis pontos críticos**

*Para cada item do Questionário, informe o quanto você percebe a existência dos pontos listados na unidade organizacional numa escala de 0 (não está presente) a 3 (está muito presente). Informe também o quanto você considera que estes pontos afetam a unidade organizacional (em termos dos seus objetivos estratégicos, cliente e negócio) numa escala de 0 (nenhum) a 3 (muito alto). Em qualquer item, caso você não saiba ou não se sinta confortável em responder, por favor, coloque N/A (Não se Aplica) em sua resposta. Se achar pertinente, inclua outros pontos críticos além dos listados previamente.*

ID	Possíveis pontos críticos	Ponto existe na unidade organizacional?	Afeta objetivo estratégico?		Afeta a satisfação do cliente?	Afeta sucesso do negócio?
		Qual o grau de percepção? ▼	Qual objetivo estratégico? ▼	Qual o grau de impacto? ▼	Qual o grau de impacto? ▼	Qual o grau de impacto? ▼
1	Os prazos não são cumpridos					
2	Os custos estão fora do planejamento					
3	A produtividade da equipe é baixa					
4	Há muito retrabalho devido a falhas identificadas nos testes de sistema					
5	Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente					
6	As auditorias de qualidade são ineficazes					
7	Há muitos defeitos identificados nos testes de					

**Figura 7.6** – Questionário para Identificação dos Pontos Críticos adaptado pelo grupo de processos (visão parcial)

Ainda nesta tarefa, o grupo de processos acessa o item de conhecimento relacionado, “Técnica Wideband Delphi” (Figura 7.7), que descreve como deve ocorrer a intervenção de alguns colaboradores da organização para a identificação de sua opinião quanto aos pontos críticos. A partir deste conhecimento, o grupo de processo também elabora, de acordo com o modelo disponibilizado na FAAD, a apresentação (*slides*) que deve ser utilizada para a reunião com os colaboradores envolvidos.

[Voltar](#)

Conhecimento

Título:

Tipo do conhecimento:

[fechar]

### Passos do Wideband Delphi

Os seguintes passos devem ser realizados (as tarefas correspondentes do processo estão indicadas entre parênteses no decorrer da descrição dos passos):

- (i) Reunião de **kickoff** (Realizar reunião de apresentação da consulta): os participantes que irão responder ao questionário são convocados para uma reunião para apresentar o objetivo da consulta, o questionário e o método de aplicação;
- (ii) Obtenção das respostas (Aplicar questionário): os participantes respondem ao questionário de forma anônima e independente por cada um dos participantes;
- (iii) Análise das respostas (Analisar respostas ao questionário (1ª fase)): o grupo de

**Figura 7.7** – Item de conhecimento “Técnica Wideband Delphi”

Ao finalizar a adaptação do questionário e da apresentação, o grupo de processos anexa os documentos na FAAD e prossegue a execução do processo. Para realizar a próxima tarefa, “Realizar reunião de apresentação do questionário”, o grupo de processos agenda uma reunião com os colaboradores. Além dos três membros do grupo de processo, são convocados para esta reunião os três gerentes de projetos e o gerente de portfólio (que também exerce o papel de gerente comercial da organização). Um dos membros do grupo de processos é o responsável pela coleta e análise da medição de todos os projetos, e outro membro do grupo de processos é responsável pela garantia da qualidade de todos os projetos. Portanto, estes membros do grupo de processos também respondem ao questionário. É definido que o terceiro membro do grupo de processos não deve responder o questionário, sendo o responsável por analisar as respostas obtidas, a fim de preservar o anonimato das respostas, conforme indicado pela Técnica Wideband Delphi. Para facilitar a descrição das tarefas seguintes, este membro do grupo de processos será denominado “membro responsável”.

No dia marcado para a reunião, o membro responsável (i) apresenta o objetivo da pesquisa que será realizada por meio do questionário, (ii) descreve o questionário e a técnica Wideband, e (iii) define as datas para a realização das tarefas a serem realizadas posteriormente, a saber: entrega dos questionários respondidos, análise das respostas ao questionário, reunião para apresentação dos resultados e nova entrega dos questionários com as respostas revisadas. Finalizada a reunião, o membro responsável elabora a ata da reunião e a anexa na FAAD.

Na próxima tarefa, “Responder questionário”, o membro responsável envia por e-mail o questionário de possíveis pontos críticos e recorda o prazo estabelecido durante a reunião. Cada colaborador envolvido nesta pesquisa responde individualmente o questionário e o envia para o membro responsável dentro do prazo estabelecido. Ao receber todos os questionários respondidos, o membro responsável os anexa na FAAD e continua a execução do processo.

Ao realizar a tarefa seguinte, “Agregação de respostas ao questionário (1ª fase)”, o membro responsável acessa o modelo de documento “Análise dos Questionários” disponibilizado na FAAD e inicia a análise das respostas. A primeira análise que o modelo sugere é com relação ao número de participantes necessários para que as respostas ao questionário sejam consideradas significativas. Ao informar o número de colaboradores da organização que exercem os papéis indicados no modelo, o membro responsável verifica que, para obter respostas significativas, todos os colaboradores

devem responder ao questionário (Figura 7.8). Isto era esperado, porque a Organização Ômega possui um número reduzido de colaboradores nestes papéis e, portanto, a opinião de cada um é relevante.

Calcule o número de respondentes necessários para que as respostas obtidas neste questionário sejam consideradas significativas. Para isto, informe a seguir o número total de pessoas da organização que assumem uma das seguintes funções:

Função	Quantidade
Direção	1
Gerente de portfólio	1
Membro do Escritório de Projetos	0
Gerente do setor comercial	1
Membro da equipe do setor comercial	0
Gerente de projetos	3
Gerente de produto	0
Gerente de garantia da qualidade	1
Membro da equipe de garantia da qualidade	0
Responsável pela coleta e/ou análise de medidas	1
<b>Total</b>	<b>8</b>

Número necessário de respondentes	8
-----------------------------------	---

Fórmula calculada automaticamente a partir do número total dos colaboradores, e levando em consideração os seguintes parâmetros:  
 - nível de confiança = 95%  
 - erro = 5%

na de rosto Cálculo número de respondentes Agregação-1ª fase Gráficos-1ª fase Agregação-2ª fase Gráficos-2ª fase (objetivos) Gráficos-2ª fase (quili

**Figura 7.8** – Cálculo de número de colaboradores para responderem o questionário

Seguindo as instruções do modelo de documento (Figura 7.9), o membro responsável informa as respostas dos colaboradores ao questionário e obtém os gráficos apresentados na Figura 7.10. Estes gráficos são gerados automaticamente pelo modelo a fim de apresentá-los para os colaboradores na próxima tarefa.

Esta planilha deve ser utilizada para auxiliar a 1ª fase da agregação das respostas dos respondentes, a fim de caracterizar os principais pontos críticos da unidade organizacional. Para cada respondente (R1, R2...), informe o número relacionado ao grau de percepção de existência dos pontos críticos na unidade organizacional, e o número relacionado aos graus de impacto para cada objetivo estratégico, para a satisfação do cliente e para o sucesso do negócio. As respostas fornecidas irão gerar automaticamente gráficos para auxiliar na análise das respostas. Estes gráficos são apresentados na aba "Gráficos - 1ª fase".

ID	Pontos críticos avaliados	Grau de percepção de existência						Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional						Satisfação do cliente por atendimento de suas necessidades e expectativas								
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R3	R4	R5	R6					
1	Os prazos não são cumpridos	0	2	1	3	0	2															
2	Os custos estão fora do planejado	2	1	2	2	0	2															
3	A produtividade da equipe é baixa	1	3	2	1	1	1	3	2	3	3	2	3									
4	Há muito retrabalho devido a falhas identificadas nos testes de sistema	2	3	3	1	1	2	3	2	2	1	2	2									
5	Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente	3	2	2	3	3	1	3	3	3	3	3	3									
6	As auditorias de qualidade são ineficazes	3	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1									
7	Há muitos defeitos identificados nos testes de homologação	2	2	2	3	1	2							2	3	3	3	2	2			
8	A qualidade do produto na entrega é baixa	2	1	2	3	1	2										3	3	2	2	2	2
9	Há muito custo de manutenção	2	1	2	1	0	1	2	2	1	1	1	1									

**Figura 7.9** – Documento “Análise dos Questionários” preenchido com as respostas dos colaboradores

Ao finalizar a agregação das respostas, o membro responsável anexa o documento na FAAD e, como os colaboradores não acrescentaram nenhum ponto crítico além dos já listados no questionário, informa este fato na FAAD (Figura 7.11). Ainda nesta tarefa, o membro responsável envia os gráficos da análise por e-mail para cada colaborador individualmente, a fim de analisarem sua resposta frente às respostas dos outros colaboradores. Para permanecer o anonimato das respostas, o membro responsável informa no e-mail o respectivo identificador assumido pelo colaborador durante a análise (R1, R2, R3,..., Rn, sendo n o número de colaboradores).

Os gráficos gerados nesta planilha são derivados das respostas aos questionários e devem ser apresentados para todos os respondentes durante a reunião de discussão, a fim de revisarem suas respostas na segunda rodada da aplicação dos questionários. Antes da reunião de discussão com os respondentes, estes gráficos devem ser enviados a cada respondente, separadamente a fim de que verifiquem sua resposta ante à resposta demais. Ao enviar os gráficos, o grupo de processo deve informar ao respondente qual o identificador (R1, R2...) corresponde ao respondente em questão.

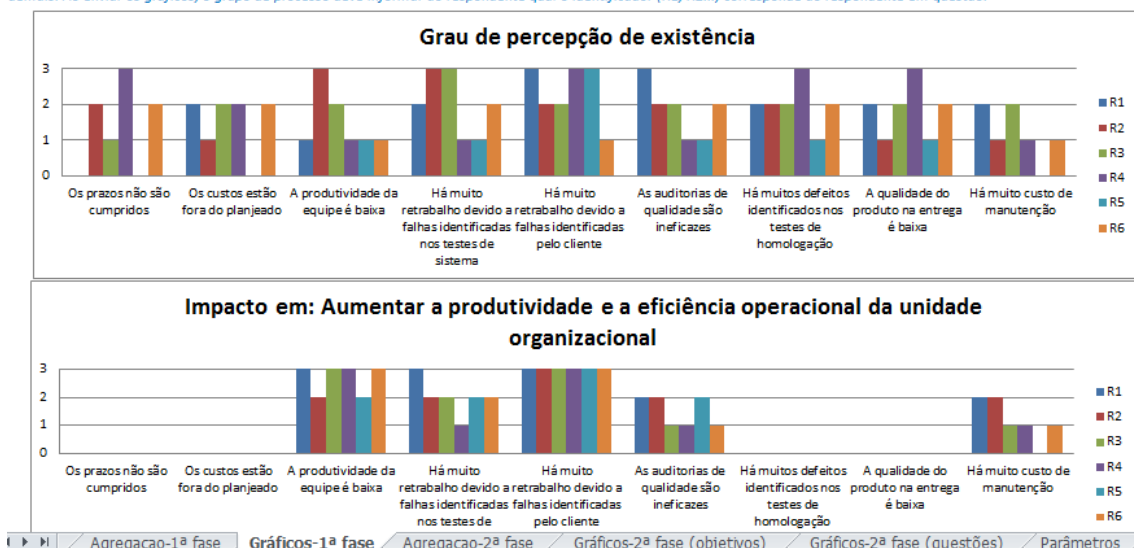


Figura 7.10 – Exemplos de gráficos gerados a partir das respostas dos colaboradores

Menu

Atividade: Identificar problemas críticos

Esta atividade tem o objetivo de identificar quais problemas são críticos para a unidade organizacional sob a ótica dos colaboradores. Estes problemas são identificados a partir dos objetivos estratégicos e de pontos críticos da unidade organizacional.

Conhecimento relacionado

Adicionar Conhecimento

Modelo de documento

Análise dos Questionários

**Preparar para Análise de Desempenho**

- Identificar subprocessos críticos
- Realizar ações para adequação de medidas
- Identificar problemas críticos
- Rever/Priorizar subprocessos para análise de desempenho

**Agregar respostas ao questionário (1ª fase)**

O grupo de processos compila as respostas obtidas utilizando o modelo de documento disponibilizado na ferramenta FAAD. Para se ter um resultado significativo, deve-se calcular o número de respondentes efetivos a partir do número de colaboradores convocados. Este cálculo leva em consideração o nível de confiança pretendido e é realizado a partir do modelo disponibilizado. A partir da compilação das respostas, gráficos que permitem a comparação das respostas são gerados automaticamente. Estes gráficos devem ser enviados individualmente por e-mail para todos os respondentes a fim de que possam avaliar sua resposta em comparação com as respostas dos demais respondentes e analisarem possíveis discrepâncias. Para isto, o grupo de processos deve sinalizar ao respondente sua resposta dentre as respostas apresentadas nos gráficos. O grupo de processos deve, ainda, elaborar uma apresentação com os gráficos gerados no modelo para a reunião de discussão com todos os respondentes. Caso os respondentes tenham acrescentado novos pontos críticos ao questionário, o grupo de processos deverá incluí-los na apresentação.

Observações

+

AnaliseQuestionarios\_1fase.xlsx

Done

Há novos pontos críticos acrescentados pelos respondentes?\*

Não

Próxima tarefa

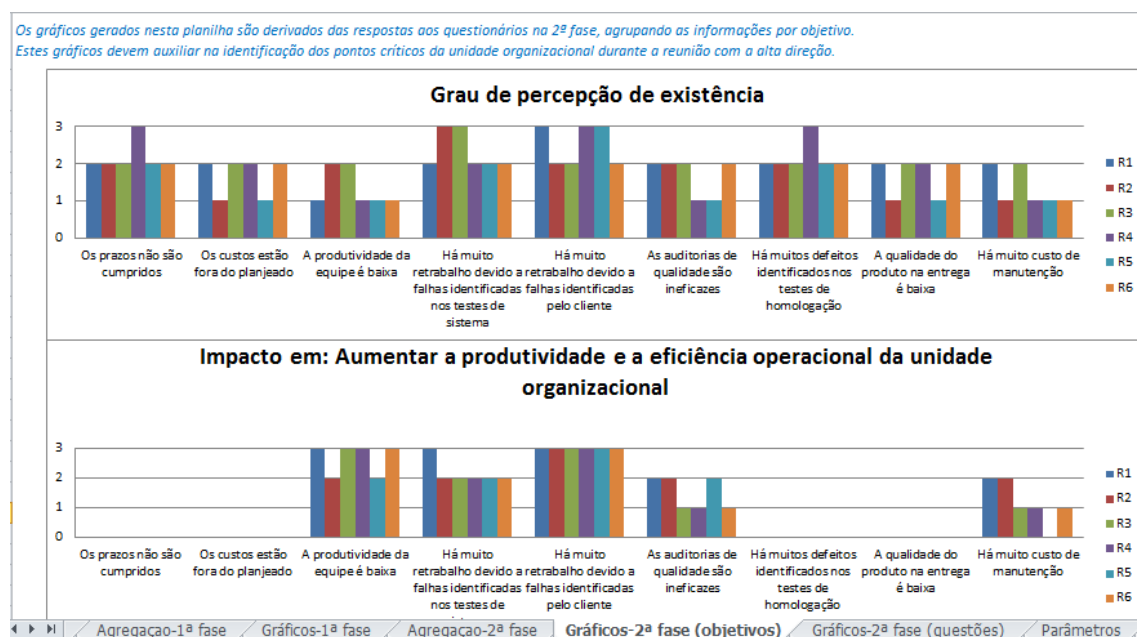
Figura 7.11 – Tarefa “Agregar respostas ao questionário (1ª fase)” com resultados

De acordo com as regras do processo cadastradas na FAAD, o membro responsável é direcionado para a tarefa “Realizar reunião de discussão”. No dia planejado, a partir da descrição da tarefa, o membro responsável conduz a reunião com todos os colaboradores que responderam ao questionário, apresentando os gráficos das respostas. O membro responsável chama atenção principalmente para as respostas discrepantes, tais como as obtidas para o grau de percepção de existência do ponto crítico “os prazos não são cumpridos”, que variaram de 0 (não está presente) a 3 (está muito presente), conforme pode ser observado no primeiro gráfico da Figura 7.10.



Em casos como estes, os colaboradores apresentam seus pontos de vista com relação a suas respostas, no intuito de diminuir a discrepância entre elas, se possível. Terminada a reunião, o membro responsável encaminha novamente os questionários para cada colaborador e solicita que revisem as respostas; a alteração das respostas fornecidas anteriormente não é obrigatória, mas os comentários realizados durante a reunião deveriam ser levados em consideração.

Na próxima tarefa na FAAD, “Rever respostas ao questionário”, o membro responsável anexa os questionários revisados pelos colaboradores após estes retornarem por e-mail. Na tarefa seguinte, “Agregar respostas ao questionário (2ª fase)”, o membro responsável agrega as novas respostas obtidas no documento Análise dos Questionários, na aba correspondente à segunda fase da análise. Não houve consenso entre os colaboradores em alguns pontos críticos, mas no geral houve uma diminuição da discrepância da resposta, conforme pode ser observado na Figura 7.12.



**Figura 7.12** – Exemplos de gráficos gerados a partir das respostas obtidas na 2ª fase

A partir dos gráficos gerados, o grupo de processos elabora uma nova apresentação (*slides*) a ser utilizada durante a reunião com a alta direção, para apresentar os resultados obtidos a partir das respostas dos colaboradores e validar a lista de pontos críticos da Organização Ômega. A apresentação e o documento “Análise dos Questionários” atualizado são anexados no FAAD.

Seguindo o processo, na tarefa “Identificar pontos críticos”, o grupo de processos se reúne com o diretor da organização e apresenta os gráficos gerados a partir da análise das respostas dos questionários. O diretor concorda com a lista de pontos

críticos apresentados e, com base no grau de percepção de existência e no grau de impacto nos objetivos informados pelos colaboradores no questionário, define a prioridade destes pontos junto com o grupo de processos. No final da reunião, o grupo de processo acessa o modelo de documento “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos” disponível na FAAD e o preenche com os pontos críticos priorizados durante a reunião. Esta lista de pontos críticos é apresentada na Figura 7.13.

#### Lista dos pontos críticos

*Liste os pontos críticos da unidade organizacional identificados após a reunião com a alta direção.*

*Cada ponto crítico deve ser relacionada a um ou mais objetivos estratégicos que são afetados por este ponto.*

ID	Ponto crítico	Afeta qual objetivo estratégico? ▼	Prioridade	Observações
1	Os prazos não são cumpridos	Garantir a satisfação do cliente por meio do entendimento de suas necessidades e expectativas	6	
2	Os custos estão fora do planejado	Garantir a satisfação do cliente por meio do entendimento de suas necessidades e expectativas	7	
3	A produtividade da equipe é baixa	Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional	4	
4	Há muito retrabalho devido a falhas identificadas nos testes de sistema	Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional	2	
5	Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente	Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional	1	
6	As auditorias de qualidade são ineficazes	Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional	9	
7	Há muitos defeitos identificados nos testes de homologação	Diminuir a taxa de defeitos entregues para o cliente	3	
8	A qualidade do produto na entrega é baixa	Garantir a satisfação do cliente por meio do entendimento de suas necessidades e expectativas	5	
9	Há muito custo de manutenção	Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional	8	

Pontos críticos Ishikawa-1º nível - 5 Problemas críticos Subprocessos críticos Parâmetros

**Figura 7.13** – Lista de pontos críticos da Organização Ômega

Para realizar a próxima tarefa, “Identificar problemas críticos”, o grupo de processos teve dúvidas quanto à realização da análise de causas solicitada na descrição desta tarefa. Portanto, acessa o item de conhecimento relacionado, o qual descreve o uso da análise de causas e suas técnicas, inclusive o diagrama de Ishikawa, conforme apresentado na Figura 7.14.

A partir do conhecimento obtido sobre a elaboração do diagrama de Ishikawa e do modelo disponibilizado no documento “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos”, o grupo de processos se reúne com os colaboradores que preencheram o questionário, a fim de identificarem os problemas que causam os pontos críticos identificados anteriormente. Para cada um dos nove pontos críticos, é gerado um diagrama de Ishikawa. Um exemplo de diagrama de Ishikawa elaborado para o ponto crítico “Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente” é apresentado na Figura 7.15.

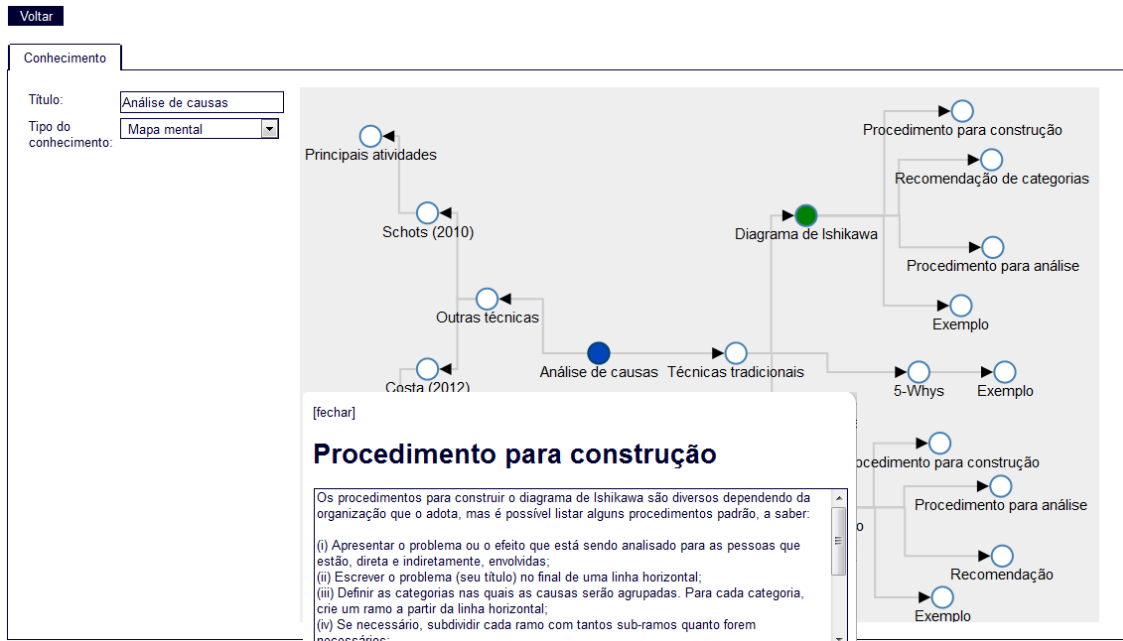


Figura 7.14 – Item de conhecimento “Análise de causas”

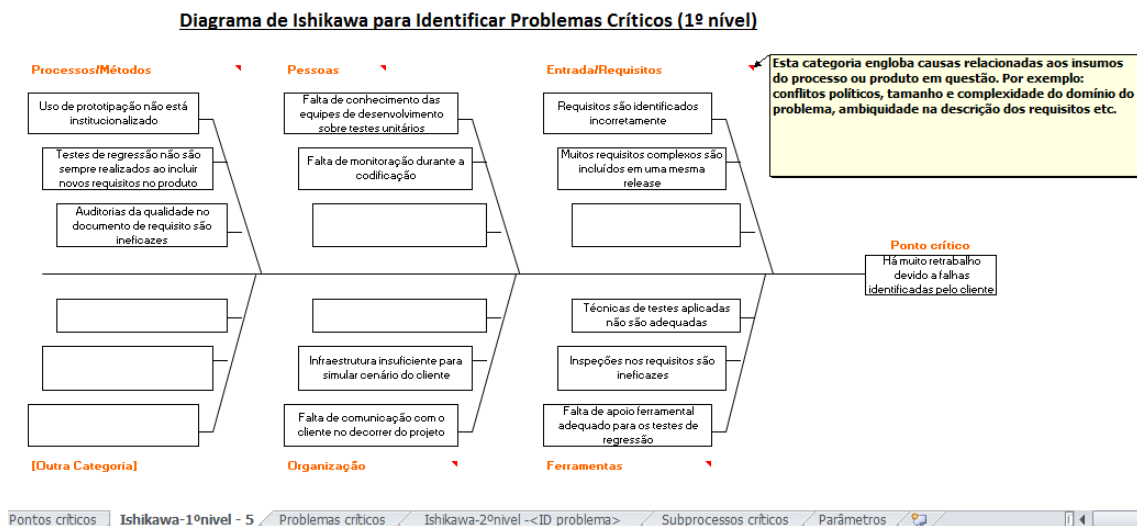


Figura 7.15 – Diagrama de Ishikawa do ponto crítico “Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente”

Após a elaboração dos diagramas de Ishikawa, o grupo de processos elenca, dentre as causas identificadas, as principais causas relacionadas diretamente ao processo de desenvolvimento e as registra na aba “Problemas críticos” da Lista de Problemas e Subprocessos Críticos. Por exemplo, os problemas críticos relacionados ao ponto crítico “Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente” são: (i) inspeções nos requisitos são ineficazes, (ii) auditorias da qualidade no documento de requisito são ineficazes e (iii) falta de monitoração durante a codificação.

A partir da FAAD, o grupo de processos prossegue com a execução do processo. Na tarefa “Verificar necessidade de identificar causas de problemas críticos”, o grupo de processos analisa os diagramas de Ishikawa elaborados anteriormente e seus membros não veem necessidade de realizar uma nova análise de causas para decompor algum dos problemas críticos. Ao informar esta decisão na FAAD, o grupo de processo é direcionado para a tarefa “Identificar subprocessos relacionados aos problemas”.

O grupo de processos não é familiarizado com o termo “subprocessos”. Portanto, acessam o item de conhecimento relacionado na FAAD. O grupo de processos verifica que as atividades (conjunto de tarefas) descritas no processo de desenvolvimento da Organização Ômega atendem às características de subprocessos apresentadas no item de conhecimento (tais como “entrega de um resultado bem definido e que pode se repetir ao longo do processo”, e “é relevante para ser medido”). Desta forma, estas atividades são identificadas como subprocessos da organização.

Uma vez entendido o significado de subprocessos, o grupo de processos identifica quais destes estão relacionados aos problemas críticos estabelecidos anteriormente e os registra na aba “Subprocessos críticos” da Lista de Problemas e Subprocessos Críticos. Além dos subprocessos relacionados aos problemas críticos, o grupo de processos analisa, conforme solicitado na tarefa, quais dos pontos críticos estão relacionados diretamente ao processo de desenvolvimento. Para estes pontos críticos também são identificados subprocessos relacionados. Alguns dos subprocessos críticos identificados são apresentados na Figura 7.16.

**Lista dos subprocessos críticos**

*Para cada problema crítico, selecione um ou mais subprocessos críticos da unidade organizacional. Estes subprocessos são os que devem ser considerados críticos pela unidade organizacional e, portanto, são candidatos para a análise de desempenho. Para cada subprocesso crítico, verifique a existência de medidas que avaliam ou monitorem o subprocessos com relação ao problema crítico relacionado. Informe a(s) medida(s) que avaliam ou monitorem o problema crítico na coluna "Medida(s) existente(s)"; se não houver tais medidas, informe "Não há medida". A coluna "Prioridade" deve ser preenchida após a reunião com a alta direção.*

Ponto crítico / Problema crítico ▼	Subprocesso crítico	Medida(s) existente(s)	Medida adequada para análise de desempenho?	Prioridade
Inspecções nos requisitos são ineficazes	Realizar revisão técnica nos produtos			
Auditorias da qualidade no documento de requisitos são ineficazes	Realizar auditoria da qualidade nos produtos			
Falta de monitoração durante a codificação	Monitorar projeto			
Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente	Codificação do software			

⌂ / Pontos críticos / Ishikawa-1º nível - 5 / Problemas críticos / Subprocessos críticos / Parâmetros

**Figura 7.16** – Subprocessos críticos identificados (visão parcial)

Na FAAD, o grupo de processos avança para a próxima tarefa, “Avaliar adequação das medidas”. Nesta tarefa, o primeiro passo é identificar para cada subprocesso crítico a existência de medidas que avaliem/monitorem o subprocesso com

relação ao problema crítico relacionado. Por exemplo, para o subprocesso “Realizar revisão técnica nos produtos” é identificada a medida “número de defeitos identificados na revisão técnica – DRT”, e para o subprocesso “Monitorar projeto” é identificada a medida “esforço gasto em gerenciamento – EFG”.

Ainda nesta tarefa, após a identificação das medidas, o grupo de processos realiza a avaliação quanto à adequação destas à ADP, conforme solicitado na descrição da tarefa. Para isto, o grupo de processos acessa o modelo de documento “*Checklist* para Avaliação de Repositório de Medição” e realiza a avaliação de cada uma das medidas identificadas. A Figura 7.17 apresenta uma visão parcial do *checklist* preenchido para a medida “índice de esforço de erros do cliente - IEC”.

Item avaliado: <b>Dados Coletados</b>	Dados coletados para a medida: <b>Índice de esforço de Erros do Cliente - IEC</b>							Observações
	Avaliação							
Requisitos	Não se aplica	Atende Totalmente	Atende Largamente	Atende Razoavelmente	Atende Precariamente	Não Atende	Não foi possível avaliar	
1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.		X						
2. Há volume suficiente de dados coletados.		X						
3. Não há dados perdidos ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise.		X						
4. Os dados coletados são precisos.		X						
5. Os dados coletados são consistentes.		X						
6. Para cada medição, é possível identificar nos dados armazenados: o valor medido, a entidade medida, o momento da medição (processo e atividade nos quais a medição foi realizada e data da medição), o executor da medição, o contexto da medição (dados relevantes sobre o contexto em que a medição ocorreu) e, quando a medição é realizada em um projeto: o projeto no qual a medição foi realizada, a definição do processo executado no projeto e a relação dessa definição com a definição do processo no âmbito da organização.		X						

**Autor:**  
Há pelo menos 20 valores adequados coletados para a medida.

**Figura 7.17** – *Checklist* para Avaliação de Repositório de Medição – medida IEC (visão parcial)

É constatado que todas as medidas possuem as condições mínimas para serem submetidas à ADP de acordo com os critérios do *checklist*. Os resultados desta avaliação são registrados na Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (Figura 7.18).

**Lista dos subprocessos críticos**

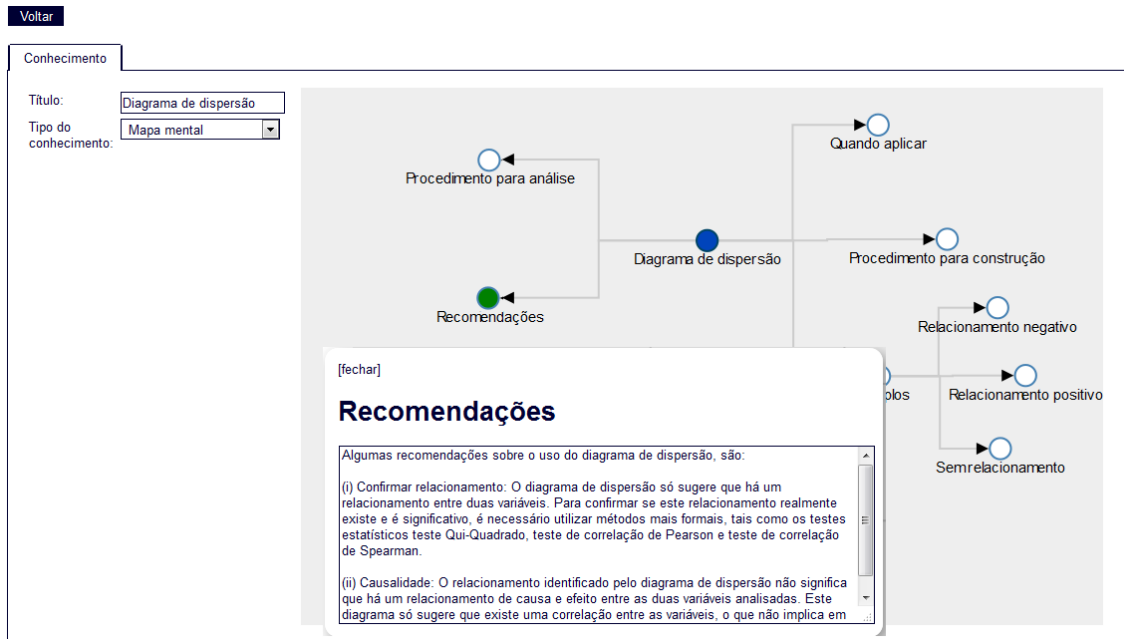
*Para cada problema crítico, selecione um ou mais subprocessos críticos da unidade organizacional. Estes subprocessos são os que devem ser considerados críticos pela unidade organizacional e, portanto, são candidatos para a análise de desempenho. Para cada subprocesso crítico, verifique a existência de medidas que avaliam ou monitorem o subprocessos com relação ao problema crítico relacionado. Informe a(s) medida(s) que avaliam ou monitorem o problema crítico na coluna "Medida(s) existente(s)"; se não houver tais medidas, informe "Não há medida". A coluna "Prioridade" deve ser preenchida após a reunião com a alta direção.*

Ponto crítico / Problema crítico ▼	Subprocesso crítico	Medida(s) existente(s)	Medida adequada para análise de desempenho?	Prioridade
Inspeções nos requisitos são ineficazes	Realizar revisão técnica nos produtos	Número de Defeitos Identificados na Revisão Técnica – DRT	Sim	
Auditorias da qualidade no documento de requisitos são ineficazes	Realizar auditoria da qualidade nos produtos	Número de Não Conformidades Identificados pela Qualidade - NCO	Sim	
Falta de monitoração durante a codificação	Monitorar projeto	Esforço gasto em Gerenciamento – EFG	Sim	
Há muito retrabalho devido a falhas identificadas pelo cliente	Codificação do software	Índice de esforço de Erros do Cliente – IEC	Sim	

**Figura 7.18** – Lista de Problemas e Subprocessos Críticos com resultados da avaliação de algumas medidas dos subprocessos críticos

Na FAAD, o grupo de processo anexa o *checklist* preenchido com a avaliação de todas as medidas e a Lista de Problemas e Subprocessos Críticos preenchida. Na próxima tarefa, “Realizar testes estatísticos para confirmar relacionamentos”, o grupo de

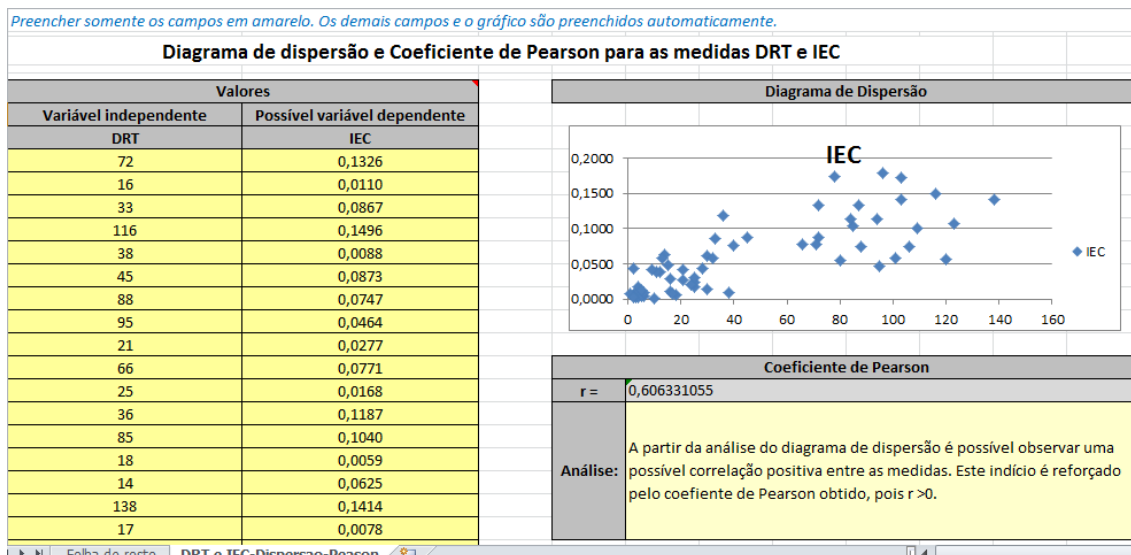
processos acessa todos os itens de conhecimento relacionados, pois não possuem conhecimento sobre os testes estatísticos e diagrama de dispersão. A Figura 7.19 apresenta este último item de conhecimento, utilizado para analisar graficamente se as medidas possuem algum relacionamento.



**Figura 7.19** – Item de conhecimento “Diagrama de dispersão”

Com base no conhecimento obtido e no modelo de documento “Relacionamento entre Medidas dos Subprocessos Críticos” disponibilizado na FAAD, o grupo de processos inicia a análise com as medidas. Para isto, o primeiro passo é identificar quais das medidas são variáveis dependentes e quais são variáveis independentes. A partir das análises de causas realizadas anteriormente, o grupo de processos estabelece que as medidas dos subprocessos relacionados aos pontos críticos são as variáveis dependentes (que se deseja prever), e as medidas dos subprocessos relacionados aos problemas críticos são variáveis independentes.

Desta forma, o modelo “Relacionamento entre Medidas dos Subprocessos Críticos” é preenchido para cada par de medidas (sendo uma variável dependente e a outra variável independente), a fim de verificar se há um relacionamento entre estas medidas. No modelo disponibilizado, o grupo de processos informa os valores coletados das duas medidas e, em seguida, analisa o diagrama de dispersão e o coeficiente de Pearson apresentados automaticamente pelo modelo. A Figura 7.20 apresenta a verificação do relacionamento entre as medidas IEC (relacionado a um ponto crítico) e DRT (relacionado a um problema crítico).



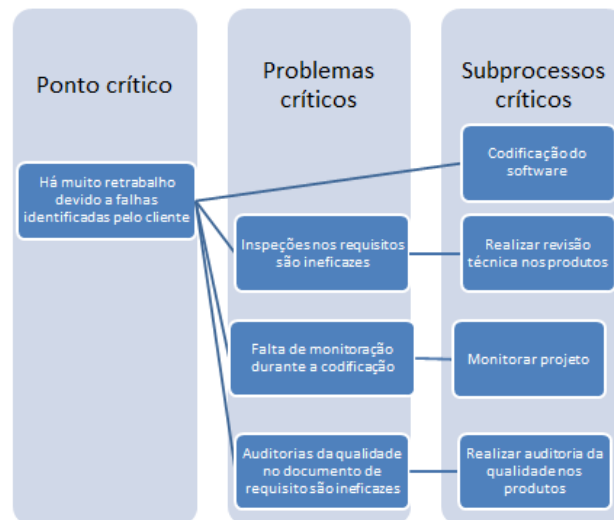
**Figura 7.20** – Verificação do relacionamento entre as medidas IEC e DRT

Após finalizar a verificação do relacionamento para as medidas consideradas mais prioritárias (de acordo com a priorização realizada anteriormente pela alta direção), o grupo de processos anexa o documento “Relacionamento entre Medidas dos Subprocessos Críticos” na FAAD e informa que houve indício de relacionamento entre as medidas.

A partir deste fato, a próxima tarefa é “Preparar apresentação para alta direção”, na qual o grupo de processos acessa o modelo de apresentação disponibilizada na FAAD e o preenche fornecendo os resultados obtidos durante a execução das tarefas, desde a identificação dos pontos críticos até a verificação de relacionamento entre as medidas. O grupo de processos agenda então uma reunião com a alta direção. A Figura 7.21 apresenta um dos *slides* da apresentação, que resume o processo de identificação dos subprocessos críticos.

A próxima tarefa, “Priorizar subprocessos críticos”, é realizada por meio de uma reunião com a alta direção. Nesta reunião, o grupo de processos apresenta os resultados obtidos, mostrando como os subprocessos críticos foram identificados e apresentando as medidas associadas a estes subprocessos e que estão aptas para a realização da ADP. A alta direção concorda com a lista de subprocessos críticos e medidas indicadas, e as prioriza para iniciar a verificação de estabilidade de cada uma delas (a ser realizada na próxima etapa).

## Subprocessos críticos identificados para ponto 5



**Figura 7.21** – Apresentação dos resultados para a alta direção (visão parcial)

A priorização dos subprocessos críticos levou em consideração os relacionamentos identificados anteriormente entre estes. Assim, por exemplo, visto que o subprocesso “Codificação do software” é estabelecido como o mais prioritário, os subprocessos relacionados a ele (por exemplo, “Realizar revisão técnica nos produtos”) têm alta prioridade também. Desta forma, o grupo de processos prioriza a construção do modelo de desempenho relacionado à medida IEC.

Como não foram identificadas não conformidades durante a avaliação das medidas, o grupo de processos finaliza a execução desta etapa, anexando a ata da reunião com a alta direção e a atualização da Lista de Problemas e Subprocessos Críticos, com a informação sobre a prioridade de cada subprocesso crítico.

### 7.4 Etapa: Verificar Estabilidade

Conforme descrito no processo (Seção 4.4.2), todas as medidas consideradas adequadas para a ADP dos subprocessos críticos da Organização Ômega devem ser analisadas de acordo com as tarefas descritas na etapa “Verificar Estabilidade”. Para demonstrar a execução desta etapa, a análise de uma destas medidas de um subprocesso crítico será descrita nesta seção.

Dentre os subprocessos críticos e as medidas adequadas identificadas na etapa anterior, os mais prioritários foram o subprocesso “Codificação de Software” e sua medida “Índice de esforço de Erros do Cliente – IEC”. Esta medida é uma proporção



entre o esforço (em horas) gasto devido a defeitos identificados pelo cliente e o esforço total (em horas) gasto na fase de codificação. A análise da medida IEC é realizada por um dos membros do grupo de processo, utilizando o ambiente SPEAKER. No decorrer desta descrição, este membro do grupo de processo será referenciado apenas como usuário.

Ao acessar a FAAD, o usuário acessa a funcionalidade de executar a ADP (Figura 7.1) e registra as informações de uma nova execução para a etapa “Verificar Estabilidade” (Figura 7.22).

#### Execução de Análise de Desempenho

**Figura 7.22** – Cadastro da execução da etapa “Verificar estabilidade”

Em seguida, o usuário informa o subprocesso crítico (Codificação de Software) e a medida correspondente (Índice de esforço de Erros do Cliente – IEC) a serem analisados (Figura 7.23).

**Figura 7.23** – Seleção do subprocesso crítico e da medida a ser analisada

Na primeira tarefa, “Preparar planilha de medidas”, o usuário verifica a Planilha de Medidas criada na etapa anterior (“Preparar para Análise de Desempenho”) e a atualiza acrescentando as novas coletas que foram realizadas durante o período. A planilha é anexada na FAAD e o usuário prossegue para a próxima tarefa.

Na tarefa “Identificar subgrupos homogêneos da medida”, o usuário não conhece o termo “subgrupo homogêneo” e, portanto, consulta o conhecimento relacionado (Figura 7.24). Em especial, o usuário analisa o item sobre o termo “amostra racional” (Figura 7.25), pois ao analisar a Planilha de Medidas tinha verificado que os valores coletados provinham de projetos com características diferentes e intui sobre a necessidade de analisá-los separadamente, mas não sabe como poderia ser feito.

**Atividade: Selecionar gráfico de controle**

Esta atividade tem o objetivo de selecionar o tipo de gráfico de controle mais adequado para um subgrupo de valores da medida do subprocesso que está sendo analisado, levando em consideração (i) o tipo da medida, (ii) a distribuição de probabilidade dos valores coletados da medida, e (iii) qual o tamanho do subgrupo homogêneo.

**Identificar subgrupos homogêneos da medida**

Levando em consideração os valores coletados da medida do subprocesso em questão, devem-se categorizar estes valores em subgrupos homogêneos, ou seja, deve-se garantir que os valores coletados da medida sejam agrupados de forma que estejam sob a influência de um mesmo contexto. Para formar subgrupos homogêneos, deve-se seguir os princípios do agrupamento e amostra racional, os quais sugerem que subgrupos homogêneos devem ser criados de acordo com o objetivo da análise de desempenho, a frequência da coleta da medida e a similaridade entre os projetos. A identificação dos subgrupos homogêneos deve ser registrada na Planilha de Medidas preenchida anteriormente, na aba referente à medida que está sendo analisada.

Observações:

Observações:

Selecione 'Gerar linha de processo' para que a linha de processo associada à esta execução seja instanciada. Após a instanciação da linha (aberta em uma nova aba), informe se o resultado foi adequado e continue a execução do processo selecionando 'Próxima tarefa'

Gerar linha de processo

Próxima tarefa

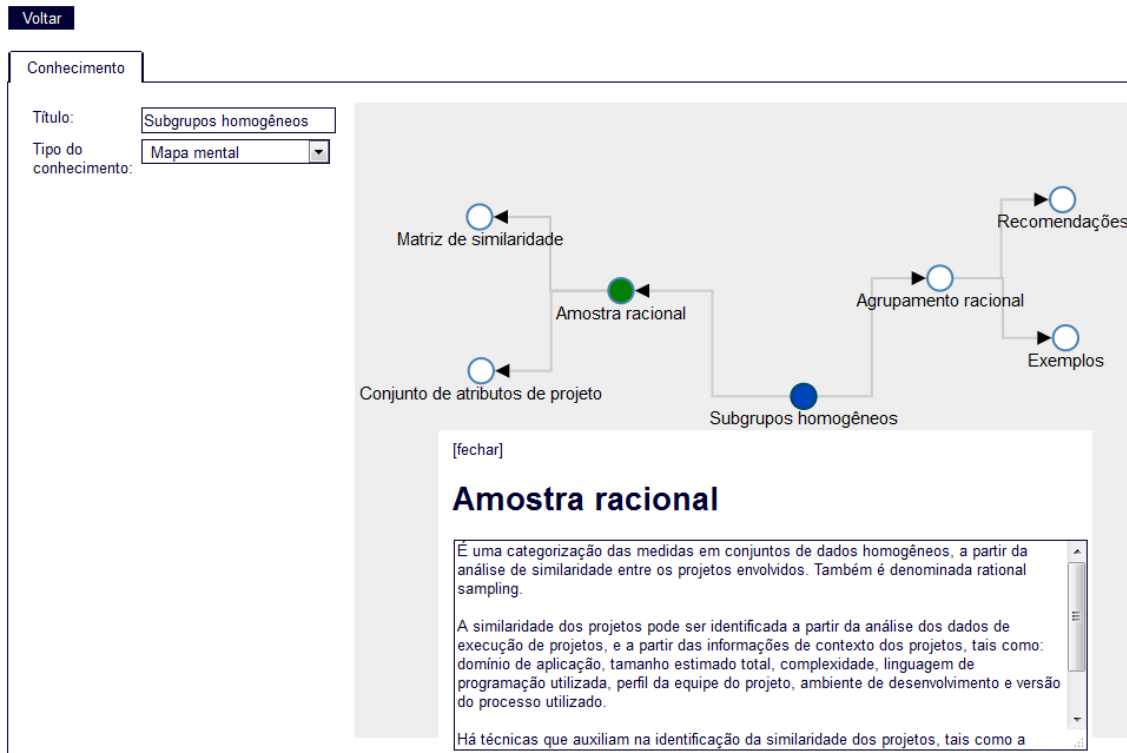
**Conhecimento relacionado** «

Adicionar Conhecimento

Subgrupos homogêneos

**Modelo de documento** «

**Figura 7.24** – Tarefa “Identificar subgrupos homogêneos da medida”



**Figura 7.25** – Item de conhecimento “Subgrupos homogêneos”

A partir do item de conhecimento, o usuário compreende que os valores coletados poderiam ser (i) agrupados em conjuntos homogêneos, de acordo com os atributos dos projetos envolvidos (permitindo que somente dados de projetos similares sejam analisados juntos), e (ii) agrupados em subgrupos homogêneos, caso os valores tenham sido coletados em curto intervalo de tempo e poderem ser analisados em conjunto.

Ao analisar os valores coletados da medida IEC, o usuário verifica a necessidade de separar os valores coletados em três conjuntos homogêneos, de acordo com um dos critérios apresentados pelo item de conhecimento (o tipo de linguagem de programação utilizado nos projetos). O usuário cogita a possibilidade de criar novos conjuntos a partir do critério de complexidade do projeto; no entanto, verifica que os conjuntos ficariam com muitos poucos valores, o que pode prejudicar na análise dos dados, conforme sugerido no item de conhecimento. Com relação à criação de subgrupos homogêneos, o usuário observa que não é pertinente para os valores coletados, pois a medida é coletada quinzenalmente, o que contraria as recomendações para a identificação dos subgrupos homogêneos apresentadas no item de conhecimento.

A identificação dos conjuntos homogêneos é registrada na Planilha de Medidas, conforme apresentado parcialmente na Figura 7.26.

Os campos em azul devem ser preenchidos durante a execução da etapa "Verificar Estabilidade".

Objetivo estratégico:	Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional
Mnemônico:	IEC
Meta:	0
Escala ▼:	Razão

**Dados de Coleta da medida "Índice de esforço de Erros do Cliente (IEC)"**

Data da coleta	Projeto ▼	Valores Coletados	Conjunto homogêneo	Subgrupo homogêneo
15/jan	Java PJ-1	0,1326	Projetos Java	-
15/jan	PHP PP-1	0,0110	Projetos PHP	-
15/jan	Cobol PC-1	0,0867	Projetos Cobol	-
31/jan	Java PJ-1	0,1496	Projetos Java	-
31/jan	PHP PP-1	0,0088	Projetos PHP	-
31/jan	Cobol PC-1	0,0873	Projetos Cobol	-
15/fev	Java PJ-2	0,0747	Projetos Java	-
15/fev	PHP PP-2	0,0464	Projetos PHP	-

Informar um nome para cada conjunto homogêneo identificado, a partir da similaridade dos projetos. Por exemplo: conjunto projetos Java, conjunto equipe A etc.  
Informar o mesmo nome de conjunto para os valores coletados pertencentes a um mesmo conjunto.

Soma de Valores Coletados

**Figura 7.26** – Planilha de Medidas com conjuntos homogêneos (visão parcial)

Esta tarefa possui um elemento de processo (do tipo “atividade”) associado. Devido a isto, o usuário deve gerar a linha de processo, a fim de que a FIE registre a execução desta tarefa, conforme apresentado na Figura 7.27.

**Versão Executada**

**Subprocesso:**

Codificação do Software

**Medida:**

Índice de esforço de Erros no Cliente

**Linha de Processo:**

Verificar estabilidade

**Versão:**

EXEC\_VERSAO\_001

**Versão Final Executada:**

Não

Elementos de Processo Executados

«« « » »»

Nº	Tipo Elemento	Nome	Data Inicio	Data Fim	Status	
1	Atividade	Registrar o agrupamento dos dados da medida			Aguardando	✎

«« « » »»

**Figura 7.27** – FIE com registro da execução da tarefa “Identificar subgrupos homogêneos da medida”

Retornando para a FAAD, o usuário segue para a próxima tarefa, “Determinar características das medidas”. Para realizar esta tarefa, por não estar familiarizado com os termos utilizados, o usuário acessa os itens de conhecimentos relacionados ao tipo de medida e à distribuição de probabilidade. Ao analisar este conhecimento, o usuário

verifica que a medida IEC é do tipo “variável”, pois está relacionada ao esforço gasto na codificação, o que caracteriza um fenômeno contínuo e não discreto, conforme indicado no conhecimento consultado. Além disso, como o conhecimento informa que as demais distribuições de probabilidade são pertinentes para valores inteiros (o que não é o caso dos valores que estão sendo analisados), o usuário observa que é possível que os valores sigam uma distribuição normal e, portanto, ele deve se certificar disto.

Dado que esta tarefa possui um elemento de processo (do tipo “componente”) associado, o usuário deve selecionar o elemento de processo adequado (dentre os apresentados pela FAAD) para que seja incorporado à linha de processo sendo mantida pela FIE e para que possa acessar o *script* associado. Com base no conhecimento adquirido e dado que a ferramenta utilizada pela organização é o Minitab, o usuário seleciona o elemento de processo “Verificar distribuição normal dos dados com Minitab” e gera a linha de processo com este elemento (Figura 7.28).

**Atividade: Selecionar gráfico de controle**

Esta atividade tem o objetivo de selecionar o tipo de gráfico de controle mais adequado para um subgrupo de valores da medida do subprocesso que está sendo analisado, levando em consideração (i) o tipo da medida, (ii) a distribuição de probabilidade dos valores coletados da medida, e (iii) qual o tamanho do subgrupo homogêneo.

**Determinar características das medidas**

Para cada subgrupo homogêneo da medida, identificar quais são as suas características para que o tipo mais adequado de gráfico de controle possa ser selecionado. As características que precisam ser identificadas são o tipo da medida (variável ou atributo) e a distribuição de probabilidade (normal, binomial ou Poisson) do subgrupo homogêneo, sendo que ambas devem ser registradas na Planilha de Medidas. A identificação da distribuição de probabilidade dos subgrupos homogêneos é apoiada por um elemento de processo cadastrado no ambiente SPEAKER que possui um script para este fim e pela ferramenta FIE.

Observações:

Selecione abaixo o elemento de processo apropriado para a execução desta tarefa e selecione 'Gerar linha de processo':\*

Verificar a distribuição ▾

Selecione 'Gerar linha de processo' para que a linha de processo associada à esta execução seja instanciada. Após a instanciação da linha (aberta em uma nova aba), informe se o resultado foi adequado e continue a execução do processo selecionando 'Próxima tarefa'

Após a execução do elemento de processo, informe abaixo se o resultado foi adequado e selecione "Próxima tarefa":\*

Sim ▾

**Conhecimento relacionado** «

- ▀ Tipos de medida
- ▀ Distribuição de probabilidade

**Modelo de documento** «

**Figura 7.28** – Seleção do elemento de processo “Verificar distribuição normal dos dados com Minitab”

Desta forma, a FIE apresenta o elemento de processo e disponibiliza o *script* para que o usuário execute no Minitab (Figura 7.29). Este *script* aciona os comandos do Minitab para a criação do histograma e do gráfico de probabilidade normal, permitindo

verificar se os dados seguem uma distribuição normal. O usuário executa este *script* para cada conjunto homogêneo identificado anteriormente. Um exemplo destes gráficos é apresentado na Figura 7.30.

Ao analisar os gráficos, o usuário identifica que os conjuntos homogêneos “Projetos Java” e “Projetos PHP” seguem a distribuição normal. Já para o conjunto homogêneo “Projetos Cobol”, o usuário verifica que não segue distribuição normal e não é possível identificar qual distribuição segue a partir do conhecimento disponibilizado. O usuário registra o fato na Planilha de Medidas e registra os resultados obtidos na FIE (Figura 7.31).

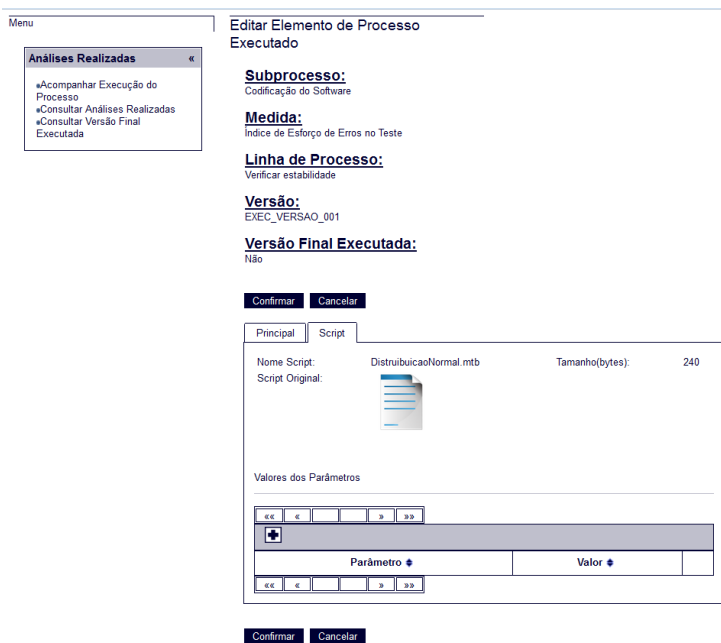


Figura 7.29 – Elemento de processo com script

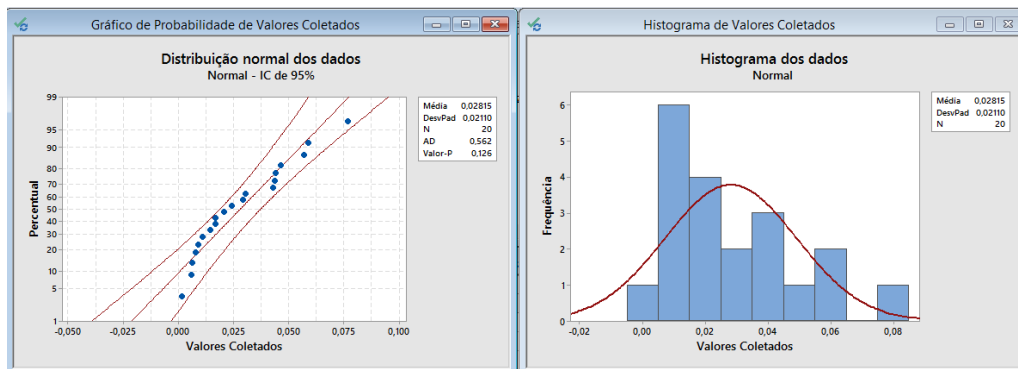


Figura 7.30 – Gráficos gerados pelo Minitab para identificar normalidade dos dados do conjunto homogêneo “Projetos PHP”

Editar Elemento de Processo  
Executado

**Subprocesso:**

Codificação do Software

**Medida:**

Índice de esforço de Erros no Cliente

**Linha de Processo:**

Verificar estabilidade

**Versão:**

EXEC\_VERSAO\_001

**Versão Final Executada:**

Não

Confirmar Cancelar

Principal Script

Nº:\* 2 Tipo Componente  
Elemento:\*

Nome:\* DCM - Verificar a distribuição Normal dos dados com Minitab Descrição:\*  
Verificar se os dados seguem o padrão de distribuição normal, aplicando o teste de normalidade de Anderson-Darling. O teste de normalidade possui duas hipóteses: i) hipótese nula (H<sub>0</sub>) de que os dados seguem uma distribuição Normal e ii) hipótese alternativa (H<sub>1</sub>) de que os dados não

Resultados da Execução

«« « » »»

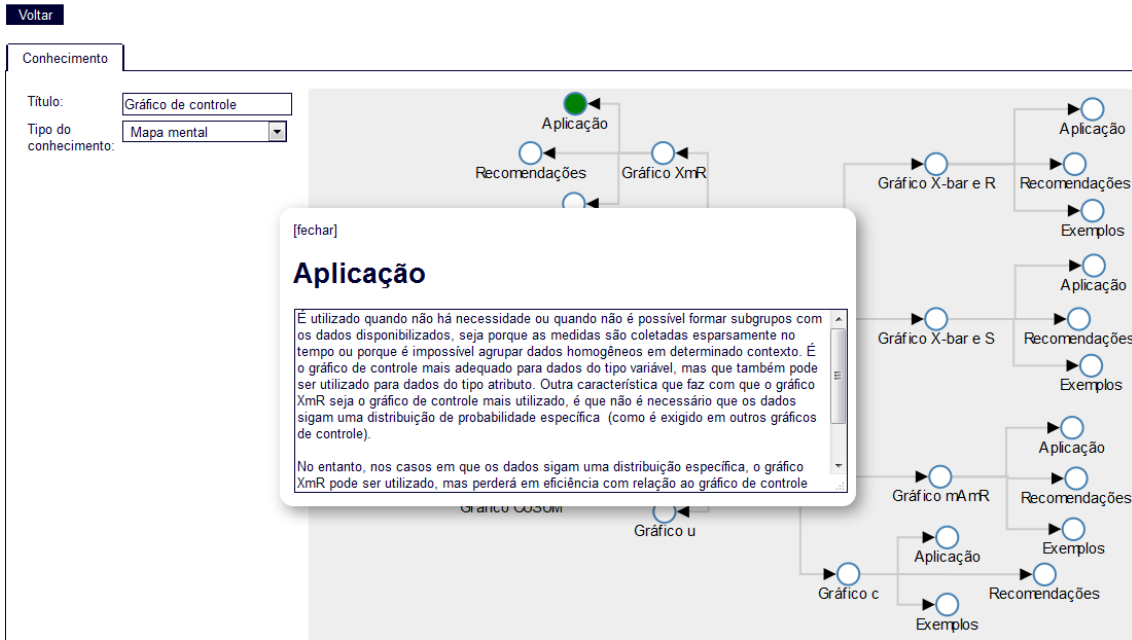
Nome Arquivo ↕	Tipo do arquivo ↕	Artefato ↕	
teste_Normal-Cobol.docx	Texto	Resultado da verificação da distribuição normal dos dados	↩ ↗ ✕
teste_Normal-Java.docx	Texto	Resultado da verificação da distribuição normal dos dados	↩ ↗ ✕
teste_Normal-PHP.docx	Texto	Resultado da verificação da distribuição normal dos dados	↩ ↗ ✕

«« « » »»

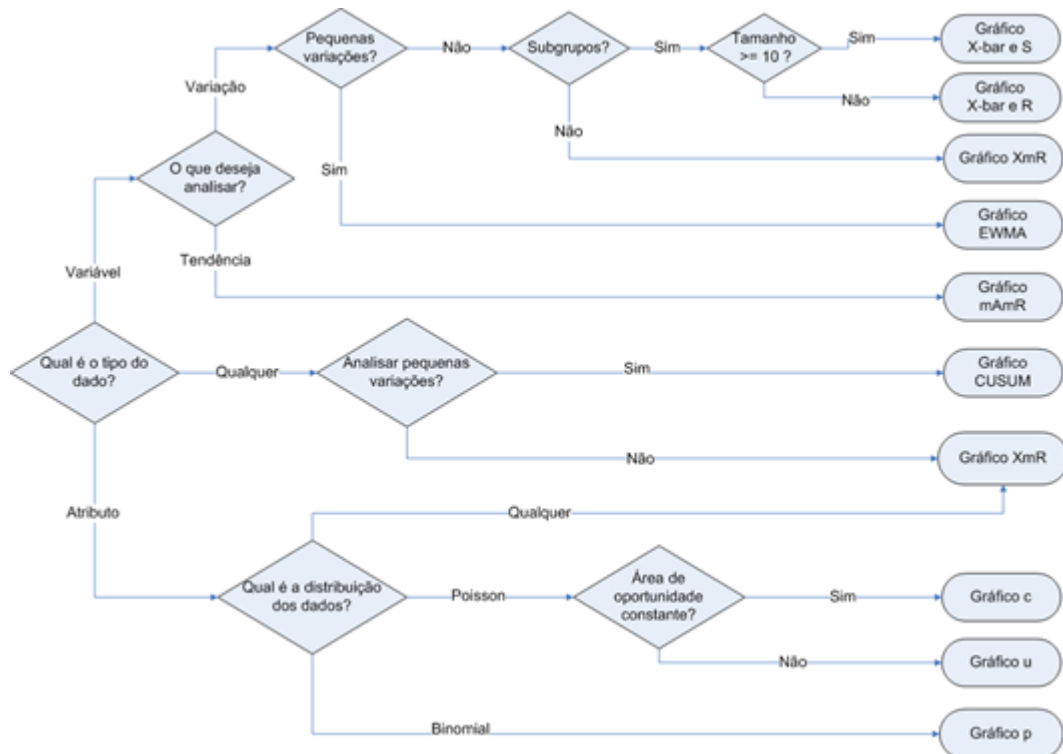
**Figura 7.31** – Registro dos resultados da execução do elemento de processo “Verificar distribuição normal dos dados com Minitab” na FIE (visão parcial)

Na FAAD, o usuário informa que o resultado da execução do elemento de processo é adequado (último campo na Figura 7.28). Esta informação deve ser registrada somente para as tarefas que possuem um elemento de processo associado do tipo “componente” e indica que o usuário não considera necessário repetir a tarefa selecionando outro elemento de processo.

Continuando a execução do processo, na tarefa “Selecionar gráfico de controle”, o usuário consulta o item de conhecimento “Gráfico de controle” para identificar qual gráfico de controle é mais apropriado com base nas características dos dados sendo analisados. Ao analisar o item de conhecimento, o usuário verifica as diversas opções de gráficos de controle e suas características (Figura 7.32), e analisa um fluxograma (disponibilizado no subitem “Tipos de gráfico de controle”) que o orienta na seleção do gráfico (Figura 7.33).



**Figura 7.32** – Item de conhecimento sobre gráfico de controle



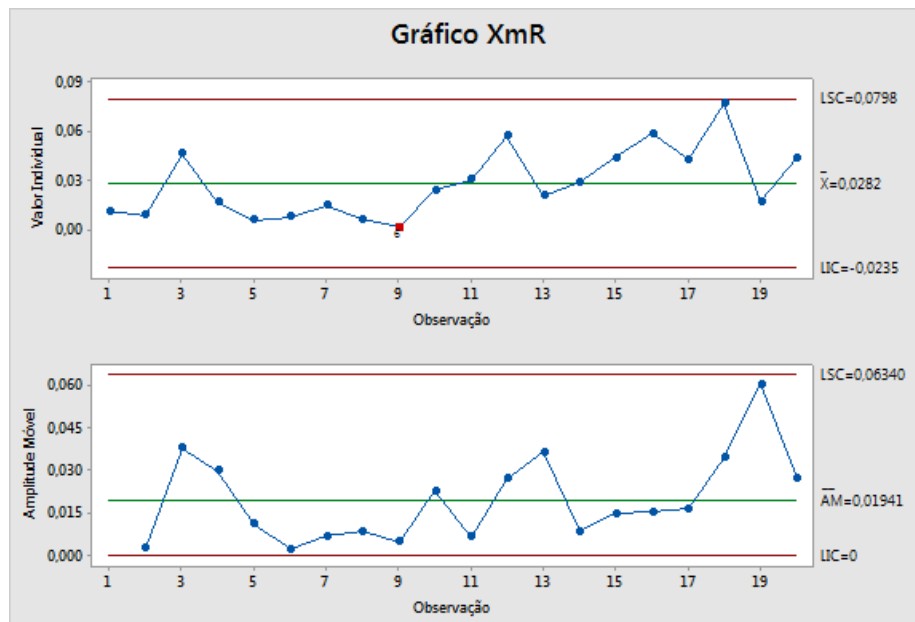
**Figura 7.33** – Fluxograma para seleção do tipo de gráfico de controle disponibilizado no item de conhecimento

Após analisar o conhecimento disponibilizado, o usuário considera o gráfico de controle XmR como o mais apropriado nesta primeira análise, pois a medida era do tipo variável (conforme verificado anteriormente), o conhecimento disponibilizado recomendava realizar a análise de variação e não recomenda a análise de pequenas



variações (por se tratar da primeira análise dos dados), e não houve a criação de subgrupos. Esta escolha é registrada na Planilha de Medidas para cada conjunto homogêneo. Por ser uma tarefa vinculada a um elemento de processo do tipo “atividade”, o usuário deve gerar a linha de processo, a fim de que este elemento seja incorporado à linha de processo na FIE.

A próxima tarefa, “Construir gráficos de controle”, possui um elemento de processo (do tipo “componente”) vinculado. Portanto, o usuário seleciona o elemento de processo relacionado ao gráfico de controle que foi escolhido na tarefa anterior (“Construir gráfico de controle XmR no Minitab”) e solicita à FIE a inclusão do elemento na linha de processo. A FIE disponibiliza o *script* vinculado ao elemento de processo e o usuário o executa no Minitab, obtendo o gráfico de controle XmR para cada um dos conjuntos homogêneos. Estes gráficos são registrados na FIE como resultados da execução do elemento de processo. A Figura 7.34 apresenta o gráfico relacionado ao conjunto homogêneo “Projetos PHP”.

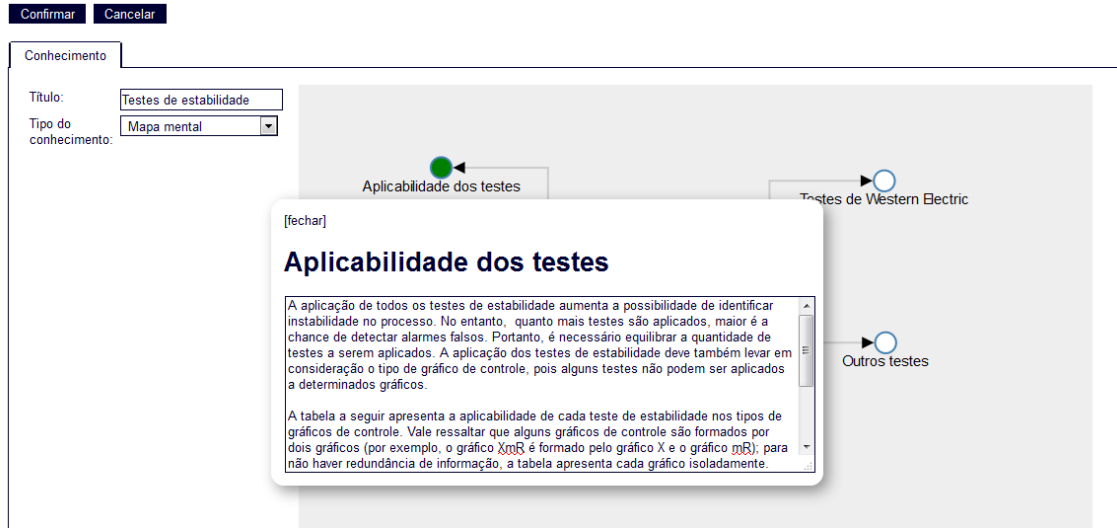


**Figura 7.34** – Gráfico de controle XmR do conjunto homogêneo “Projetos PHP”

O usuário considera a geração do gráfico correta e, ao retornar à FAAD, informa que o resultado obtido com a execução do elemento de processo é adequado.

Continuando a execução do processo, na tarefa “Aplicar testes de estabilidade”, o usuário analisa os testes de estabilidade aplicados no gráfico de controle gerado na tarefa anterior. Estes testes de estabilidade são aplicados automaticamente pelo Minitab de acordo com a seleção realizada pelo *script*. Ainda assim, o usuário consulta o item de

conhecimento disponibilizado a fim de entender melhor os testes que foram aplicados (Figura 7.35).

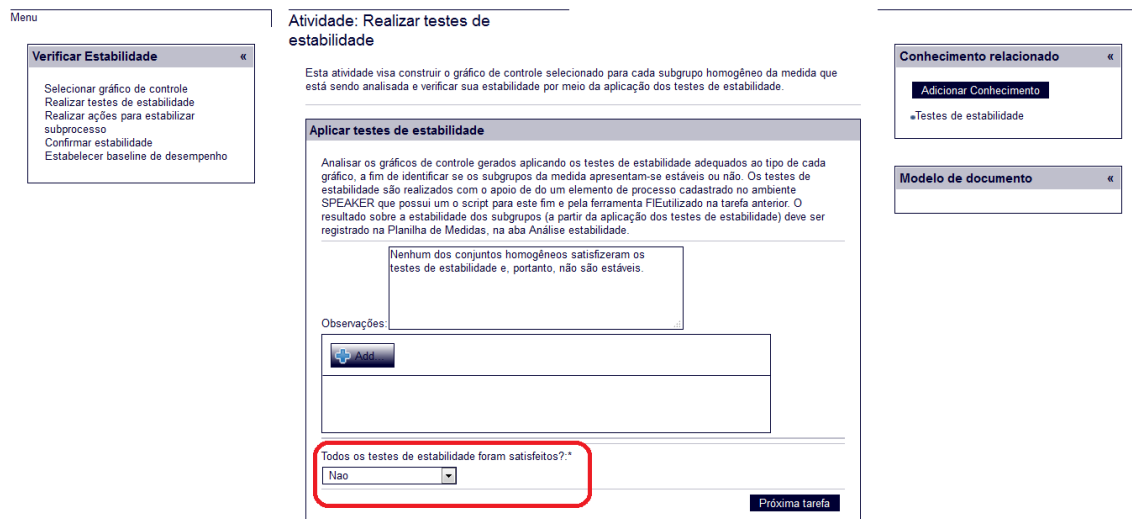


**Figura 7.35** – Visão parcial do item de conhecimento “Testes de estabilidade”

A partir das informações disponibilizadas pelo Minitab, o usuário verifica, a partir dos gráficos, o seguinte resultado para os conjuntos homogêneos:

- Projetos Java: não estável, com dois pontos de instabilidade;
- Projetos PHP: não estável, com um ponto de instabilidade; e
- Projetos Cobol: não estável, com vários pontos de instabilidade.

Além de registrar estas informações na Planilha de Medidas, o usuário informa na FAAD que os testes de estabilidade não foram satisfeitos (Figura 7.36), ou seja, alguns dos testes de estabilidade falharam e, portanto, as causas especiais devem ser identificadas.



**Figura 7.36** – Tarefa “Aplicar testes de estabilidade” com resultados

De acordo com as regras do processo cadastradas na FAAD, o usuário é direcionado neste caso para a tarefa “Coletar informações de contexto”. Nesta tarefa, o usuário deve acessar o modelo de documento “Lista de Causas Especiais” (Figura 7.37) que será utilizado durante a tarefa.

Ao analisar os pontos de instabilidade identificados, o usuário observa que seria necessário efetuar uma análise mais aprofundada para os conjuntos homogêneos “Projetos Java” e “Projetos Cobol”, a fim de entender o que aconteceu nestes projetos e identificar as causas especiais por meio de análises de causas que devem envolver toda a equipe do projeto. Por envolver outras pessoas da organização, o usuário considera mais conveniente realizar esta análise posteriormente.

Com relação ao conjunto homogêneo “Projetos PHP”, o usuário verifica junto ao gerente de projeto que o ponto de instabilidade identificado no gráfico de controle se refere a um período atípico do projeto, durante o qual a empresa cliente não executou os testes de aceitação por completo devido a um período de férias do funcionário responsável por isto na empresa cliente; portanto, o número de defeitos identificados (e consequentemente o retrabalho) foi menor do que o normal. Desta forma, o ponto de instabilidade é considerado como fato isolado. Estas informações foram registradas na Lista de Causas Especiais (Figura 7.37) e na FAAD.

*Preencha os campos em amarelo a seguir com relação às informações de contexto referentes ao ponto de instabilidade no subprocesso identificado a partir da análise dos gráficos de controle. Estas informações complementam as informações já registradas na Planilha de Medidas e devem ser utilizadas para verificar a necessidade de realizar análise de causas.*

Informações de contexto - Pontos de instabilidade			
ID	ID da Análise da estabilidade	Informações	Representa um fato isolado? ▼
PI01	ADP_IEC-Java	Em um primeiro momento, não foi possível obter informações de contexto que justificassem as variações e causas especiais. A coleta destas informações será realizada futuramente, após a aprovação da alta direção, pois envolve a equipe como um todo.	Não
PI02	ADP_IEC-PHP	A empresa cliente não executou os testes por completo na primeira quinzena do projeto devido a férias do funcionário responsável por isto na empresa cliente, portanto o número de defeitos identificados (e consequentemente o retrabalho) foi menor do que o normal.	Sim
PI03	ADP_IEC-Cobol	Em um primeiro momento, não foi possível obter informações de contexto que justificassem as variações e causas especiais. A coleta destas informações será realizada futuramente, após a aprovação da alta direção, pois envolve a equipe como um todo.	Não

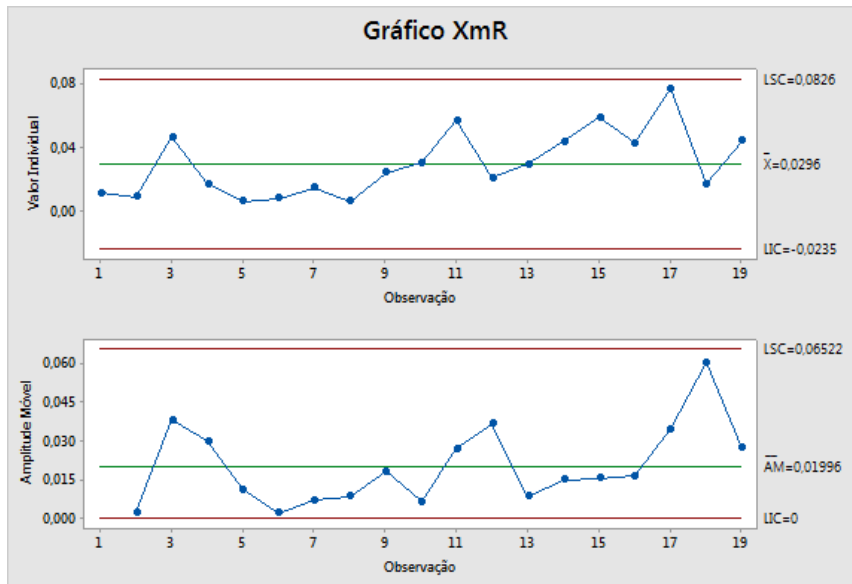
A partir das informações coletadas, verificar se o ponto de instabilidade representa um fato isolado ou é necessário realizar uma análise de causas para obter mais informações  
 Sim - É um fato isolado e, portanto, o ponto pode ser retirado do conjunto de medidas a serem analisados  
 Não - Não é um fato isolado e necessita mais informações por meio da análise de causas

**Figura 7.37** – Lista de Causas Especiais preenchida com informações de contexto

De acordo com as regras do processo cadastradas na FAAD, por ter sido identificado um fato isolado, o usuário é direcionado para a próxima tarefa “Eliminar outliers”. Nesta tarefa, o usuário atualiza a Planilha de Medidas e retira os dados referentes ao ponto de instabilidade considerado.

A FAAD direciona então o usuário para a próxima tarefa, “Construir gráficos de controle”, que é realizada novamente com o conjunto de dados atualizados (ou seja, sem o ponto de instabilidade anterior). Novamente, o usuário seleciona o elemento de

processos “Construir gráfico de controle XmR com Minitab”, acessa o *script* e o executa no Minitab. O gráfico gerado é apresentado na Figura 7.38.



**Figura 7.38** – Gráfico de controle XmR do conjunto homogêneo “Projetos PHP” após eliminação do ponto de instabilidade

Na FAAD, o usuário informa que o resultado da execução do elemento de processo está adequado (pois considera adequada a geração do gráfico) e continua o processo com a tarefa seguinte, “Aplicar testes de estabilidade”. Ao analisar o gráfico gerado, o usuário verifica que o conjunto homogêneo se apresenta estável após a eliminação do ponto de instabilidade. Este resultado é registrado na Planilha de Medidas e na FAAD.

Na tarefa seguinte, “Identificar padrões de instabilidade”, o usuário consulta o item de conhecimento relacionado, a fim de verificar se o gráfico que está sendo analisado possui algum dos padrões indicados. O item de conhecimento apresenta exemplo de alguns padrões para que possam ser comparados visualmente com o gráfico gerado, conforme exemplo apresentado na Figura 7.39.



**Figura 7.39** – Exemplo de padrão de instabilidade no item de conhecimento

O usuário verifica que não há nenhum padrão de instabilidade no gráfico XmR do conjunto homogêneo “Projetos PHP”. Portanto, este conjunto é considerado de fato estável e isto é registrado pelo usuário na Planilha de Medidas (Figura 7.40).

Preencha os campos em amarelo a seguir.

Análise da estabilidade da Medida IEC						
Tipo da medida: ▼	Variável					
ID da análise	Conjunto homogêneo	Subgrupo homogêneo	Distribuição de probabilidade ▼	Gráfico de controle ▼	Resultado dos testes de estabilidade ▼	Resultado dos padrões de instabilidade ▼
ADP_IJC-Java	Projetos Java	-	Normal	Gráfico XmR	Não-estável	
ADP_IJC-PHP	Projetos PHP	-	Normal	Gráfico XmR	Estável	Estável
ADP_IJC-Cobol	Projetos Cobol	-	Não identificada	Gráfico XmR	Não-estável	

Folha de rosto | Informações de contexto | Coleta | **Análise estabilidade** | Baselines de desempenho | Parâmetros

**Figura 7.40** – Planilha de Medidas com resultado sobre a estabilidade

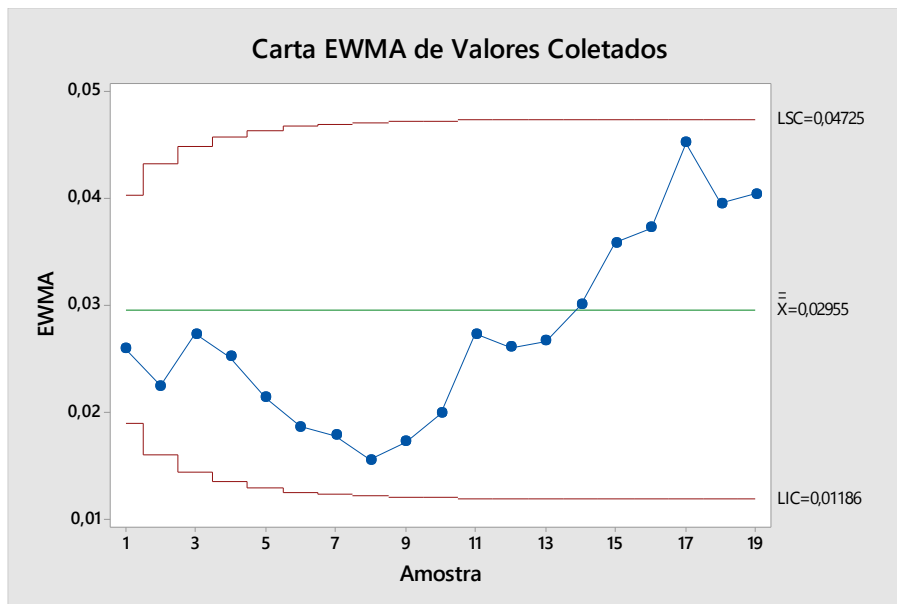
Ao informar na FAAD que não há padrão de instabilidade, na próxima tarefa (“Verificar necessidade de analisar novamente as medidas”), o usuário consulta o item de conhecimento a fim de obter insumos para analisar o custo-benefício de realizar novamente a análise a partir de outro tipo de gráfico. Por meio do conhecimento obtido, o usuário opta por realizar novamente a análise deste conjunto homogêneo com outro gráfico de controle, pois, após analisar os dados pelo gráfico XmR, considera que a

variação entre as medidas era pequena e, portanto, a análise pelo gráfico EWMA pode revelar mais informações sobre o conjunto sendo analisado.

Ao informar esta decisão na FAAD, a próxima tarefa a ser realizada é “Identificar subgrupos homogêneos”<sup>6</sup>, na qual o usuário deve reavaliar a necessidade de reagrupar as medidas. Neste caso, o usuário opta por não alterar os conjuntos de medidas. Na próxima tarefa, “Determinar características das medidas”, não há necessidade de o usuário realizar novas análises, pois o conjunto de medida é o mesmo.

Na tarefa “Selecionar gráfico de controle apropriado”, o usuário seleciona o gráfico EWMA, pois gostaria de verificar como os dados se comportam neste gráfico, já que considera as variações entre as medidas pequenas após a primeira análise com o gráfico XmR.

Na tarefa “Construir gráficos de controle”, o usuário obteve o gráfico apresentado na Figura 7.41, considerando o conjunto atual dos valores coletados (ou seja, sem considerar o ponto de instabilidade retirado na primeira análise).



**Figura 7.41** – Gráfico EWMA do conjunto homogêneo “Projetos PHP”

As próximas tarefas (“Aplicar testes de estabilidade” e “Identificar padrões de instabilidade”) são realizadas e o usuário não identifica instabilidade no conjunto de dados, uma vez que, consultando os itens de conhecimento relacionados, o usuário verifica que somente um teste de estabilidade (um ponto acima dos 3-sigma) é aplicável

---

<sup>6</sup> A mesma sequência de tarefas realizada até aqui será executada novamente. Portanto, o registro na Planilha de Medidas, a escolha dos elementos de processo e a integração com a FIE foram suprimidas desta descrição. No entanto, estas interações devem ocorrer normalmente, conforme realizado na primeira execução.

ao gráfico EWMA e que os padrões de instabilidade não são aplicáveis a este tipo de gráfico.

Na tarefa seguinte, “Verificar necessidade de analisar novamente as medidas”, o usuário indica que estava satisfeito com as análises realizadas e informa que não há necessidade de novas análises.

Na última tarefa desta etapa, “Armazenar informações”, o usuário deve escolher qual dos gráficos gerados representa melhor o desempenho do subprocesso. O usuário seleciona o gráfico de controle XmR e informa na Planilha de Medidas os dados relacionados à *baseline* de desempenho (Figura 7.42).

### Baselines de Desempenho

*Para cada análise de estabilidade realizada (ou seja, para cada conjunto de valores da medida do subprocesso crítico), informe a baseline de desempenho obtida, após a constatação de sua estabilidade.*

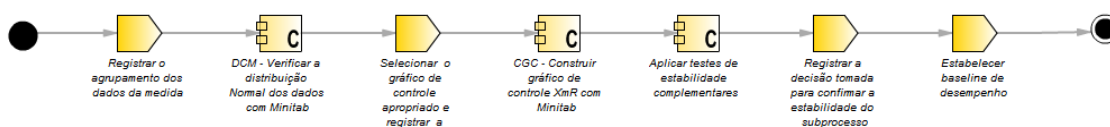
ID da Análise da estabilidade	Baseline de desempenho		
	Média	Limite superior	Limite inferior
ADP_IEC-PHP	0,0296	0,0826	0,0235

Folha de rosto Informações de contexto Coleta Análise estabilidade **Baselines de desempenho** Parâ

**Figura 7.42** – Planilha de Medidas com o registro da *baseline* de desempenho para o conjunto homogêneo “Projetos PHP”

Desta forma, o usuário finaliza a análise de desempenho do conjunto homogêneo “Projetos PHP”. No entanto, para finalizar a análise de desempenho do subprocesso “Codificação de Software” com relação à medida “Índice de esforço de Erros do Cliente – IEC” como um todo, o usuário deve identificar as causas especiais relacionadas aos demais conjuntos homogêneos e realizar as ações necessárias para tornar o subprocesso estável nestes contextos.

No final desta execução da etapa “Verificar Estabilidade”, o grupo de processos acessa a FIE e pode visualizar a linha de processos gerada com os resultados e as escolhas realizadas durante a execução. Esta linha de processos é apresentada na Figura 7.43 e poderá ser consultada futuramente como auxílio para as próximas análises.



**Figura 7.43** – Linha de processo gerada na FIE

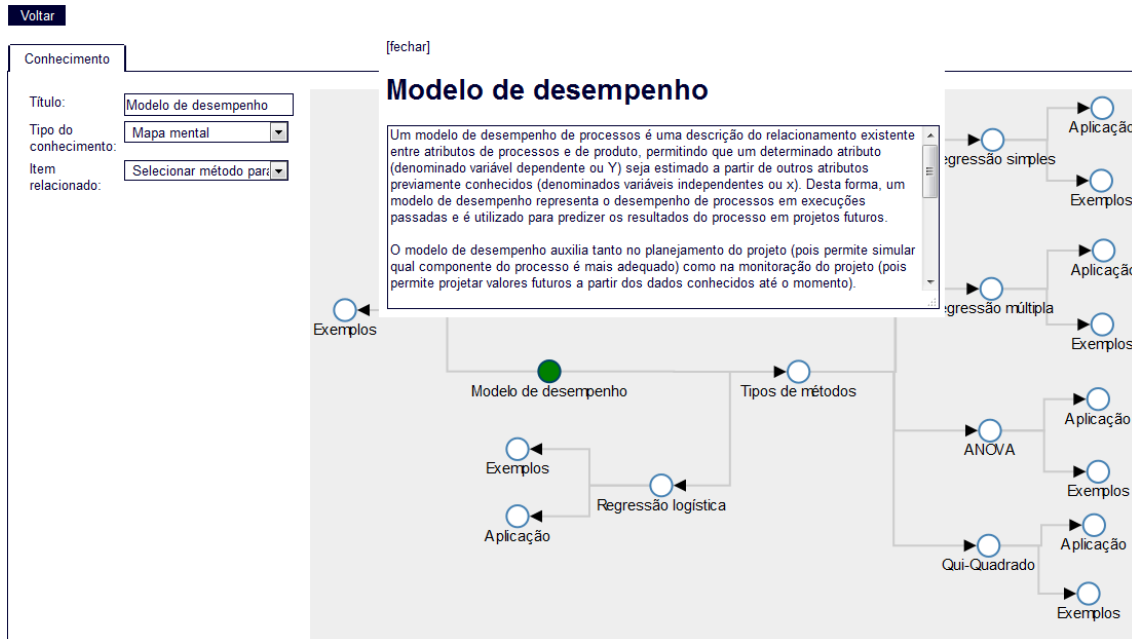
## 7.5 Etapa: Estabelecer Modelos de Desempenho

Conforme definido no processo proposto (Seção 4.4.3), após a constatação da estabilidade de um conjunto de medidas de subprocessos críticos relacionados, um modelo de desempenho pode ser estabelecido. Sendo assim, o grupo de processos da Organização Ômega deve estabelecer modelos de desempenho de acordo com os relacionamentos entre os subprocessos críticos identificados na etapa “Preparar para Análise de Desempenho”. Esta seção descreve como um modelo de desempenho foi estabelecido relacionando as medidas “Índice de esforço de Erros do Cliente – IEC” do subprocesso crítico “Codificação do software” e “Número de Defeitos identificados na Revisão Técnica – DRT” do subprocesso crítico “Realizar revisão técnica nos produtos”, conforme o relacionamento identificado na Seção 7.3, mais especificamente apresentado na Figura 7.20.

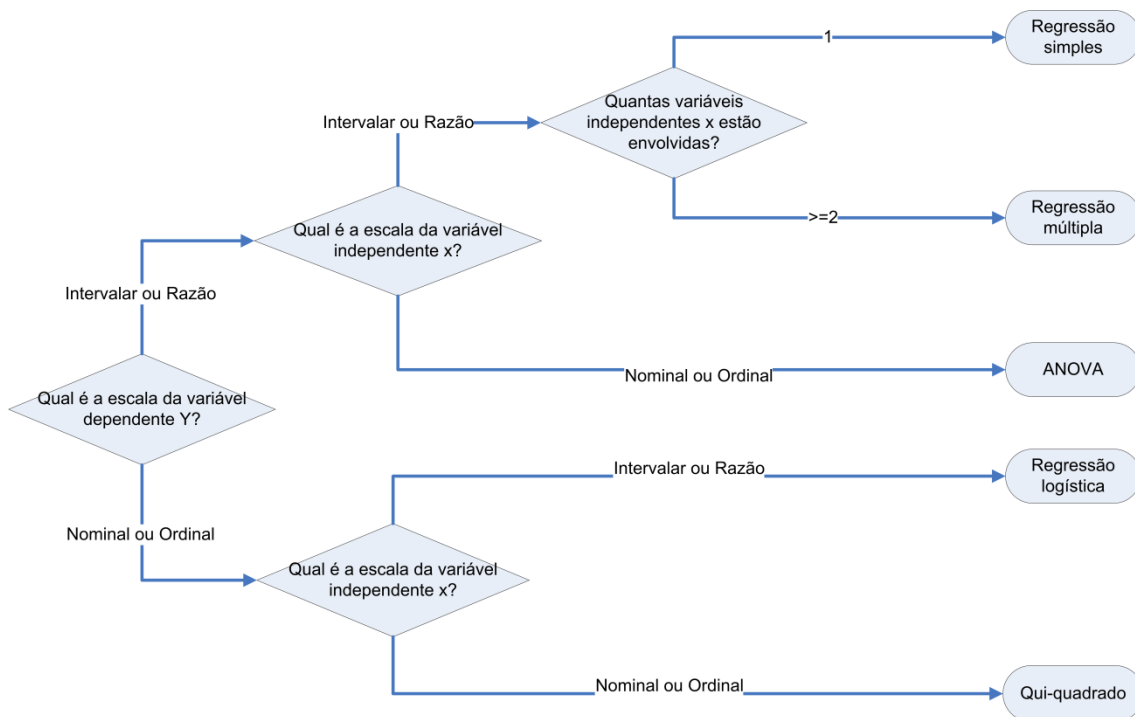
Após constatar a estabilidade do subprocesso com relação à medida IEC e à medida DRT para o conjunto homogêneo “Projetos PHP”, a partir da execução da etapa “Verificar Estabilidade” para ambas as medidas, o grupo de processos acessa a FAAD e registra as informações sobre a execução da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho”, conforme realizado nas etapas anteriores.

Na primeira tarefa, “Selecionar método para estabelecer modelo de desempenho”, o grupo de processos, por não conhecer os métodos para a criação do modelo de desempenho, acessa o conhecimento relacionado na FAAD e verifica que o método apropriado deve ser selecionado a partir do tipo das medidas que estão sendo consideradas. Ao ler os tipos de métodos apresentados no item de conhecimento (Figura 7.44) e o fluxograma de apoio para a seleção do método apropriado (Figura 7.45), o grupo de processos seleciona a regressão linear, pois a escala das medidas IEC (variável dependente) e DRT (variável independente) é razão.





**Figura 7.44** – Item de conhecimento “Modelo de desempenho”



**Figura 7.45** – Fluxograma de apoio à seleção do tipo de método apropriado para gerar um modelo de desempenho

Acessando o modelo de documento “Apoio para Modelo de Desempenho” disponibilizado na FAAD, o grupo de processos registra as medidas envolvidas e o método escolhido para a geração do modelo de desempenho, conforme apresentado na Figura 7.46.

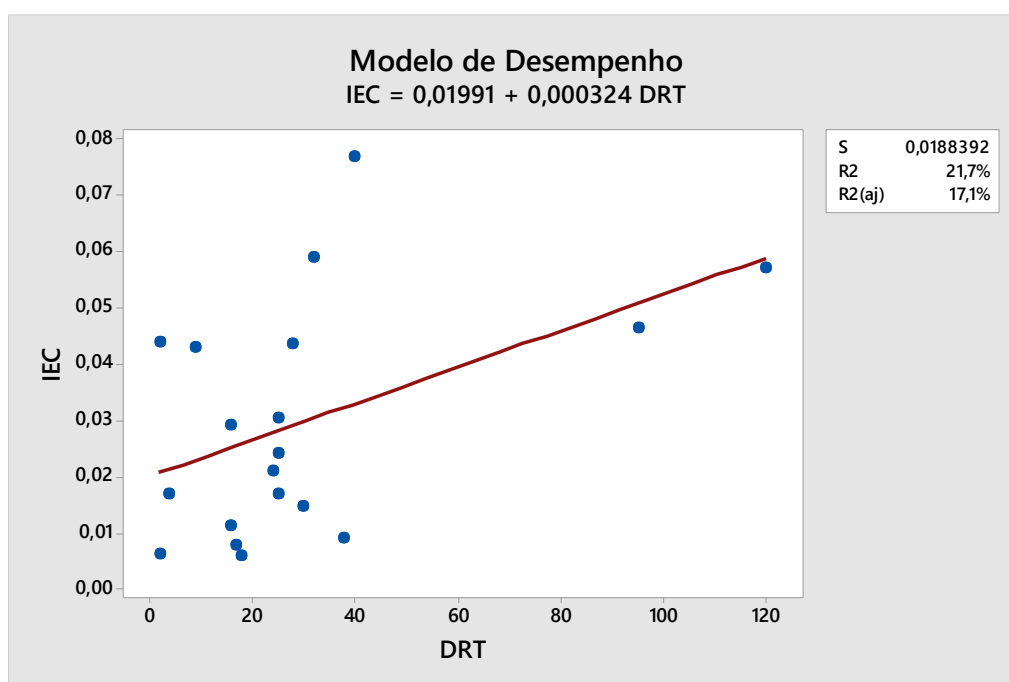
Informe as medidas envolvidas para criar este modelo de desempenho, apresentando suas características e a sua respectiva análise de menos, duas medidas devem ser informadas.

Modelo de Desempenho MOD_IEC-PHP				
Medida	Tipo da variável no modelo de desempenho ▼	Tipo da medida ▼	Escala da medida ▼	ID da análise de estabilidade
IEC	Variável dependente (Y)	Variável	Razão	ADP_IEC-PHP
DRT	Variável independente (x)	Atributo	Razão	ADP_DRT-PHP
Modelo de desempenho gerado				
Data	Método utilizado ▼	Modelo	Válido/Confiável? ▼	Justificativa
20/05/2016	Regressão linear simples			

Folha de rosto Modelo MOD\_IEC-PHP

**Figura 7.46** – Documento “Apoio para Modelo de Desempenho” com o registro do método para estabelecer o modelo de desempenho

Na próxima tarefa, “Gerar modelo de desempenho”, o grupo de processos seleciona o elemento de processo “Desenvolver modelo de desempenho através de análise de regressão – Minitab” a fim de acessar o *script* do Minitab associado a esta tarefa. Ao executar o *script*, o grupo de processos obteve o gráfico e a equação apresentados na Figura 7.47.



**Figura 7.47** – Modelo de desempenho de IEC e DRT

A equação que representa o modelo gerado também é registrada no documento “Apoio para Modelo de Desempenho”. Na tarefa seguinte, “Verificar validade do

modelo”, o grupo de processos acessa o item de conhecimento relacionado, a fim de entender os parâmetros apresentados pelo Minitab que informam sobre a acurácia e confiabilidade do modelo de desempenho gerado. A partir do item de conhecimento, o grupo de processos verifica que o modelo gerado possui uma baixa acurácia, pois  $R^2 = 0,21$ , o que é considerado um valor relativamente baixo.

Na tarefa seguinte, “Avaliar a assertividade do modelo de desempenho”, o grupo de processos informa no mesmo documento um conjunto de valores de IEC coletados recentemente nos projetos PHP e calcula os respectivos valores de IEC utilizando a equação de regressão. A assertividade do modelo varia entre 12% e 41%, o que é considerado um valor baixo, indicando que o modelo precisa ser revisto. O resultado desta análise é apresentado na Figura 7.48.

*Informe as medidas envolvidas para criar este modelo de desempenho, apresentando suas características e a sua respectiva análise de estabilidade. Pelo menos, duas medidas devem ser informadas.*

Modelo de Desempenho MOD_IEC-PHP					Avaliação da assertividade do modelo de desempenho			
Medida	Tipo da variável no modelo de desempenho ▼	Tipo da medida ▼	Escala da medida ▼	ID da análise de estabilidade	Valores de IEC			Assertividade (%)
					Data de coleta	Real	Calculado	
IEC	Variável dependente (Y)	Variável	Razão	ADP_IEC-PHP				
DRT	Variável independente (x)	Atributo	Razão	ADP_DRT-PHP	01/04/2016	0,0480	0,0201	41,88%
					15/04/2016	0,1591	0,0199	12,51%
					01/05/2016	0,1671	0,0206	12,33%
					15/05/2016	0,0780	0,0206	26,41%
								#DIV/0!
								#DIV/0!
								#DIV/0!
								#DIV/0!
								#DIV/0!
Modelo de desempenho gerado								
Data	Método utilizado ▼	Modelo	Válido/Confiável? ▼	Justificativa				
20/05/2016	Regressão linear simples	IEC = 0,01991 + 0,000324 DRT	Não	R2 = 0,21 e a assertividade está abaixo de 50%				#DIV/0!
								#DIV/0!

**Figura 7.48** – Análise da assertividade do modelo de desempenho gerado

Ao informar na FAAD que o modelo de desempenho criado não é considerado confiável, o grupo de processos é direcionado para a tarefa “Identificar problemas críticos” (da etapa “Preparar para Análise de Desempenho”), a fim de que possam revisar os relacionamentos estabelecidos entre os subprocessos. Uma alternativa seria acrescentar uma das medidas que já estão relacionadas à medida IEC (por exemplo, o número de não conformidades identificadas pela qualidade) e verificar se a acurácia e a assertividade do modelo melhoram. Desta forma, uma nova execução das etapas do processo deve ser realizada até a geração de um modelo de desempenho confiável.

## 7.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou um exemplo de uso do ambiente SPEAKER em um cenário fictício, mas que utilizou dados reais de uma organização de desenvolvimento de software. O exemplo consistiu no uso de todos os componentes que integram o

ambiente SPEAKER, abrangendo todo o processo de ADP proposto como parte deste trabalho.

Além de servir como ilustração do uso ambiente SPEAKER e seus componentes, o exemplo de uso proporciona uma prova de conceito da solução proposta, demonstrando seu potencial de uso. O capítulo a seguir apresenta a avaliação realizada do ambiente SPEAKER como um todo por meio de um estudo de viabilidade.

## CAPÍTULO 8 – AVALIAÇÃO DO AMBIENTE SPEAKER

*Este capítulo apresenta o planejamento e os resultados da execução do estudo de viabilidade do ambiente SPEAKER.*

### 8.1 Introdução

Conforme discutido nos capítulos anteriores, a execução da análise de desempenho de processos (ADP) é uma prática cujos benefícios são percebidos em longo prazo. Portanto, devido às restrições de tempo de uma tese de doutorado, é inviável realizar a avaliação da efetividade da solução proposta por completo em um contexto real de uma organização de desenvolvimento de software. Além disto, foram identificadas dificuldades para a realização da avaliação da proposta como um todo, por envolver assuntos críticos e estratégicos para uma organização.

Neste contexto, além das avaliações realizadas sobre a definição do processo proposto, apresentadas no Capítulo 4, esta tese envolveu a execução de um estudo de viabilidade sobre o uso do ambiente SPEAKER. De acordo com SHULL *et al.* (2001), um estudo de viabilidade possui o objetivo de verificar se a tecnologia atinge o objetivo para o qual foi construído. É um dos primeiros estudos realizados durante o desenvolvimento de uma determinada tecnologia antes do seu uso em um contexto real.

O estudo de viabilidade consistiu no uso do ambiente SPEAKER para a execução da etapa “Verificar Estabilidade” do processo de ADP proposto. Para a realização do estudo, foram utilizadas medidas reais cedidas por uma organização de desenvolvimento de software que obteve o nível A do MR-MPS-SW. Para possibilitar a execução da etapa em questão, um cenário fictício (apresentado na Seção 8.2.4) foi elaborado a partir das medidas disponibilizadas. Este cenário é semelhante ao utilizado para o exemplo de uso apresentado no Capítulo 7.

O planejamento do estudo de viabilidade é apresentado na Seção 8.2. A Seção 8.3 apresenta um estudo piloto que foi realizado para avaliar o planejamento e os instrumentos do estudo. A Seção 8.4 descreve a execução do estudo, enquanto a Seção 8.5 discute a análise dos resultados obtidos. Por fim, as considerações finais deste capítulo são apresentadas na Seção 8.6.

## 8.2 Planejamento do Estudo de Viabilidade

O estudo realizado teve o objetivo de avaliar a viabilidade da solução proposta nesta tese, no contexto da etapa “Verificar Estabilidade”, em termos do processo de ADP definido, seus modelos de documentos (*templates*), os itens de conhecimento disponibilizados e o apoio ferramental provido pelo ambiente SPEAKER.

O objetivo deste estudo, estruturado de acordo com o paradigma GQM (BASILI e ROMBACH, 1988), é apresentado na Tabela 8.1.

**Tabela 8.1** – Objetivo do estudo de viabilidade

<b>Analisar</b>	a descrição do processo, os modelos de documentos ( <i>templates</i> ), os itens de conhecimento e o apoio ferramental providos pelo ambiente SPEAKER, durante a execução da etapa “Verificar Estabilidade”
<b>Com o propósito de</b>	caracterizar
<b>Com respeito à</b>	efetividade, eficiência e satisfação
<b>Do ponto de vista de</b>	engenheiros de software
<b>No contexto de</b>	organizações de desenvolvimento de software

Para atingir este objetivo, o estudo se baseia no modelo de qualidade em uso da norma internacional ISO/IEC 25022 (ISO/IEC, 2015a). Esta norma define a qualidade em uso como “o grau em que o produto ou sistema pode ser usado por usuários específicos para atender objetivos específicos com efetividade, eficiência, proteção contra risco e satisfação em um contexto de uso específico” (ISO/IEC, 2015a).

A ISO/IEC 25022 estabelece características que definem a qualidade em uso de um produto ou sistema; estas características são apresentadas na Tabela 8.2. Para cada uma destas características, a norma sugere um conjunto de medidas que avaliam a qualidade em uso.

**Tabela 8.2** – Características da qualidade em uso (ISO/IEC, 2015a)

<b>Característica</b>	<b>Definição</b>
Efetividade	Acurácia e completude com os quais os usuários alcançam objetivos específicos.
Eficiência	Recursos utilizados em relação à acurácia e completude com os quais os usuários alcançam objetivos.
Satisfação	Grau em que as necessidades do usuário são satisfeitas quando o produto ou sistema é utilizado em um contexto de uso específico.
Proteção contra risco	Grau em que a qualidade de um produto ou sistema mitiga ou evita potenciais riscos ao usuário, organização ou projeto, incluindo riscos à situação econômica, à vida humana, à saúde, ou ao ambiente.

Abrangência de contexto	Grau em que o produto ou sistema pode ser utilizado com a efetividade, eficiência, satisfação e proteção contra risco, tanto nos contextos específicos de uso como em outros contextos além dos que foram inicialmente identificados.
-------------------------	---

Para realizar a avaliação da qualidade em uso de um produto ou sistema, a ISO/IEC 25022 sugere que seja selecionada pelo menos uma medida das características efetividade, eficiência e satisfação. As demais características (proteção contra risco e abrangência de contexto) são opcionais, pois dependem da natureza do produto ou sistema (ISO/IEC, 2015a).

A avaliação da característica de proteção contra risco não é aplicável no contexto desta tese, pois não é possível avaliar em curto prazo os efeitos da execução da ADP, já que seus benefícios só são alcançados ao longo do tempo. A característica abrangência de contexto também não foi avaliada, pois o ambiente SPEAKER é de uso específico, sendo pertinente para uma organização de desenvolvimento de software que deseja realizar a ADP.

### 8.2.1 Questões e medidas do estudo

Com base nas características e recomendações da ISO/IEC 25022, o estudo de viabilidade pretende responder às seguintes questões:

- **Q1:** A solução proposta é efetiva, ou seja, consegue atingir o propósito para o qual foi desenvolvida?
- **Q2:** A solução proposta é eficiente em termos de tempo produtivo, ou seja, a proporção do tempo gasto pelos participantes ao realizar as tarefas e do tempo gasto em outras ações<sup>7</sup> é aceitável?
- **Q3:** Qual é a satisfação dos participantes do estudo quanto à descrição do processo?
- **Q4:** Qual é a satisfação dos participantes do estudo quanto aos modelos de documentos disponibilizados?
- **Q5:** Qual é a satisfação dos participantes do estudo quanto aos itens de conhecimento disponibilizados?
- **Q6:** Qual é a satisfação dos participantes do estudo quanto ao apoio ferramental desenvolvido?

---

<sup>7</sup> “Outras ações” são definidas pela soma do tempo gasto para solicitar ajuda ou assistência, do tempo gasto para se recuperar de erros e do tempo gasto com buscas ineficazes (ISO/IEC, 2015).

- **Q7:** Qual é a satisfação geral dos participantes do estudo quanto ao ambiente SPEAKER?
- **Q8:** Os participantes do estudo confiam nos resultados providos pela solução proposta?

Para auxiliar na resposta a estas questões, foram selecionadas as medidas sugeridas pela ISO/IEC 25022 apresentadas na Tabela 8.3.

**Tabela 8.3 – Medidas avaliadas no estudo**

Característica	Questão	Medida
Efetividade	Q1	<p><b><u>Tarefas concluídas sem auxílio:</u></b> proporção das tarefas que foram concluídas corretamente sem auxílio externo.</p> <p><b><u>Tarefas concluídas com auxílio:</u></b> proporção das tarefas que foram concluídas corretamente, mas com auxílio externo.</p> <p><b><u>Tarefas não concluídas:</u></b> proporção das tarefas que não foram concluídas corretamente.</p>
Eficiência	Q2	<b><u>Índice de tempo produtivo:</u></b> proporção do tempo em que o usuário está realizando ações produtivas.
Satisfação	Q3	<b><u>Satisfação com a descrição do processo:</u></b> satisfação do usuário com relação à descrição do processo.
	Q4	<b><u>Satisfação com os modelos de documentos:</u></b> satisfação do usuário com relação aos modelos de documentos providos pelo ambiente.
	Q5	<b><u>Satisfação com os itens de conhecimento:</u></b> satisfação do usuário com relação aos itens de conhecimento disponibilizados no ambiente.
	Q6	<b><u>Satisfação com o apoio ferramental:</u></b> satisfação do usuário com relação ao apoio ferramental.
	Q7	<b><u>Satisfação geral:</u></b> satisfação geral do usuário com o ambiente.
	Q8	<b><u>Confiança do usuário:</u></b> grau em que o usuário confia nos resultados providos pelo ambiente.

As medidas selecionadas para a avaliação da qualidade em uso do ambiente SPEAKER são detalhadas na Tabela 8.4 quanto à sua forma de coleta e de análise.



**Tabela 8.4** – Descrição das medidas avaliadas no estudo

Característica	Medida	Cálculo/Fórmula	Intervalo	Valor ideal
Efetividade	Tarefas concluídas sem auxílio (TCSA)	TCSA = NTSA/NTT, onde: . NTSA = número de tarefas concluídas sem auxílio externo . NTT = número total de tarefas	0 e 1	1
	Tarefas concluídas com auxílio (TCCA)	TCCA = NTCA/NTT, onde: . NTCA = número de tarefas concluídas com auxílio externo . NTT = número total de tarefas	0 e 1	0
	Tarefas não concluídas (TNC)	TNC = NTNC/NTT, onde: . NTNC = número de tarefas não concluídas . NTT = número total de tarefas	0 e 1	0
Eficiência	Índice de tempo produtivo (ITP)	ITP = TP/TT onde: . TP = tempo produtivo = tempo gasto para completar a tarefa – (tempo gasto para solicitar ajuda ou assistência + tempo gasto para se recuperar de erros + tempo gasto com buscas ineficazes) . TT = tempo total gasto para completar a tarefa	0 e 1	1
Satisfação	Satisfação com a descrição do processo (SDP)	Escala Likert	1 (discordo totalmente) e 6 (concordo totalmente)	6
	Satisfação com os modelos de documentos (SMD)			
	Satisfação com os itens de conhecimento (SIC)			
	Satisfação com o apoio ferramental (SAF)			
	Satisfação geral (SG)			
	Confiança do usuário (CONF)			

As medidas de efetividade (TCSA, TCCA e TNC) devem ser analisadas em conjunto, pois são complementares. Para o cálculo destas medidas, cada uma das tarefas definidas pelo processo de ADP proposto é considerada uma tarefa a ser contabilizada pela referida fórmula. Neste estudo, é considerada como auxílio externo qualquer intervenção que a pesquisadora precise realizar durante o estudo, seja solicitada pelo(a) participante do estudo ou caso seja verificado que o(a) participante não está conseguindo concluir a tarefa sozinho(a).

Com relação à medida de eficiência ITP, a contagem do tempo durante a execução do estudo será realizada pela pesquisadora que observará as ações do(a) participante durante o estudo. Esta contabilização será realizada a partir da análise da gravação de áudio e dos registros realizados pela pesquisadora em uma planilha durante o estudo. Não será contabilizado tempo quando o(a) participante fizer algum comentário fora do contexto da execução das tarefas.

As medidas relacionadas à satisfação serão coletadas no final do estudo, a partir do preenchimento de um formulário pelo(a) participante do estudo.

As medidas **Satisfação com a descrição do processo (SDP)**, **Satisfação com os modelos de documentos (SMD)**, **Satisfação com os itens de conhecimento (SIC)** e **Satisfação com o apoio ferramental (SAF)** se referem à satisfação do usuário em relação a cada componente da solução proposta. Nestas medidas, o(a) participante deve avaliar o quanto ficou satisfeito(a) com o uso dos componentes da solução proposta para avaliar a estabilidade de um subprocesso com relação a uma de suas medidas.

A medida **Satisfação geral (SG)** compreende a satisfação do(a) participante quanto ao ambiente SPEAKER como um todo, ao utilizá-lo para avaliar a estabilidade de um subprocesso.

A medida **Confiança do usuário (CONF)** compreende o grau atribuído pelo(a) participante quanto à confiança que possui nos resultados obtidos com a execução das tarefas.

Todas as medidas de satisfação (SDP, SMD, SIC, SAF, SG e CONF) serão obtidas seguindo uma escala Likert pré-definida de seis pontos, conforme sugerido em (LAITENBERGER e DREYER, 1998), a saber: (1) discordo totalmente, (2) discordo amplamente, (3) discordo parcialmente, (4) concordo parcialmente, (5) concordo amplamente e (6) concordo totalmente.

### **8.2.2 Participantes do estudo**

A seleção dos participantes foi realizada por conveniência, de acordo com a disponibilidade dos participantes. Os possíveis participantes do estudo deveriam atender os requisitos necessários para utilizar o ambiente SPEAKER, ou seja: (i) possuir conhecimento intermediário/avançado em engenharia de software, principalmente em melhoria de processos de software; e (ii) possuir conhecimento básico sobre ADP, que envolve conhecer: os principais objetivos da ADP, as principais características de um gráfico de controle, o que é subprocesso estável, dentre outros.

A execução do estudo é realizada com um participante por vez, de forma a permitir a análise das ações por parte da pesquisadora responsável.

### **8.2.3 Instrumentos do estudo**

Um termo de consentimento livre e esclarecido foi elaborado com o objetivo de formalizar para o participante o escopo do estudo, bem como os procedimentos e a confidencialidade da pesquisa. Este termo é apresentado no Apêndice VI.

Foi elaborado também um questionário de caracterização do participante, visando determinar seu perfil quanto à formação acadêmica e experiência em melhoria de processos de software, em especial em ADP. Este questionário também é apresentado no Apêndice VI.

Para auxiliar no registro das medidas de efetividade e eficiência, foi elaborada a planilha de observações apresentada no Apêndice VI. Nesta planilha, a pesquisadora registrou as tarefas concluídas e as que necessitaram de auxílio para serem realizadas, além de observações sobre dúvidas e comentários realizados pelo(a) participante durante o estudo. Posteriormente, esta planilha auxiliou na análise do áudio gravado durante o estudo, complementando as observações registradas.

Para capturar as percepções do(a) participante quanto à sua satisfação a partir do uso da solução proposta, um formulário de avaliação (*follow-up*) foi elaborado. Este formulário foi preenchido pelo(a) participante ao final do estudo. Além disto, espera-se obter críticas e sugestões para melhoria da solução, bem como os benefícios percebidos e as dificuldades observadas durante a execução do processo. Estas informações são obtidas por meio de questões abertas. O formulário de avaliação completo é apresentado no Apêndice VI.

#### 8.2.4 Cenário do estudo

Para a realização do estudo, cada participante deve atuar como um membro do grupo de processos de uma organização de desenvolvimento de software, responsável por executar todas as tarefas relacionadas à etapa “Verificar Estabilidade” do processo proposto. Foram disponibilizados dados reais de uma organização de desenvolvimento de software com relação a um subprocesso. Somente uma medida relacionada a este subprocesso foi disponibilizada. Apesar de os dados serem reais, um cenário fictício foi elaborado a fim de preservar a identidade da organização e garantir a execução da maioria das tarefas da etapa. Este cenário é apresentado a seguir e serve como motivação e contexto para a realização do estudo, a ser apresentado aos participantes do estudo antes do seu início.

*A Organização Alfa está se preparando para uma avaliação do nível B do MR-MPS-SW. Há três tipos de projetos sendo executados pela organização; cada um utiliza uma tecnologia diferente e possui uma equipe fixa de desenvolvedores. As três equipes de desenvolvimento são: projetos Java, projetos PHP e projetos Cobol. Cada equipe de desenvolvimento possui somente um projeto sendo executado a cada vez, sendo que cada projeto possui uma duração fixa de um mês. Todos os projetos utilizam a mesma versão do processo de desenvolvimento.*

*Os subprocessos críticos da organização já foram identificados e as medidas destes subprocessos foram avaliadas e estão aptas para a realização da análise de estabilidade. Você faz parte do grupo de processos desta organização e irá realizar a análise de estabilidade do subprocesso “Codificação de Software” com relação à sua medida “Índice de Novas Funcionalidades - INF”. Esta medida é um indicador que relaciona o esforço gasto durante a codificação de novos requisitos e o esforço total. A planilha de coleta relacionada a esta medida está disponibilizada na pasta “Estabilidade”.*

*A medida INF está relacionada ao objetivo estratégico “Aumentar a produtividade e a eficiência operacional da unidade organizacional” e foi coletada quinzenalmente em todos os projetos em andamento da organização ao longo de 10 meses.*

*A organização Alfa utiliza o Minitab como software estatístico.*

### 8.2.5 Ameaças à validade

Como parte do planejamento do estudo de viabilidade, foram identificadas ameaças à sua validade, ou seja, eventos que podem impactar ou limitar o resultado do estudo. Seguindo a classificação apresentada por WÖHLIN *et al.* (2000), as seguintes ameaças foram identificadas:

- **Ameaças à validade interna:** são eventos não controlados pelo pesquisador que podem produzir distorções no resultado esperado. Neste estudo, uma ameaça à validade interna é a experiência prévia dos participantes com relação à ADP, o que pode impactar positiva ou negativamente os resultados do estudo. Uma forma de mitigar esta ameaça seria executar o estudo com participantes de diferentes perfis, ou seja, com níveis variados de conhecimento em ADP.
- **Ameaças à validade externa:** prejudicam a generalização dos resultados do estudo. Um estudo de viabilidade não possui o objetivo de ter seu resultado generalizado para outros contextos; mesmo assim, algumas ameaças à validade externa foram identificadas. A primeira é com relação à representatividade limitada dos participantes, pois estes podem ter perfil diferenciado da maioria do público-alvo. Uma forma de minimizar os efeitos desta ameaça também seria a execução do estudo com diferentes perfis. Outra ameaça à validade externa é o cenário proposto para o estudo, que poderia não representar a realidade das organizações de desenvolvimento de software. Para minimizar esta ameaça, foram utilizadas medidas reais de uma organização de desenvolvimento de software e o cenário fictício elaborado procurou ilustrar (com adaptações) o contexto real no qual estas medidas foram coletadas. No entanto, a ausência de informações de contexto reais para executar algumas tarefas do processo de ADP pode afetar o resultado do estudo.
- **Ameaças à validade de construção (ou constructo):** são eventos que podem prejudicar a medição correta no estudo. Uma das ameaças à validade de construção seria a definição incorreta das medidas no estudo, bem como a seleção de métodos que possam prejudicar sua coleta. Para mitigar este tipo de ameaça, as medidas utilizadas no estudo foram baseadas nas medidas de qualidade em uso sugeridas pela ISO/IEC 25022 (ISO/IEC, 2015a). Outra ameaça seria a medição incorreta da efetividade e da eficiência da solução proposta. Para minimizar esta ameaça, a coleta destas medidas foi realizada pela pesquisadora com o auxílio da gravação do áudio

do estudo e das anotações realizadas durante o estudo. Outra ameaça à validade de construção (e que também é uma ameaça à validade externa, conforme apresentado anteriormente) é o cenário proposto para o estudo, que poderia não representar a realidade das organizações de desenvolvimento de software.

- **Ameaças à validade de conclusão:** prejudicam o estabelecimento de relacionamentos estatísticos. Neste estudo de viabilidade, não foram utilizados testes estatísticos para analisar os dados, uma vez que a análise foi predominantemente qualitativa. Portanto, os resultados não podem ser considerados conclusivos – são somente indícios da aplicabilidade de parte da solução proposta.

### **8.3 Estudo Piloto**

Antes da execução do estudo de viabilidade com participantes que atendam aos critérios definidos na Seção 8.2.2, um estudo piloto foi realizado com o objetivo de avaliar o planejamento e os instrumentos do estudo. Além deste objetivo principal, o estudo piloto serviu como uma avaliação prévia da solução proposta, obtendo a percepção de uma pessoa externa à pesquisa.

O estudo piloto foi conduzido utilizando o mesmo cenário a ser aplicado no estudo de viabilidade, variando somente o nome da organização e a medida a ser analisada. O participante do estudo piloto possui conhecimentos sólidos em melhoria de processos, mas não possui conhecimento sobre ADP.

Durante a execução do estudo piloto, o participante fez comentários e sugestões de melhoria que foram registradas pela pesquisadora e, posteriormente, a maioria delas foi realizada, antes da execução do estudo de viabilidade.

Algumas das melhorias identificadas foram referentes aos modelos de documentos disponibilizados no processo. Dentre estas melhorias, verificou-se a necessidade de alterar o nome de algumas colunas da Planilha de Medidas e colocar alguns filtros para facilitar na análise dos valores. Além disto, alguns comentários nos modelos de documentos foram melhorados ou inseridos, a fim de tornar os modelos mais autoexplicativos.

Uma dificuldade apontada foi que, ao ler a descrição de algumas tarefas, houve a necessidade de conhecimento para entender melhor o objetivo da tarefa, mas, apesar de haver um item de conhecimento relacionado, este não era percebido pelo participante. Desta forma, foi sugerido que os itens de conhecimento fossem citados na descrição da tarefa, a fim de chamar a atenção do usuário para a existência do item de conhecimento.

Neste sentido, o participante também sugeriu que houvesse a referência à aba do modelo de documento à qual a tarefa se referia.

Boa parte das sugestões do participante foi relacionada aos itens de conhecimento. Em alguns casos, o participante achou que as citações a publicações acadêmicas na descrição do conhecimento poderia não ser adequada para o público-alvo do ambiente. Uma sugestão foi tornar a descrição dos itens de conhecimento mais direta, principalmente nos exemplos. Ainda com relação aos itens de conhecimento, o participante sugeriu alguns ajustes quanto à redação de alguns itens de conhecimento, que considerou confusa. Estas melhorias foram, em sua maioria, realizadas antes do estudo de viabilidade.

Além destas melhorias, este participante apontou pequenos ajustes na descrição do cenário do estudo com relação à descrição da equipe de desenvolvimento e, no formulário de avaliação (*follow-up*), com relação ao nome do subprocesso a ser analisado (que não estava igual ao nome disponibilizado na FAAD). Estas melhorias foram totalmente realizadas antes do estudo de viabilidade.

No formulário de avaliação, o participante ainda sugeriu uma “exibição diagramática do processo na ferramenta”, permitindo ter uma visualização de qual tarefa está sendo executada. Segundo o participante, “embora não seja crucial para a execução do processo, acredito que [a diagramação] possa ser um bom apoio”.

## **8.4 Execução do Estudo**

Após a realização dos ajustes identificados no estudo piloto, dois participantes (denominados A e B no decorrer deste texto) foram selecionados para participar do estudo de viabilidade, a partir de sua experiência em consultorias em melhoria de processos e seu conhecimento sobre ADP. A participante A é implementadora e avaliadora líder intermediário do MR-MPS-SW e, além do conhecimento teórico sobre ADP (obtido por meio de uma disciplina de pós-graduação), atuou como avaliadora adjunta em uma avaliação do nível A do MR-MPS-SW. O participante B já foi implementador do MR-MPS-SW e também possui conhecimento teórico sobre ADP obtido por meio de uma disciplina de pós-graduação. Ambos participantes possuem doutorado na área de engenharia de software.

Como informado anteriormente, o estudo de viabilidade foi realizado individualmente com cada participante. Nas duas execuções, o estudo foi iniciado por um treinamento, no qual os participantes foram informados sobre o objetivo do estudo e

o ambiente SPEAKER foi apresentado com suas principais funcionalidades. A forma como o estudo seria conduzido foi explicada e foi solicitada a autorização dos participantes para a gravação do áudio. Uma vez consentida a gravação, os participantes leram o cenário de uso (apresentado na Seção 8.2.4) e iniciaram a utilização do ambiente SPEAKER.

A execução do processo de ADP foi semelhante para os dois participantes, no entanto, houve algumas diferenças que serão destacadas a seguir.

Na primeira tarefa, “Preparar planilha de medidas”, os participantes analisaram a Planilha de Medidas disponibilizada com as informações de contexto e os valores coletados da medida INF. Na tarefa “Identificar subgrupos homogêneos da medida”, a participante A acessou o conhecimento relacionado sobre subgrupos homogêneos e analisou alguns de seus subitens, enquanto o participante B acessou todos os subitens. A participante A identificou três conjuntos homogêneos, a partir das linguagens de programação utilizadas nos projetos. No entanto, ao preencher a Planilha de Medidas, houve necessidade de interferência por parte da pesquisadora, pois a participante não compreendeu como seria o preenchimento dos conjuntos homogêneos identificados. No final da tarefa, não foram identificados subgrupos homogêneos para a medida. O participante B também identificou três conjuntos homogêneos, mas baseados na complexidade do projeto (alta, média ou baixa). O participante também não considerou adequada a organização das medidas em subgrupos homogêneos.

Na próxima tarefa, “Determinar características das medidas”, a participante A acessou os dois itens de conhecimento relacionados a esta tarefa (“Tipo de medida” e “Distribuição de probabilidade”), enquanto o participante B acessou somente o primeiro. Para identificar a distribuição de probabilidade, ambos participantes selecionaram o elemento de processo relacionado à distribuição normal e executaram o respectivo *script* no Minitab. A participante A verificou que os três conjuntos homogêneos parecem seguir uma distribuição normal, apesar da baixa quantidade de valores de cada um (20 valores). Já o participante B ficou na dúvida quanto à normalidade de um dos conjuntos homogêneos e tentou verificar se o conjunto de valores seguia a distribuição de Poisson. No entanto, ao executar o respectivo *script* no Minitab, o Minitab apresentou uma mensagem informando que não é possível realizar esta verificação, pois não se tratava de valores inteiros.

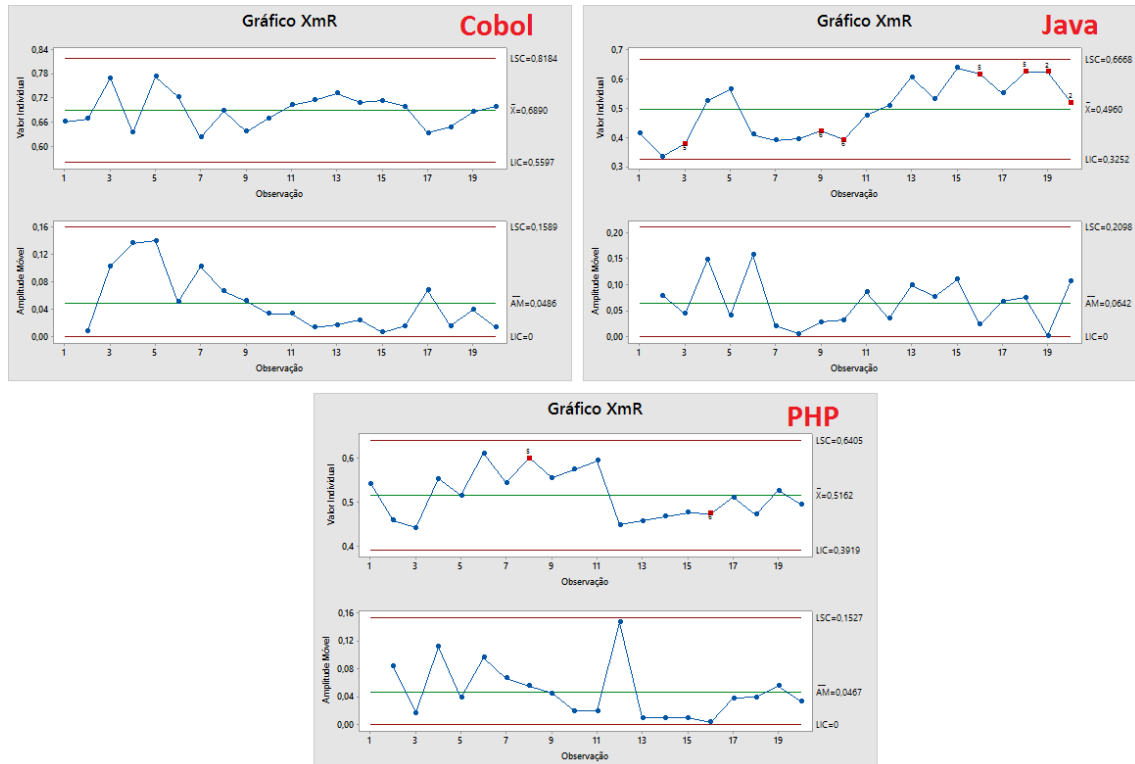
Para a execução da tarefa seguinte, “Selecionar gráfico de controle apropriado”, os participantes analisaram o item de conhecimento “Gráfico de controle”. Ao analisar o



fluxograma de seleção do tipo de gráfico de controle disponibilizado no item de conhecimento, a participante A considerou que o gráfico apropriado seria o “X-bar e R”, e consultou o conhecimento referente a este gráfico. A pesquisadora questionou por que este gráfico foi selecionado; neste momento, verificou-se que a participante teve dúvida quanto aos termos “conjunto homogêneo” e “subgrupo homogêneo”, relacionado à tarefa anterior. A participante tinha entendido que estes conceitos eram sinônimos e, portanto, o gráfico “X-bar e R” seria conveniente. Após a explicação da pesquisadora de que a participante não havia identificado subgrupos homogêneos (mas sim conjuntos homogêneos, de acordo com o contexto dos projetos), a participante voltou ao fluxograma de seleção do tipo de gráfico de controle, selecionando o gráfico XmR.

Nesta tarefa, o participante B, após analisar o fluxograma de seleção do tipo de gráfico de controle, selecionou o gráfico XmR .

Na próxima tarefa, “Construir gráficos de controle”, ambos participantes selecionaram o elemento de processo referente à geração do gráfico XmR e executaram o respectivo *script* no Minitab para cada conjunto homogêneo identificado. Os gráficos obtidos pela participante A são apresentados na Figura 8.1, enquanto os gráficos obtidos pelo participante B são apresentados na Figura 8.2.



**Figura 8.1** – Gráficos de controle gerados no estudo de viabilidade pela participante A



**Figura 8.2** – Gráficos de controle gerados no estudo de viabilidade pelo participante B

Na tarefa “Aplicar testes de estabilidade”, com os dados fornecidos pelo Minitab e pelo item de conhecimento “Testes de estabilidade”, a participante A verificou que somente um conjunto homogêneo (projetos Cobol) se apresentava estável, e fez o registro desta análise na Planilha de Medidas. Apesar de considerar que este conjunto se comporta de forma estável, a participante sentiu falta de mais informações de contexto, pois gostaria de analisar melhor o que aconteceu nos projetos devido à aparente mudança na variabilidade do subprocesso a partir do ponto 9.

Já o participante B verificou que os conjuntos homogêneos “complexidade alta” e “complexidade baixa” se apresentavam estáveis com relação aos testes de estabilidade, e registrou este resultado na Planilha de Medidas.

Em ambos os casos, como não foi possível obter as informações de contexto para investigar as causas da instabilidade dos conjuntos homogêneos que não se apresentaram estáveis (por se tratar de um cenário fictício embora baseado em medidas reais), foi solicitado que os participantes continuassem a execução das atividades somente com os conjuntos de valores que foram considerados estáveis a partir da aplicação dos testes de estabilidade. Desta forma, a atividade do processo “Realizar ações para estabilizar subprocesso” não foi executada neste estudo.

Continuando o processo, na tarefa “Identificar padrões de instabilidade”, a participante A consultou o item de conhecimento relacionado e não identificou nenhum dos padrões de instabilidade no conjunto homogêneo analisado, considerando-o estável também com relação a estes padrões. Estas informações foram registradas na Planilha de Medidas, conforme apresentado na Figura 8.3.

Análise da estabilidade da Medida INF						
Tipo da medida: ▼	Variável					
ID da análise	Conjunto homogêneo	Subgrupo homogêneo	Distribuição de probabilidade ▼	Gráfico de controle ▼	Resultado dos testes de estabilidade ▼	Resultado dos padrões de instabilidade ▼
1	Projetos Java		Normal	Gráfico XmR	Não-estável	
2	Projetos PHP		Normal	Gráfico XmR	Não-estável	
3	Projetos COBOL		Normal	Gráfico XmR	Estável	Estável

**Figura 8.3** – Planilha de Medidas após a execução da tarefa “Identificar padrões de instabilidade” no estudo de viabilidade (participante A)

Nesta tarefa, o participante B também consultou o item de conhecimento relacionado e identificou o padrão de instabilidade “agrupamento” no conjunto homogêneo “complexidade alta”. Portanto, este conjunto homogêneo foi considerado não estável. Este resultado foi registrado na Planilha de Medidas, conforme apresentado na Figura 8.4. Ainda nesta tarefa, o participante B analisou os pontos que se apresentaram agrupados no gráfico de controle e verificou que cada “grupo” se referia a uma tecnologia diferente adotada nos projetos. A pesquisadora informou que isto poderia ser um indicativo de que os conjuntos homogêneos não foram identificados corretamente.

Análise da estabilidade da Medida INF						
Tipo da medida: ▼	Variável					
ID da análise	Conjunto homogêneo	Subgrupo homogêneo	Distribuição de probabilidade ▼	Gráfico de controle ▼	Resultado dos testes de estabilidade ▼	Resultado dos padrões de instabilidade ▼
Est_CompAlta	COMP_ALTA		Normal	Gráfico XmR	Estável	Não-estável
Est_CompMedia	COMP_MEDIA		Normal	Gráfico XmR	Não-estável	
Est_CompBaixa	COMP_BAIXA		Normal	Gráfico XmR	Estável	Estável

**Figura 8.4** – Planilha de Medidas após a execução da tarefa “Identificar padrões de instabilidade” no estudo de viabilidade (participante B)

Na próxima tarefa, “Verificar necessidade de analisar novamente as medidas”, a participante A analisou o item de conhecimento “Recomendações” e, antes de decidir a necessidade de executar novamente as tarefas para analisar as medidas, considerou mais conveniente primeiro plotar os gráficos EWMA e CUSUM (sugeridos no item de conhecimento) para ver como os dados se comportavam. Como a participante não

conhecia estes gráficos, não conseguiu interpretá-los e, para obter o conhecimento referente a estes gráficos, informou na FAAD a decisão de realizar a análise dos dados novamente.

Nesta tarefa, o participante B também acessou o item de conhecimento relacionado, mas, apesar de considerar conveniente uma nova análise identificando novos conjuntos homogêneos, decidiu não realizá-la por dois motivos: (i) o participante considera mais pertinente primeiro investigar as causas de instabilidade dos outros conjuntos homogêneos, a fim de obter um melhor entendimento sobre o subprocesso sendo analisado; e (ii) devido às limitações do desempenho do apoio ferramental (a serem comentadas na seção 8.5), o participante não considerou viável a reexecução das atividades. Desta forma, o participante B, ao informar na FAAD que não era necessária uma nova análise, executou a última tarefa, “Armazenar informações”, analisando o gráfico XmR referente ao conjunto homogêneo “complexidade baixa” e registrando na Planilha de Medidas os valores da *baseline* de desempenho obtida.

A participante A, por ter optado por analisar os dados novamente, foi conduzida pela FAAD ao início da etapa (conforme as regras do processo) e seguiu o fluxo das tarefas sem fazer alterações (pois não eram aplicáveis) até a tarefa “Selecionar gráfico de controle apropriado”. Nesta tarefa, a participante acessou novamente o item de conhecimento a fim de conhecer os gráficos EWMA e CUSUM e verificou que o gráfico mais apropriado para uma nova análise seria o EWMA. Nas tarefas seguintes, construiu o gráfico EWMA e aplicou o teste de estabilidade pertinente a este gráfico, verificando que o conjunto homogêneo também se apresentou estável. Na tarefa “Identificar padrões de instabilidade”, a participante verificou por meio do item de conhecimento que os padrões de instabilidade não se aplicam ao gráfico EWMA e, portanto, o conjunto analisado foi considerado estável.

Na próxima tarefa, “Verificar necessidade de analisar novamente as medidas”, a participante A informou que não havia necessidade de executar novamente a análise e continuou o processo. Na última tarefa, “Armazenar informações”, a participante analisou o gráfico XmR do conjunto homogêneo considerado estável (projetos Cobol) e registrou na Planilha de Medidas os valores da *baseline* de desempenho obtida.

## **8.5 Análise dos Resultados**

A partir da análise da transcrição do áudio gravado, da planilha de observações registradas pela pesquisadora durante o estudo, e da análise do formulário de avaliação

respondido pelos participantes ao final do estudo, foi possível responder às questões estabelecidas para este estudo de viabilidade, efetuando a análise quantitativa e qualitativa das medidas estabelecidas.

Com relação à questão Q1, “a solução proposta é efetiva, ou seja, consegue atingir o propósito para o qual foi desenvolvida?”, é necessário primeiramente estabelecer o número total de tarefas executadas. A etapa “Verificar Estabilidade” possui 15 tarefas no total. No entanto, as tarefas relacionadas à atividade “Realizar ações para estabilizar subprocesso” foram consideradas fora do contexto neste estudo, devido à falta de informações de contexto suficientes para realizá-las. Além disso, no caso da participante A, 8 tarefas foram executadas novamente, devido à decisão da participante em realizar uma nova análise dos dados. Desta forma, para calcular as medidas relacionadas à efetividade, foi utilizado o número total de tarefas (NTT) igual a 9 (total de tarefas da etapa, excetuando-se as tarefas da atividade “Realizar ações para estabilizar subprocesso”) para o participante B, e 17 (9 + 8 tarefas executadas novamente) para a participante A.

Durante a execução do processo pela participante A, a pesquisadora precisou intervir na execução de 6 tarefas, a saber: “Preparar planilha de medidas”, “Identificar subgrupos homogêneos da medida” (na primeira execução), “Selecionar gráfico de controle apropriado” (em ambas as execuções), “Aplicar testes de estabilidade” (na primeira execução), e “Verificar necessidade de analisar novamente as medidas” (na primeira execução). Durante a execução do processo pelo participante B, a pesquisadora precisou intervir em 4 tarefas, a saber: “Identificar subgrupos homogêneos da medida”, “Determinar características das medidas”, “Aplicar testes de estabilidade”, e “Verificar necessidade de analisar novamente as medidas”.

As medidas de efetividade foram calculadas e são apresentadas na Tabela 8.5.

**Tabela 8.5** – Resultado das medidas de efetividade da solução proposta

Medida	Fórmula	Resultado – Participante A	Resultado – Participante B
Tarefas concluídas sem auxílio (TCSA)	Número de tarefas concluídas sem auxílio / NTT	$11 / 17 = 0,647$	$5 / 9 = 0,556$
Tarefas concluídas com auxílio (TCCA)	Número de tarefas concluídas com auxílio / NTT	$6 / 17 = 0,353$	$4 / 9 = 0,444$
Tarefas não concluídas (TNC)	Número de tarefas não concluídas / NTT	$0 / 17 = 0$	$0 / 9 = 0$

Como pode ser observado na Tabela 8.5, para a participante A, a medida TCSA foi igual a 0,647, ou seja, cerca de 65% das tarefas foram executadas pela participante sem o auxílio da pesquisadora. Por outro lado, a medida TCCA foi igual a 0,353, ou seja, a pesquisadora precisou intervir em aproximadamente 35% das tarefas executadas pela participante. As intervenções da pesquisadora foram, principalmente, em decorrência de três fatores, a saber:

- Falta de entendimento da participante sobre o processo proposto como um todo, pois a participante sentiu falta de informações sobre como a etapa executada se relaciona com as demais etapas sugeridas (que não fizeram parte da avaliação); esta dúvida surgiu, principalmente, na execução da tarefa “Preparar planilha de medidas”;
- Falta de entendimento da participante sobre alguns itens de conhecimento disponibilizados, em particular, sobre subgrupos homogêneos; a partir deste problema, a pesquisadora precisou explicar o conceito, intervindo em duas tarefas: “Identificar subgrupos homogêneos da medida” e “Selecionar gráfico de controle apropriado”;
- Dúvidas quanto à integração do ambiente com o Minitab, a partir do uso dos *scripts* (o que afetou a execução da tarefa “Aplicar testes de estabilidade”) e quanto ao uso do Minitab para a geração dos gráficos EWMA e CUSUM, que não possuíam *scripts* associados (o que afetou a execução da tarefa “Verificar necessidade de analisar novamente as medidas”).

Para o participante B, a medida TCSA foi igual a 0,556, ou seja, aproximadamente 56% das tarefas foram executadas pelo participante sem auxílio da pesquisadora, enquanto a medida TCCA foi igual a 0,444, ou seja, a pesquisadora precisou intervir em cerca de 45% das tarefas executadas. Neste caso, a pesquisadora precisou intervir, principalmente, devido a:

- Dúvidas quanto à integração entre a FAAD e a FIE, pois o participante não a considerou intuitiva;
- Falta de entendimento do participante quanto à possibilidade da reexecução da análise a partir da escolha de outro gráfico de controle.

Em ambos os casos, o valor da medida TNC foi igual a 0, que é o valor ideal. Isto evidencia que os participantes conseguiram realizar todas as tarefas da etapa pertinentes ao cenário provido, mesmo que com a ajuda da pesquisadora em algumas delas. Para complementar a análise destas medidas de efetividade, ambos os

participantes informaram no formulário de avaliação que considera que a solução proposta atende ao objetivo de auxiliar uma organização de desenvolvimento de software a analisar a estabilidade de um subprocesso quanto a uma medida, pois a disponibilização dos itens de conhecimento e do processo auxilia na execução desta análise. No entanto, o participante B não considerou o apoio ferramental apropriado, devido ao seu baixo desempenho. No entanto, pode-se considerar que há indícios de que a solução proposta seja efetiva.

Para a questão Q2 (a solução proposta é eficiente em termos de tempo produtivo, ou seja, a proporção do tempo gasto pelos participantes ao realizar as tarefas e do tempo gasto em outras ações é aceitável?), a medida Índice de tempo produtivo (ITP) foi calculada para cada tarefa a partir do tempo produtivo (TP) e do tempo total (TT) gasto para completar a tarefa, conforme apresentado na Tabela 8.6. Nesta tabela, as tarefas são apresentadas de acordo com o fluxo de sua execução no decorrer do estudo com os participantes A e B, incluindo a segunda execução de algumas delas (no caso da participante A). O tempo produtivo e o tempo total são apresentados em horas.

**Tabela 8.6** – Resultados da medida de eficiência da solução proposta

Tarefa	TP		TT		ITP	
	A	B	A	B	A	B
<b>Participantes</b>						
<b>Selecionar gráfico de controle</b>						
Preparar planilha de medidas	0,056	0,139	0,085	0,139	0,660	1,000
Identificar subgrupos homogêneos da medida	0,193	0,505	0,280	0,521	0,689	0,969
Determinar características das medidas	0,456	0,395	0,456	0,470	1,000	0,840
Selecionar gráfico de controle apropriado	0,162	0,458	0,308	0,458	0,526	1,000
<b>Realizar testes de estabilidade</b>						
Construir gráficos de controle	0,103	0,676	0,113	0,676	0,909	1,000
Aplicar testes de estabilidade	0,238	0,178	0,266	0,185	0,894	0,964
Identificar padrões de instabilidade	0,352	0,855	0,352	0,855	1,000	1,000
<b>Confirmar estabilidade</b>						
Verificar necessidade de analisar novamente as medidas	0,098	0,279	0,171	0,353	0,572	0,790
<b>Selecionar gráfico de controle</b>						
Preparar planilha de medidas	0,007	-	0,007	-	1,000	-
Identificar subgrupos homogêneos da medida	0,006	-	0,006	-	1,000	-
Determinar características das medidas	0,005	-	0,005	-	1,000	-
Selecionar gráfico de controle apropriado	0,188	-	0,218	-	0,862	-
<b>Realizar testes de estabilidade</b>						
Construir gráficos de controle	0,084	-	0,084	-	1,000	-
Aplicar testes de estabilidade	0,008	-	0,008	-	1,000	-
Identificar padrões de instabilidade	0,076	-	0,076	-	1,000	-
<b>Confirmar estabilidade</b>						
Verificar necessidade de analisar novamente as medidas	0,031	-	0,031	-	1,000	-
<b>Estabelecer <i>baseline</i> de desempenho</b>						

Armazenar informações	0,113	0,114	0,113	0,114	1,000	1,000
<b>Total</b>	<b>2,174</b>	<b>3,601</b>	<b>2,577</b>	<b>3,773</b>	<b>0,844</b>	<b>0,954</b>

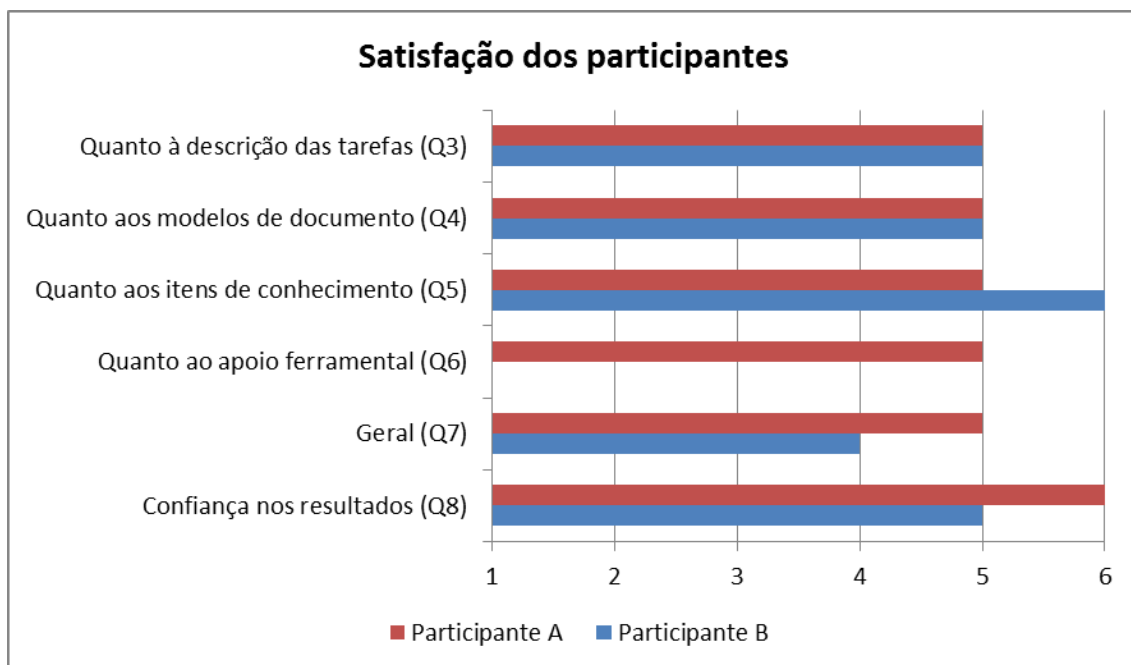
A partir da Tabela 8.6, verifica-se que o ITP total da execução das tarefas foi de 0,844 para a participante A, e 0,954 para o participante B, o que indica que a solução proposta é eficiente em termos de tempo produtivo. As tarefas que tiveram ITP mais baixo foram as relacionadas à decisão sobre a escolha do tipo de gráfico de controle e sobre a necessidade de analisar os dados novamente. Na primeira execução da tarefa “Selecionar gráfico de controle apropriado”, a participante A dispendeu muito tempo na leitura do gráfico de controle “X-bar e R”, pois não havia compreendido o conceito de subgrupo e estava considerando que este gráfico seria o mais apropriado, conforme mencionado anteriormente.

Ao obter o conhecimento sobre este gráfico, a participante A questionou se realmente seria pertinente, pois pela descrição do conhecimento ela não estava vendo aplicabilidade do gráfico para o cenário analisado. Somente neste momento a pesquisadora entrevistou, e todo o tempo de leitura deste tipo de gráfico foi classificado como “buscas ineficazes”. Já na primeira execução da tarefa “Verificar necessidade de analisar novamente as medida”, a participante A preferiu construir os gráficos EWMA e CUSUM antes de decidir sobre a necessidade de analisá-los novamente. A pesquisadora precisou intervir na construção destes gráficos, pois a participante não tinha experiência no uso do Minitab e, conforme mencionado, não havia *scripts* para a geração destes gráficos.

Verifica-se também na Tabela 8.6 que houve uma alta eficiência na maioria das tarefas que foram executadas pela segunda vez pela participante A, o que pode ser um indício de que, uma vez que o usuário se torna familiarizado com o ambiente, o uso do ambiente tende a se tornar cada vez mais eficiente, conforme esperado. Este indício foi corroborado, em partes, pela participante no formulário de avaliação ao dizer que “no geral não teve muitas dificuldades [ao executar as tarefas]”, somente “inicialmente, [por razões] de aprendizado da ferramenta” (o que a participante considerou “normal”).

Com relação às questões Q3 a Q7, relacionadas à satisfação dos participantes quanto aos elementos que compõem a solução proposta, a análise quantitativa da resposta fornecida pela participante é sumarizada na Figura 8.5.





**Figura 8.5** – Resultado quantitativo das medidas de satisfação com cada componente da solução proposta

Como pode ser observado na Figura 8.5, a participante A concordou amplamente com a afirmação de que está satisfeita com todos os componentes da solução proposta e também com o ambiente SPEAKER de uma forma geral. O participante B concordou amplamente com a afirmação de que está satisfeito com a descrição das tarefas, com os modelos de documentos e que possui confiança os resultados, além de concordar totalmente com a afirmação de que está satisfeito com os itens de conhecimento providos. No entanto, o participante B afirmou que discorda totalmente com relação à afirmação de satisfação do apoio ferramental.

A grande discrepância que houve entre a satisfação da participante A e do participante B quanto ao apoio ferramental foi devido ao baixo desempenho apresentado pelo ambiente SPEAKER na segunda execução do estudo. São necessárias mais análises para verificar o que ocorreu nesta execução.

Junto com esta sinalização do nível de satisfação, os participantes forneceram suas percepções para cada componente da solução no formulário de avaliação. Estas percepções incluem melhorias e sugestões, e são apresentadas a seguir.

Com relação à satisfação com a descrição das tarefas, a participante A informou que sentiu falta de mais detalhes quanto ao preenchimento dos modelos de documentos, e sugeriu que a descrição das tarefas apresentasse um passo-a-passo (mais detalhado) e, se possível, pudesse ilustrar um exemplo para a realização da tarefa (o resultado que se

espera da execução da tarefa). Por outro lado, o participante B sugeriu que “algumas descrições podem ser resumidas”, sendo mais objetivas.

Com relação aos modelos de documentos, a participante A também sugeriu mais detalhes nos comentários providos nos modelos. Já o participante B sugeriu uma maior automatização dos modelos, principalmente, para auxiliar a identificação dos conjuntos homogêneos.

Para a questão relacionada à satisfação com os itens de conhecimento, ambos os participantes gostaram da estruturação e visualização do conhecimento em mapas mentais. A participante A sugeriu que a tela do conhecimento fosse apresentada em uma nova janela (atualmente, o item de conhecimento é apresentado na mesma tela da tarefa que está sendo executada) para permitir a consulta ao conhecimento durante a execução da tarefa atual. Com relação ao conteúdo dos itens de conhecimento, os participantes acharam pertinente para conceitos que já possuíam um conhecimento prévio. No entanto, para alguns itens que não conheciam, os participantes sentiram falta de mais informações. Além disto, os participantes sugeriram que fossem apresentados mais exemplos junto às descrições.

Com relação à satisfação com o apoio ferramental, a participante A considerou adequado o apoio provido para a execução da etapa. No entanto, fez algumas considerações, principalmente, quanto ao baixo desempenho (tempo de resposta) e à usabilidade das ferramentas. O participante B enfatizou que “desempenho inviabiliza a utilização prática da ferramenta”. O desempenho das ferramentas era conhecidamente insatisfatório devido a limitações na máquina e na infraestrutura utilizada. No entanto, por se tratar de um protótipo acadêmico e por prover outras funcionalidades relacionadas à alta maturidade, optou-se por continuar a utilizá-la. Porém, devido ao baixo desempenho apresentado na segunda execução do estudo, as causas disto devem ser mais bem investigadas.

Com relação à usabilidade, os participantes apontaram algumas melhorias, tais como: (i) apresentar os *links* com linhas abaixo do texto, pois os *links* atuais (com linhas acima do texto) guiam erroneamente a seleção de um item da interface (um problema relativo à infraestrutura do A2M); (ii) integrar áreas para registro dos resultados das tarefas, em casos de geração de linha de processo, a fim de evitar duplicatas; (iii) melhorar acesso para visualizar a descrição dos itens de conhecimento; e (iv) prover acesso livre às tarefas realizadas anteriormente, permitindo consultas a itens de

conhecimento específicos ou à descrição de tarefas anteriores (atualmente, o acesso às tarefas anteriores é realizado somente seguindo o fluxo do processo).

Com relação à questão Q8, “os participantes do estudo confiam nos resultados providos pela solução proposta?”, a participante A informou que concorda totalmente com a afirmação de que confia nos resultados obtidos. Nos comentários a esta questão, a participante informou que seu conhecimento prévio sobre o assunto pode ter influenciado positivamente na sua confiança nos resultados. O participante B concorda parcialmente com a afirmação, mas também comentou que seu conhecimento prévio pode ter influenciado na sua confiança.

Os principais benefícios da solução proposta informados pelos participantes foram: (i) a descrição do processo, servindo como um guia; (ii) a disponibilização dos itens de conhecimento, pois “agregam bastante e diminuem o trabalho necessário para a execução das tarefas, que de outra forma, poderiam exigir um estudo dos conceitos previamente à sua execução para relembrá-los”; e (iii) a disponibilização dos *scripts* para a geração dos gráficos no Minitab.

Com relação às melhorias, a participante A destacou (além das já apresentadas para cada componente da solução proposta) uma maior integração entre o ambiente SPEAKER e o Minitab a partir da execução direta dos *scripts*, e uma integração mais transparente para o usuário entre as ferramentas do ambiente.

## **8.6 Considerações Finais**

Neste capítulo, o planejamento do estudo de viabilidade do ambiente SPEAKER foi descrito, apresentando as questões e medidas utilizadas, o perfil desejado dos participantes do estudo, os instrumentos elaborados, o cenário utilizado no estudo e as ameaças à validade.

Também foram apresentados a execução do estudo de viabilidade e seus resultados. O estudo foi conduzido com dois participantes que realizaram as tarefas da etapa “Verificar Estabilidade” a fim de analisar um subprocesso crítico com relação a uma medida. Os resultados do estudo indicam que a solução proposta é viável, atingindo a seu objetivo de auxiliar as organizações de desenvolvimento de software durante a análise de estabilidade.

O estudo também identificou melhorias na solução, tais como fornecer a visão geral do processo enquanto este é executado, apresentar mais detalhes na descrição da

tarefa e nos itens de conhecimento, melhorar o desempenho (em termos de tempo de resposta) do apoio ferramental, dentre outros.

Com relação às ameaças à validade do estudo, foi confirmada a ocorrência da ameaça à validade interna e à validade externa com relação à experiência prévia em ADP dos participantes, pois o estudo foi realizado com apenas dois participantes, devido às restrições de tempo e de disponibilidade dos possíveis participantes.

Apesar das limitações do estudo de viabilidade quanto ao número de participantes, sua execução foi importante (pois possibilitou o uso do ambiente SPEAKER como um todo em um contexto semelhante ao real) e positiva (pois forneceu indícios de que o ambiente atinge seu objetivo).

O próximo capítulo apresenta as considerações finais desta tese.

## CAPÍTULO 9 – CONCLUSÃO

*Este capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho, bem como suas principais contribuições e trabalhos futuros.*

### 9.1 Sumarização

A execução da análise de desempenho de processos (ADP) permite que as organizações de desenvolvimento de software tenham um melhor entendimento sobre seus processos, a partir da identificação de variações de seu comportamento ao longo do tempo.

Devido às dificuldades em realizar a ADP, dentre elas a falta de conhecimento técnico dos responsáveis por esta análise sobre os métodos e técnicas estatísticas, são poucas as organizações de desenvolvimento de software que adotam esta prática e chegam à alta maturidade em seus processos.

Neste contexto, o ambiente SPEAKER foi desenvolvido com o objetivo de apoiar a execução do processo de ADP de software, a partir da disponibilização do conhecimento necessário para sua execução, e de elementos de processos (que permitem a variabilidade na execução do processo), bem como apoiar e registrar o andamento da execução das atividades associadas a esta análise.

No contexto do ambiente SPEAKER, esta tese teve o objetivo de prover apoio de conhecimento para apoiar a execução da ADP de software. Este apoio é composto por: (i) uma descrição do processo para ADP, detalhando as principais atividades e tarefas necessárias para realizar esta análise, além de fornecer modelos de documentos para auxiliar a realização destas tarefas; (ii) um repositório de conhecimento estruturado em mapas mentais, a fim de fornecer um acesso pontual e gradual do conhecimento necessário para realizar cada tarefa do processo proposto; e (iii) um apoio ferramental, denominado FAAD, que guia o usuário durante a execução do processo de ADP, com seus pontos de decisão e de variabilidade, e disponibiliza o conhecimento durante a execução das tarefas, além de permitir o uso integrado do ambiente SPEAKER.

O desenvolvimento da solução provida por esta tese foi baseado em requisitos derivados da revisão da literatura e foi realizado de forma iterativa e incremental. Assim, os resultados das avaliações intermediárias realizadas ao longo da pesquisa (um

*survey* e uma revisão por pares), bem como os exemplos de uso definidos, serviram como insumos para um melhor entendimento do tema e aprimoramento da solução.

Foi realizado um estudo de viabilidade no qual foi possível avaliar a etapa “Verificar estabilidade” do processo proposto, os itens de conhecimento relacionados e a FAAD, bem como o uso do ambiente SPEAKER como um todo.

Dentre as limitações desta pesquisa, destacam-se: (i) o número reduzido de participantes no estudo de viabilidade, além de estes participantes serem ex-alunos da COPPE/UFRJ e possuírem doutorado, o que pode ter introduzido viés nos resultados do estudo; (ii) a impossibilidade de realizar uma avaliação completa da solução proposta, desde a etapa “Preparar para Análise de Desempenho” até a etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho”, devido à dificuldade em simular os dados necessários para realizar, principalmente, a primeira etapa, que depende de análises de causas para identificar possíveis relacionamentos entre os subprocessos críticos; e (iii) a impossibilidade em avaliar a solução em um ambiente real (o que requereria a disponibilidade de uma organização que esteja apta para iniciar os esforços da implementação da ADP, ou que estivesse implementando ADP), apesar de terem sido feitas duas tentativas (sem sucesso) em organizações de desenvolvimento de software.

Para minimizar os efeitos destas limitações, foram realizadas duas ações: (i) uso de dados reais de uma organização que foi avaliada com sucesso no nível A do MR-MPS-SW, e (ii) a definição de um exemplo de uso completo da execução da ADP utilizando o ambiente SPEAKER, que serviu como prova de conceito e indicou o potencial de uso da solução proposta.

## **9.2 Contribuições**

As principais contribuições desta tese foram:

- Definição do ambiente SPEAKER em conjunto com outros participantes do grupo de pesquisa;
- Definição de um processo detalhado para a execução da ADP;
- Elaboração de modelos (*templates*) de documentos para auxiliar a execução das tarefas da ADP;
- Organização e estruturação de um repositório de conhecimento sobre ADP de software, vinculado ao processo proposto;

- Desenvolvimento de um apoio ferramental para guiar a execução do processo de ADP e disponibilizar gradualmente os itens de conhecimento pertinentes à tarefa sendo executada;
- Integração dos componentes do ambiente SPEAKER, o que permitiu o funcionamento do ambiente como um todo para a realização da ADP, provendo o processo e o conhecimento necessário para selecionar o elemento de processo adequado a cada execução e comunicando os dados para a instanciação da linha de processo pertinente;
- Realização de um mapeamento sistemático na área de ADP de software com relação ao apoio da gerência de conhecimento.

Alguns resultados obtidos no decorrer da realização desta pesquisa resultaram em publicações, listadas a seguir:

- SCHOTS, N. C. L., ROCHA A. R., 2012, “Um Workflow para Controle Estatístico de Processos em Software”, In: VIII Workshop Anual do MPS, Campinas, São Paulo.
- SCHOTS, N. C. L., ROCHA A. R., 2013, “Um Ambiente Baseado em Conhecimento para Apoiar a Análise de Desempenho de Processos de Software”, In: XI Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software (WTDQS), Salvador, Bahia.
- SCHOTS, N. C. L., GONÇALVES, T. G., MAGALHÃES, R. F., ROCHA A. R., SANTOS, G., OLIVEIRA, K., 2013, “Componentes e Requisitos de um Ambiente Baseado em Conhecimento para Análise de Desempenho de Processos de Software”, In: IX Workshop Anual do MPS, Campinas, São Paulo.
- SCHOTS, N. C. L., ROCHA A. R., SANTOS, G., 2014a, “A Body of Knowledge for Executing Performance Analysis of Software Processes”. In: Proceedings of the Twenty-Sixth International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE 2014), pp. 560-565, Vancouver, Canada.
- SCHOTS, N. C. L., GONÇALVES, T. G., MAGALHÃES, R. F., ROCHA A. R., SANTOS, G., OLIVEIRA, K., 2014b, “Supporting Software Process Performance Analysis through a Knowledge-based Environment”. In: Proceedings of the XL Latin American Computing Conference (CLEI 2014), pp. 286-297, Montevideo, Uruguay.

- SCHOTS, N. C. L., MAGALHAES, R. F., GONCALVES, T. G., BUSQUET, R. H., ROCHA, A. R., SANTOS, G., OLIVEIRA, K. M., 2015a, “A Knowledge-based Environment for Software Process Performance Analysis”, CLEI Electronic Journal, v. 18(2), Best Papers from CLEI 2014 Special Issue, August.
- SCHOTS, N. C. L., ROCHA A. R., SANTOS, G., 2015b, “An Evaluation of Software Process Performance Analysis Activities: Insights from Different Viewpoints”. In: Proceedings of the 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA 2015), pp. 135-142, Funchal, Madeira, Portugal.

### 9.3 Perspectivas Futuras

A partir dos resultados das avaliações realizadas sobre a solução proposta e outras formas de *feedback* fornecidas durante a realização desta pesquisa, foram identificadas algumas melhorias e oportunidades de trabalhos futuros.

Com relação ao processo de ADP proposto, alguns possíveis trabalhos futuros são: (i) incluir a etapa “Verificar Capacidade” para completar o apoio à execução da ADP; e (ii) melhorar os modelos (*templates*) de documentos de forma a facilitar seu preenchimento, por meio de macros ou mecanismos que permitam uma melhor análise dos dados.

Com relação ao repositório de conhecimento: (i) incrementar os itens de conhecimento, principalmente provendo exemplos mais práticos; (ii) incluir mais itens de conhecimento, com relação a modelos de desempenho e alguns tipos de gráficos, e.g., EWMA, CUSUM, gráficos de controle de curta execução (*short run*) e gráficos de controle multivariados; e (iii) estruturar melhor alguns itens de conhecimento de forma que não fiquem com descrição textual muito densa.

Com relação ao apoio ferramental: (i) efetuar refatorações no código do framework do A2M utilizado, a fim de melhorar o desempenho do sistema; (ii) permitir uma visão dinâmica sobre a execução do processo, apresentando em que ponto do processo o usuário se encontra; (iii) automatizar alguns campos que atualmente se encontram registrados em planilhas e disponibilizá-los na ferramenta, como por exemplo a seleção dos subprocessos críticos e suas medidas relacionadas; e (iv) melhorar a usabilidade das ferramentas do ambiente SPEAKER, de forma que a integração seja transparente para o usuário.



Com relação às avaliações: (i) conduzir uma avaliação do ambiente SPEAKER como um todo em um contexto real de uma organização de desenvolvimento de software que esteja se preparando, por exemplo, para uma avaliação do nível B/A do MR-MPS-SW; e (ii) conduzir avaliações com diferentes perfis de usuários com relação ao conhecimento em ADP, a fim de verificar a adequabilidade dos itens de conhecimento disponibilizados para estes diferentes perfis e investigar necessidades adicionais.

Como possíveis desdobramentos desta pesquisa, vislumbra-se: (i) prover mecanismos elaborados e adequados para a captura e armazenamento de conhecimento tácito relacionado à ADP e outros processos intensivos em conhecimento, tais como elicitação de requisitos, por exemplo; (ii) verificar em outros contextos a aplicabilidade de um apoio semelhante ao proposto, tais como serviços de software e processos de negócio; (iii) prover melhor sistemática para identificar as variáveis envolvidas na definição de modelos de desempenho confiáveis e relevantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACC, 2012, “Defense Manufacturing Management Guide for Program Managers”, Acquisition Community Connection. Disponível em: <https://acc.dau.mil/CommunityBrowser.aspx?id=520540&lang=en-US>. Acessado em fevereiro/2016.
- ALBAZAZZ, H., WANG, X. Z., 2004, “Statistical Process Control Charts for Batch Operations Based on Independent Component Analysis”, *Industry & Engineering Chemistry Journal Research*, v. 45, n. 21, pp. 6731-6741.
- ALEXANDER, S. M., JAGANNATHAN, V., 1986, “Advisory System for Control Chart Selection”, *Computers & Industrial Engineering*, v. 10 (3), pp. 171-177.
- ARAÚJO, M. A. P., TRAVASSOS, G. H., 2009, “A Utilização de Métodos Estatísticos no Planejamento e Análise de Estudos Experimentais em Engenharia de Software”, Minicurso do VIII Experimental Software Engineering Latin American Workshop, ESELAW 2009, Rio de Janeiro.
- BAG, M., GAURI, S. K., CHAKRABORTY, S., 2011, “An Expert System for Control Chart Pattern Recognition”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 62 (1-4), pp. 291-301.
- BALDASSARRE, T., BOFFOLI N., CAIVANO D., VISAGGIO G., 2004, “Managing Software Process Improvement (SPI) through Statistical Process Control (SPC)”, *In: Proceedings of 5th International Conference on Product Focused Software Process Improvement (PROFES'04)*, pp. 30-46.
- BALDASSARRE, M. T., BOFFOLI, N., CAIVANO, D., VISAGGIO, G., 2005, “Improving dynamic calibration through statistical process control”, *In: Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Software Maintenance Software Maintenance (ICSM'05)*, pp. 273- 282.
- BALDASSARRE, M. T., CAIVANO, D., KITCHENHAM, B., VISAGGIO, G., 2007, “Systematic Review of Statistical Process Control: an Experience Report”. *In: Proceedings of the 11th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE'07)*, pp. 94-102.

- BALDASSARRE, M. T., BOFFOLI, N., BRUNO, G., CAIVANO, D., 2009, “Statistically Based Process Monitoring: Lessons from the Trench”, In: Proceedings of International Conference on Software Process (ICSP’09), pp. 11- 23.
- BALDASSARRE, M. T., BOFFOLI, N., CAIVANO, D., 2010, “Statistical Process Control for Software: Fill de Gap”, in COSKUN, A., “Quality Management and Six Sigma”, pp., 135-153.
- BARCELLOS, M. P., 2009, “Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade”. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BARRETO, A., 2011a, “Uma Abordagem para Definição de Processos Baseada em Reutilização Visando à Alta Maturidade em Processos”. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BARRETO, A. O. S., 2011b, “Definição e Gerência de Objetivos de Software Alinhados ao Planejamento Estratégico”. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BASAVARAJ, M. J., 2013, “Implementation of Process Performance Models in Application Service Maintenance Projects”, In: Proceedings of International Conference on Advances in Computer Science (AETACS), pp. 572-579.
- BASILI, V., ROMBACH, H., 1988, "The Tame Project: Towards Improvement-Oriented Software Environments", IEEE Transactions on Software Engineering, v.14, n. 6, pp. 758-773.
- BEZERRA, C. I. M., COELHO, C. C., PIRES, C. G. S., ALBUQUERQUE, A. B., 2010, “A Practical Application of Performance Models to Predict the Productivity of Projects”. In: Proceedings of the 2008 International Conference on Systems, Computing Sciences and Software Engineering (SCSS’2008), pp. 273-277.
- BEZERRA, C. I. M., 2009, “MiniDMAIC: Uma Abordagem para Análise e Resolução de Causas de Problemas em Projetos de Desenvolvimento de Software”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Fortaleza.

- BKCASE, 2014, BKCASE Editorial Board: “The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), v.1.3, R. D. Adcock (EIC), Hoboken, NJ: The Trustees of the Stevens Institute of Technology.
- BOEHM, B., 1981, “Software Engineering Economics”, Prentice Hall.
- BOFFOLI, N., 2006, “Non-Intrusive Monitoring of Software Quality”. In: Proceedings of the Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR'06), pp. 319-322, Bari, Italy.
- BORIA, J. L., 2007, “What’s Wrong With My Level 4?”, Comunicação Pessoal.
- BOSTOCK, M., 2015, “D3.js – Data Driven Documents”. Disponível em: <http://d3js.org/>. Acessado em: abril/2016.
- BOWEN, J. P., REEVES, S., 2011, “From a Co Community of Practice to a Body of Knowledge: A Case Study of the Formal Methods Community”. In: BUTLER, M., SCHULTE, W. (Ed.), FM 2011: Formal Methods. Springer Berlin Heidelberg, (Lecture Notes in Computer Science, v. 6664), p. 308–322.
- BRIMSON, J. A., 2004, “Stop Cane Dancing and Integrate Statistical Process Control (SPC) into your Process Based Management System”, Measurement Business Excellence, v. 8(2), pp. 15-22.
- BRINKMANN, A., 2003, “Graphical Knowledge Display – Mind Mapping and Concept Mapping as Efficient Tools in Mathematics Education”, Mathematics Education Review, No 16, April, pp. 35-48.
- BURKHARD, R. A., 2005, “Knowledge Visualization: The Use of Complementary Visual Representations for the Transfer of Knowledge”, D. Sc. Dissertation, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland.
- BUSQUET, R. H., 2015, “Uma Ferramenta para Gerência do Conhecimento no Ambiente SPEAKER”, Projeto Final de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BUZAN, T., BUZAN, B., 1990, “The Mind Map Book – How to use Radiant Thinking to Maximize Your Brain's Untapped Potential”. Dutton: New York.

- CAIVANO, D., 2005, "Continuous Software Process Improvement through Statistical Process Control". In: Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '05), pp. 288-293, Manchester, UK.
- CAMPO, M., 2012, "Why CMMI Maturity Level 5?", CrossTalk, v. 25 (1), pp. 15-18.
- CAMPOS, F. B., CONTE, T. U., KATSURAYAMA, A. E., ROCHA, A. R. C., 2007, "Gerência Quantitativa para o Processo de Desenvolvimento de Requisitos", in: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'07), Porto de Galinhas, pp. 125-140.
- CARD, D., 1994, "Statistical Process Control for Software?", IEEE Software, v. 11 (3), pp. 95-97.
- CARD, D., 2007, "Challenges in Applying SPC to Software", in: Ebert, C. e Dumke, R., Software Measurement, Springer, pp. 413-418.
- CARD, D., BERG, R. A., 1989, "An Industrial Engineering Approach to Software Development," Journal Systems and Software, v. 10, pp. 159-168.
- CARD, D., DOMZALSKI, K., DAVIES, G., 2008, "Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization", IEEE Software, v. 25, n. 3, pp. 37-47.
- CHENG, C., HUBELE, N. F., 1992, "Design of a Knowledge-based Expert System for Statistical Process Control", Computers & Industrial Engineering, v. 22 (4), pp. 501-517.
- CMMI Product Team, 2010, CMMI® for Development (CMMI-DEV), Version 1.3. Disponível em: <http://cmmiinstitute.com/cmmi-models>. Acesso em: fevereiro/2016.
- CMMI Product Team, 2015, Process Maturity Profile (July 2015). Disponível em: <http://cmmiinstitute.com/resources/process-maturity-profile-july-2015/>. Acesso em: junho/2016.
- COOK, D. F., MASSEY, J. G., MCKINNEY, C., 1992, "A Knowledge-based Approach to Statistical Process Control", in: Computers and Electronics in Agriculture, 7, pp. 13-22.
- CURTIS, B., REIFER, D., SESHAGIRI, G. V., HIRMANPOUR, I., KEENI, G., 2008, "The Case for Quantitative Process Management", IEEE Software, v. 25, n. 3, pp. 24-28.

- DALKIR, K., 2005, "Knowledge Management in Theory and Practice", Oxford, UK, Elsevier Inc.
- DAVENPORT, T., PRUSAK, L., 2000, "Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know", Boston, USA, Harvard Business School Press.
- DYBA, T., DINGSOYR, T., MOE, N. B., 2004, "Process Improvement in Practice – A Handbook for IT Companies", Kluwer Academic Publishers.
- EBENAU, R.G., 1994, "Predictive Quality Control with Software Inspections," Crosstalk, June.
- EICKELMANN, N., ANANT, A., 2003, "Statistical Process Control: What You Don't Measure Can Hurt You", IEEE Software, v. 20, n. 2, pp. 40-51.
- EPPLER, M. J., 2006, "A Comparison between Concept Maps, Mind Maps, Conceptual Diagrams, and Visual Metaphors as Complementary Tools for Knowledge Construction and Sharing", Information Visualization, vol. 5(3), pp. 202-210.
- EPPLER, M. J., BURKHARD, R. A., 2007, "Visual Representations in Knowledge Management: Framework and Cases", Journal of Knowledge Management, v.11 (4), pp. 112-122.
- EVANS, J. R., LINDSAY, W. M., 1988, "A Framework for Expert System Development in Statistical Quality Control", Computers & Industrial Engineering, v. 14 (3), pp. 335-343.
- FACEMIRE, SILVA, 2004, "Experiences with Leveraging Six Sigma to Implement CMMI Levels 4 and 5", Software Engineering Process Group Conference (SEPG 2004), Northrop Grumman.
- FASTING, S., GISVOLD, S. E., 2003, "Statistical Process Control Methods Allow the Analysis and Improvement of Anesthesia Care", Canadian Journal of Anesthesia, v. 50, pp. 767-774.
- FENTON, N. E., PFLEEGER, S. L, 1997, "Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach", Second Edition, International Thomson Computer Press.
- FERREIRA, A. I. F., 2009, "Seleção de Processos de Software para Controle Estatístico", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, “Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement”, Addison Wesley.
- FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., BARNARD, J. R., 2000, “Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process”, IEEE Software, v. 17(4), pp. 97- 106.
- FLORENCE, A., 2001, “Lessons Learned in Attempting to Achieve Software CMM Level 4”, CrossTalk, v. 14 (8), pp. 29–30.
- FOLARON, J., 2003 “The Evolution of Six Sigma”. Six Sigma Forum Magazine, v.2(4), August. Acessado em fevereiro/2016. Disponível em: [http://asq.org/pub/sixsigma/past/vol2\\_issue4/folaron.html](http://asq.org/pub/sixsigma/past/vol2_issue4/folaron.html).
- FONSECA, P. C., “Modelo para Controle Estatístico de Processos de Desenvolvimento de Software (CEP-S)”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais.
- FREITAS, F. L. G., 2003, “Ontologias e a Web Semântica”. Minicurso. Anais do XXIII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação – IV Encontro Nacional de Inteligência Artificial (ENIA), Volume 7, Campinas. Disponível em: [https://www.inf.ufsc.br/~gauthier/EGC6006/material/Aula%203/Ontologia\\_Web\\_semantica%20Freitas.pdf](https://www.inf.ufsc.br/~gauthier/EGC6006/material/Aula%203/Ontologia_Web_semantica%20Freitas.pdf). Acessado em: março/2016.
- FUGGETTA, A., 2000, “Software Process: A Roadmap”. *In*: Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering (ICSE '00), New York, USA, pp. 25-34.
- GRIGG, N. P., WALLS, L., 1999, “The Use of Statistical Process Control in Food Packing”, British Food Journal, v. 101(10), pp. 763-784.
- GOH, T. N., XIE, M., XIE, W., 1998, "Prioritizing Process in Initial Implementation of Statistical Process Control", IEEE Transactions on Engineering Management, v. 45, n. 1, pp. 66-72.
- GONÇALVES, L. P., 2012, “Apoio ao Controle Estatístico de Processos de Software integrado a um ADS”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará.
- GONÇALVES, T. G., 2014, “Componentes de Processo para Análise de Desempenho de Processos de Software”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- HALE, C., ROWE, M., 2012, “Do not Get Out of Control: Achieving Real-time Quality and Performance”, *CrossTalk*, v. 25 (1), pp. 4-8.
- HOLZ, H., 2002, “Process-Based Knowledge Management Support for Software Engineering”, Doctoral Dissertation, University of Kaiserslautern, [dissertation.de](http://dissertation.de) Online-Press.
- IIBA, 2011, “Um Guia para o Corpo de Conhecimento de Análise de Negócios (Guia BABOK) – Versão 2.0, International Institute of Business Analysis, Toronto, Ontario, Canadá.
- ISO/IEC, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2003, “ISO/IEC 15504: Software Engineering – Process Assessment – Part 2: Performing an Assessment”, Geneve: ISO.
- ISO/IEC, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2010, “ISO/IEC 24774: Systems and Software Engineering – Life Cycle Management – Guidelines for Process Definition”, Geneve: ISO.
- ISO/IEC, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2015a, “ISO/IEC 25022: Systems and Software Engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Measurement of Quality in Use”, Geneve: ISO.
- ISO/IEC, International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, 2015b, “ISO/IEC 33020: Information Technology – Process Assessment – Process Measurement Framework for Assessment of Process Capability”, Geneve: ISO.
- JALOTE, P., 2002, “Use of Metrics in High Maturity Organizations”, *ASQ Software Quality Professional*, v.4(2), pp. 7-13.
- JONG, T., FERGUSON-HESSLER, M. G. H., 1996, “Types and Qualities of Knowledge”, *Educational Psychologist*, v. 31 (2), pp. 105-113.
- KIMURA, M., FUJIWARA T., 2009, “A New Criterion for the Optimal Software Release Problems: Moving Average Quality Control Chart with Bootstrap Sampling”, *Communications in Computer and Information Science (CCIS)*, vol. 59, pp. 280-287.



- KITCHENHAM, B., KUTAY, C., JEFFERY, R., CONNAUGHTON, C., 2006, “Lessons Learned from the Analysis of Large-scale Corporate Databases”, In: Proceedings of the 28<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering (ICSE’06), Shanghai, China, pp. 439-444.
- KITCHENHAM, B., JEFFERY, D. R., CONNAUGHTON, C., 2007, “Misleading Metrics and Unsound Analyses”, IEEE Software, v. 24(2), pp. 73-78.
- KITCHENHAM, B. A., PFLEEGER, S. L., 2008, “Personal Opinion Surveys”. In: SHULL *et al.* (eds.), Guide to Advanced Empirical Software Engineering. Springer.
- KOMURO, M., 2006, “Experiences of Applying SPC Techniques to Software Development”, In: Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering (ICSE’06), Shanghai, China, pp. 577-584.
- KONRAD, M., 2007, “High Maturity – How do we know?”, Understanding CMMI High Maturity Practices Course, Software Engineering Institute. Disponível em: <http://cmmiinstitute.com/assets/konrad.pdf>. Acesso em: fevereiro/2016.
- KUCZA, T., NÄTTINEN, M., PARVIAINEN, P., 2001, “Improving Knowledge Management in Software Reuse Process”, 3<sup>o</sup> Product Focused Software Process Improvement (PROFES), pp. 141-152, Germany.
- LAITENBERGER, O., DREYER, H.M., 1998, “Evaluating the Usefulness and the Ease of Use of a Web-based Inspection Data Collection Tool”, in: Proceedings of the Fifth International Software Metrics Symposium, pp. 122-132.
- LAITENBERGER, O., VEGAS, S., CIOLKOWOSKI, M., 2002, “The State of the Practice of Review and Inspection Technologies in Germany”, Tech Report Number: ViSEK/011/E.
- LANTZY, M. A., 1992, “Application of Statistical Process Control to the Software Process”, In: Proceedings of the 9th Washington Ada Symposium on Empowering Software Users and Developers, ACM Press, pp. 113-123.
- MAGALHÃES, R. F., 2015, “Instanciação e Execução do Processo de Análise de Desempenho de Processos de Software no Ambiente SPEAKER”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- MAHANTI, R., EVANS, J. R., 2012, “Critical Success Factors for Implementing Statistical Process Control in the Software Industry”, *Benchmarking*, v. 19(4), pp. 374-394.
- MAXWELL, K. D., 2006, “What You Need To Know About Statistics”, in Mendes, E., Mosley, N., *Web Engineering*, Springer Berlin Heidelberg, pp 365-408.
- MEIER, P. S., 2007, “Mind-Mapping: A Tool for Eliciting and Representing Knowledge held by Diverse Informants”, *Social Research UPDATE*, v. 52(Autumm), pp. 1-4.
- MENDONÇA, C. C., 2005, “Uma Infra-estrutura para Apoio ao Planejamento e Execução de Pesquisas de Opinião na Web”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MINITAB, 2016, “Minitab® Statistical Software”. Disponível em: <https://www.minitab.com>. Acesso em: abril/2016.
- MONTGOMERY, D. C., 2009, “Introduction to Statistical Quality Control”, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- MONTONI, M. A, 2003, “Aquisição do Conhecimento: Uma Aplicação no Processo de Desenvolvimento de Software”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MONTONI, M., KALINOWISKI, M., LUPO, P. ABRANTES, J. F., FERREIRA, A. I. F., ROCHA, A. R., 2007, “Uma Metodologia para Desenvolvimento de Modelos de Desempenho de Processos para Gerência Quantitativa de Projetos de Software”, VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, Porto de Galinhas, pp. 325-340.
- MOORTHY, V., 2015, “CMMI High Maturity Handbook”, VishnuVarthanan Moorthy.
- NATALI, A. C. C., 2003, “Uma Infra-estrutura para Gerência de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo.
- OLIVEIRA, J. F., ANDRADE, G. F., TAVARES, L. C., LIMA REIS, C. A., 2009, “Planejamento e Execução de Gerência do Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software”, In: *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'2009)*, pp. 204-218.

- PAULK, M. C., HYDER, E. B., 2007, "Common Pitfalls in Statistical Thinking", ASQ Software Quality Professional, v. 9 (3), pp. 12-19.
- PETRASH, G., 1996, "Dow's Journey to a Knowledge Value Management Culture", European Management Journal, v. 14, pp. 365-373.
- PMI, 2013, "Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK) – Quinta Edição, Project Management Institute, Inc.
- QIMACROS, 2016, "QIMacros® – Excelerating Lean Six Sigma". Disponível em: <https://www.qimacros.com>. Acessado em fevereiro/2016.
- RACZYNSKI, B., 2009, "Is Statistical Process Control Applicable to Software Development Processes?" Disponível em: [http://cm.techwell.com/sites/default/files/articles/XDD14736filelistfilename1\\_0.pdf](http://cm.techwell.com/sites/default/files/articles/XDD14736filelistfilename1_0.pdf). Acessado em fevereiro/2016.
- ROCHA, A. R. C., SOUZA, G. S., BARCELLOS, M. P., 2012, "Medição de Software e Controle Estatístico de Processos", PBQP Software, Brasília.
- RUS, I, LINDVALL, M., 2002, "Knowledge Management in Software Engineering", IEEE Software, (May/Jun), pp. 26-38.
- SARGUT, K. U., 2003, "Application of Statistical Process Control to Software Development Processes via Control Charts", Master's Thesis, Middle East Technical University.
- SARGUT, K. U., DEMIRÖRS, O., 2006, "Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions", Software Quality Journal, v. 14, n. 5, pp. 135-157.
- SARNIKAR, S., DEOKAR, A., 2010, "Knowledge Management Systems for Knowledge-Intensive Processes: Design Approach and an Illustrative Example", Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'2010), pp. 1-10.
- SIMON, K., 2007, "Design For Six Sigma (DFSS) Versus DMAIC". Disponível em: <http://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/design-for-six-sigma-dfss/design-six-sigma-dfss-versus-dmaic/>. Acessado em fevereiro/2016.

- SCHOTS, N. C. L., ROCHA A. R., 2012, “Um Workflow para Controle Estatístico de Processos em Software”, In: VIII Workshop Anual do MPS, Campinas, São Paulo.
- SCHOTS, N. C. L., 2013, “Um Ambiente Baseado em Conhecimento para Análise de Desempenho de Processos de Software”, Exame de Qualificação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SCHOTS, N. C. L., GONÇALVES, T. G., MAGALHÃES, R. F., ROCHA A. R., SANTOS, G., OLIVEIRA, K., 2013, “Componentes e Requisitos de um Ambiente Baseado em Conhecimento para Análise de Desempenho de Processos de Software”, In: IX Workshop Anual do MPS, Campinas, São Paulo.
- SCHOTS, N. C. L., ROCHA A. R., SANTOS, G., 2014a, “A Body of Knowledge for Executing Performance Analysis of Software Processes”. In: Proceedings of the Twenty-Sixth International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE 2014), pp. 560-565, Vancouver, Canada.
- SCHOTS, N. C. L., GONÇALVES, T. G., MAGALHÃES, R. F., ROCHA A. R., SANTOS, G., OLIVEIRA, K., 2014b, “Supporting Software Process Performance Analysis through a Knowledge-based Environment”. In: Proceedings of the XL Latin American Computing Conference (CLEI 2014), pp. 286-297, Montevideo, Uruguay.
- SCHOTS, N. C. L., MAGALHAES, R. F., GONCALVES, T. G., BUSQUET, R. H., ROCHA, A. R., SANTOS, G., OLIVEIRA, K. M., 2015a, “A Knowledge-based Environment for Software Process Performance Analysis”, CLEI Electronic Journal, v. 18(2), Best Papers from CLEI 2014 Special Issue, August.
- SCHOTS, N. C. L., ROCHA A. R., SANTOS, G., 2015b, “An Evaluation of Software Process Performance Analysis Activities: Insights from Different Viewpoints”. In: Proceedings of the 41st Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA 2015), pp. 135-142, Funchal, Madeira, Portugal.
- SOFTEX, 2016a, “MPS.BR – Melhoria de Processo do Software Brasileiro – Guia Geral MPS de Software”. Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>. Acesso em: junho/2016.
- SOFTEX, 2016b, “Avaliações MPS-SW Publicadas”, Disponível em: [http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/07/2Avaliacoes-MPSSW-Publicadas\\_05.04.2016\\_697.pdf](http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/07/2Avaliacoes-MPSSW-Publicadas_05.04.2016_697.pdf). Acesso em: junho/2016.

- SOFTEX, 2016c, “MPS.BR – Melhoria de Processo do Software Brasileiro – Guia de Implementação – Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS”. Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>. Acesso em: junho/2016.
- STAPENHURST, T., 2005, “Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases”, Elsevier Butterworth-Heinemann.
- STATSOFT, 2016, “StatSoft South America – Statistica®”. Disponível em: <http://www.statsoft.com.br/>. Acessado em: abril/2016.
- STODDARD, R. W., 2008, “Tools Supporting CMMI High Maturity for Small Organizations”, Congreso Internacional en Ingeniería de Software y sus Aplicaciones.
- STODDARD, R. W., GOLDENSON, D., 2010, “Approaches to Process Performance Modeling: A Summary from the SEI Series of Workshops on CMMI High Maturity Measurement and Analysis”, Software Engineering Institute, Paper 49. Disponível em: <http://repository.cmu.edu/sei/49>. Acesso em: fevereiro/2016.
- TANG, J., CHIANG, C., 2009, “Organizational Knowledge Sharing through Mind Mapping”, In: Proceedings of Sixth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD’09), pp. 305-309.
- TARHAN, A., DEMIRÖRS, O., 2006, “Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control”, Software Process Improvement, Lecture Notes in Computer Science, vol. 4257, pp. 88-99.
- TRAVASSOS, G. H., KALINOWSKI, M., 2014, “iMPS 2013: Evidências sobre o Desempenho das Empresas que Adotaram o Modelo MPS-SW”, Campinas, SP.
- TRINDADE, L., F., BEZERRA, C. I., TELLES, G. *et al.*, 2010, “Evoluindo do CMMI-SW Nível 3 para o CMMI-DEV Nível 5: A Experiência do Atlântico”, In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS’10), pp. 335-342.
- TONINI, A. C., LAURINDO, F. J. B., SPÍNOLA, M. M., 2005, “O Seis Sigma na Melhoria de Processos de Software”, in: XII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP’2005), Bauru, Brasil.
- TONINI, A. C., 2006, “A Contribuição do Seis Sigma para a Melhoria dos Processos de Software”, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.

- VASQUES, R. C., 2012, “*Balanced Scorecard (BSC), CMMI e SixSigma – Como construir altos níveis de maturidade e desempenho*”. Disponível em: [http://www.isdbrasil.com.br/artigos/artigo\\_six\\_sigma.php](http://www.isdbrasil.com.br/artigos/artigo_six_sigma.php). Acessado em fevereiro/2016.
- VERAS, C. M. A., 2009, “Gestão da Qualidade”, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Luis.
- VIEIRA, K. M., DALMORO, M., 2008, “Dilemas na Construção de Escalas Tipo Likert: o Número de Itens e a Disposição Influenciam nos Resultados?”, XXXII Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração (EnANPAD 2008), Rio de Janeiro, pp. 1-16.
- WANG, Q., GOU, L., JIANG, N., CHE, M., ZHANG, R., YANG, Y., LI, M., 2007, “An Empirical Study on Establishing Quantitative Management Model for Testing Process”, In: Proceedings of the 2007 International Conference on Software Process (ICSP'07), pp. 233-245.
- WELLER, E. F., 2000a, “Applying Quantitative Methods to Software Maintenance”, ASQ Software Quality Professional, v. 3(1), pp. 22-29.
- WELLER, E. F., 2000b, “Practical Applications of Statistical Process Control”, IEEE Software, v. 17, n. 3, pp. 48-55.
- WELLER, E. F., CARD, D., 2008, “Applying SPC to Software Development: Where and Why”, IEEE Software, v. 25, n. 3, pp. 48-50.
- WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, “Understanding Statistical Process Control”, 2ª edição, SPC Press, Inc.
- WHEELER, D. J., 2008, “Entendendo a Variação: A Chave para Administrar o Caos”, QualityMark Ed., Rio de Janeiro.
- WÖHLIN, C., RUNESON, P., HÖST, M., OHLSSON, M., REGNELL, B., WESSLÉN, A., 2000, “Experimentation in Software Engineering: An Introduction”, The Kluwer International Series in Software Engineering, Norwell, USA, Kluwer Academic Publishers.
- XIUXU, Z., YU-BAO, M., RUI, C., XIAO-LI, B., LIN-YAN, N., 2009, “Research and Application of Intelligent Quality Control System Based on FMEA Repository”. In

Proceedings of the 2009 International Conference on Information Technology and Computer Science (ITCS '09), vol. 2, pp. 514-517, Washington, DC, USA.

ZIPP, G., MAHER, C., 2013, "Prevalence of Mind Mapping as a Teaching and Learning Strategy in Physical Therapy Curricula", *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, vol. 13(5), December, pp. 21–32.

# APÊNDICE I – MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

## I.1 Introdução

A partir da revisão inicial da literatura, constatou-se que a maioria das dificuldades enfrentadas pelas organizações de desenvolvimento de software ao executar a análise de desempenho em seus processos estão relacionadas à falta de conhecimento dos responsáveis para realizar esta análise. Portanto, o conhecimento é um ativo fundamental para que a análise de desempenho seja implantada corretamente e possa produzir os benefícios almejados pela organização.

Desta forma, acredita-se que o uso de técnicas da gerência do conhecimento possa auxiliar a execução da análise de desempenho de processos (ADP). No entanto, observou-se a carência de publicações que tratassem deste tema na área de software. Por este motivo, viu-se a necessidade de executar uma pesquisa mais sistemática da literatura a fim de identificar como as técnicas da gerência do conhecimento são utilizadas na ADP de software. Esta pesquisa mais sistemática foi executada por meio de um mapeamento sistemático.

O mapeamento sistemático, também chamado de “estudo de escopo” (*scoping studies*), é planejado para fornecer uma ampla visão sobre uma determinada área de pesquisa (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007). A fase de planejamento do mapeamento sistemático é semelhante ao planejamento de uma revisão sistemática, produzindo um protocolo semelhante; no entanto, as questões de pesquisa do mapeamento sistemático são mais abrangentes (BAILEY *et al.*, 2007; BUDGEN *et al.*, 2008).

Normalmente, após o estabelecimento do protocolo (na fase de planejamento), o mapeamento sistemático é executado em três etapas: (i) identificação dos estudos primários (execução da expressão de busca); (ii) seleção dos estudos primários apropriados (aplicação dos critérios de inclusão e exclusão); e (iii) quando apropriado, execução da avaliação de qualidade dos estudos selecionados (avaliação da validade) (BUDGEN *et al.*, 2008). O protocolo deste mapeamento sistemático é apresentado na Seção I.2. A Seção I.3 apresenta como a expressão de busca adotada no estudo foi definida e calibrada. Na Seção I.4 são apresentados as etapas i e ii, enquanto na Seção I.5 é apresentada a avaliação dos resultados obtidos.



Além da descrição das atividades realizadas durante o mapeamento sistemático, os dados das publicações selecionadas durante este estudo são apresentados na Seção I.6.

## **I.2 Definição do Protocolo**

O protocolo do mapeamento sistemático possui o objetivo de guiar a execução do estudo. Este protocolo é composto pela descrição dos seguintes itens: (i) objetivos do estudo, (ii) questões de pesquisa, (iii) método de seleção das fontes de busca, (iv) expressão de busca, (v) método para seleção das publicações, (vi) procedimentos para extração de dados e (vii) procedimentos para a análise dos resultados. Estes itens são detalhados nas subseções a seguir.

### **I.2.1 Objetivos do estudo**

Este mapeamento sistemático tem como objetivo identificar trabalhos no contexto da engenharia de software/melhoria de processos de software que: 1) relatem as dificuldades, os problemas e os desafios relacionados à gerência do conhecimento necessário para a realização da ADP, e 2) sugiram ou utilizem métodos ou técnicas da gerência do conhecimento para tratar estas dificuldades, problemas e desafios apoiando a análise e a tomada de decisão.

Desta forma, espera-se obter um conhecimento sobre como esta área está sendo tratada e se há alguma evidência de que as abordagens existentes suprem as reais necessidades das organizações. Caso não existam abordagens que apoiem completamente esta área, espera-se obter os requisitos mínimos e necessários para desenvolver uma abordagem que possa prover este apoio à gerência do conhecimento para análise e tomada de decisão sobre os resultados da realização da ADP.

De acordo com paradigma GQM (*Goal, Question, Metric*) (BASILI e ROMBACH, 1988), este mapeamento sistemático consiste em **analisar** relatos de experiência e publicações científicas em ADP de software, **com o propósito de** caracterizar, **com relação a** dificuldades, abordagens, métodos e técnicas, **do ponto de vista de** pesquisadores, **no contexto** do apoio da gerência do conhecimento no uso de técnicas da ADP.

A partir da definição do objetivo do mapeamento sistemático, foi possível definir as questões de pesquisa que guiaram a execução deste estudo.

### **I.2.2 Questões de pesquisa**

De acordo com o objetivo estabelecido para este trabalho, foi definida a seguinte questão de pesquisa principal (QP):

- **QP:** No contexto das organizações de desenvolvimento de software, como o conhecimento necessário para executar a ADP é gerenciado, propiciando a tomada de decisão?

A questão de pesquisa principal foi decomposta nas seguintes questões de pesquisa secundárias (QS):

- **QS1:** Como a gerência do conhecimento necessário para analisar os dados e realizar a tomada de decisão sobre os resultados da ADP é realizada no contexto da melhoria de processos de software?
- **QS2:** Como a gerência do conhecimento necessário para analisar os dados e realizar a tomada de decisão sobre os resultados da ADP é realizada no contexto da gerência quantitativa de projeto?
- **QS3:** Quais técnicas da ADP são utilizadas durante a tomada de decisão?
- **QS4:** Que tipo de conhecimento é utilizado durante a análise dos dados de execução de processos, propiciando a tomada de decisão?
- **QS5:** Quais são as dificuldades enfrentadas para realizar análise dos dados e tomar uma decisão que seja adequada para a organização?
- **QS6:** Há abordagens, métodos ou técnicas que auxiliam a gerência do conhecimento necessário para apoiar a execução da ADP?

### **I.2.3 Método de seleção das fontes de busca**

Para que o mapeamento sistemático possa identificar publicações relevantes de acordo com o seu objetivo, é necessário selecionar fontes de busca adequadas. Para tanto, as principais conferências e periódicos cujos artigos tratam ou costumam tratar de ADP de software foram identificadas para que as fontes de busca sejam selecionadas, independentemente se a fonte de busca é uma máquina de busca ou não.

Além disto, para as máquinas de busca, foram adotados os seguintes critérios para a seleção: (1) possuir um mecanismo de busca que permita o uso de expressões lógicas ou funcionalidade equivalente; (2) pertencer a uma das editoras listadas no

Portal de Periódicos da CAPES<sup>8</sup>; (3) incluir em sua base publicações da área de exatas ou correlatas que possuam relação direta com o tema a ser pesquisado; e (4) possuir mecanismos de busca que permitam a busca no texto completo das publicações.

Para a realização desta pesquisa foram selecionados os idiomas inglês e português. O inglês foi selecionado, pois a maioria dos periódicos e conferências internacionais adota esta língua; o português, por sua vez, foi selecionado, pois há uma conferência nacional importante sobre a área pesquisada.

A partir dos critérios definidos e das principais conferências e periódicos identificados, foram estabelecidas as fontes de busca, conforme apresentado na Tabela I.1. Algumas das conferências e periódicos identificados não são indexados por uma máquina de busca; portanto, conforme apresentado na Tabela I.1, para estas conferências e periódicos, a busca foi manual a partir da leitura dos anais destas conferências e dos periódicos, sempre que possível.

**Tabela I.1** – Principais conferências/periódicos e fontes de buscas identificadas

Conferência/Periódico	Fonte de busca	Compendex <sup>9</sup>	IeeeXplore <sup>10</sup>	Scopus <sup>11</sup>	Web of Science <sup>12</sup>	Manual
<b>Periódicos</b>						
CrossTalk Magazine						X <sup>13</sup>
Software Quality Journal				X		
IEEE Software		X	X	X		
IEEE Transactions on Software Engineering		X	X	X	X	
Journal of Systems and Software		X	X	X	X	
Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice (Software Process: Improvement and Practice)		X		X		
Software Quality Professional						X <sup>14</sup>
<b>Conferências</b>						
Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software – SBQS						X
International Conference on Software Engineering – ICSE		X	X	X	X	
International Conference on Product Focused Software Development and Process Improvement – PROFES		X		X	X	
European System & Software Process Improvement and Innovation – EuroSPI <sup>2</sup>		X		X	X	

8 <http://www.periodicos.capes.gov.br>

9 <http://www.engineeringvillage.com>

10 <http://ieeexplore.ieee.org/>

11 <http://www.scopus.com/>

12 <http://www.isiknowledge.com/>

13 <http://www.crosstalkonline.org/back-issues/>

14 <http://asq.org/pub/sqp/past/index.html>

## I.2.4 Expressão de busca

Durante a revisão informal da literatura, foram identificados dois artigos relevantes para a pesquisa: (CAIVANO, 2005) e (CARD *et al.*, 2008). Estes artigos foram estabelecidos como artigos de controle do mapeamento sistemático, visando definir uma expressão de busca que retorne o máximo de publicações relevantes possível. A partir destes artigos foram identificadas palavras-chaves que auxiliaram na elaboração da expressão de busca.

Adicionalmente, para auxiliar a elaboração da expressão de busca, as questões de pesquisas foram definidas de forma mais estruturada, utilizando a abordagem PICO (PAI *et al.*, 2004). A partir desta abordagem, é possível definir a população de interesse do estudo, o objeto do estudo que está sendo avaliado (intervenção), a intervenção de comparação (se aplicável) e o resultado esperado.

Desta forma, utilizando as palavras-chaves identificadas e seus sinônimos, estabeleceu-se a seguinte estrutura para este estudo:

- **P – População:**
  - Em inglês:
    - *statistical process control, SPC, control chart, Shewhart chart, Shewhart approach*
    - *high maturity, CMMI level 5, CMMI level 4, MPS level A, MPS level B, quantitative management, organizational process performance, organizational performance management, Six Sigma, 6-Sigma, Lean*
    - *software engineering, software development, software process execution*
    - *software process improvement, SPI*
  - Em português:
    - *controle estatístico de processo, CEP, gráficos de controle, gráficos de Shewhart, abordagem de Shewhart*
    - *alta maturidade, CMMI nível 5, CMMI nível 4, MPS nível A, MPS nível B, gerência quantitativa, análise de desempenho, Six Sigma, Seis Sigma, 6-Sigma, Lean*
    - *engenharia de software, desenvolvimento de software, execução do processo de software*
    - *melhoria do processo de software*
- **I – Intervenção:**
  - Em inglês:
    - *decision making, decision support, expert system*
    - *knowledge management, knowledge base, experience base*
    - *causal analysis, cause analysis, cause-effect analysis, cause-and-effect analysis, root cause analysis, root-cause analysis, defect analysis*

- Em português:
  - tomada de decisão, apoio à decisão, sistema especialista
  - gerência do conhecimento, base de conhecimento, base de experiência
  - análise de causas, análise causal, análise de causa-efeito, análise de causa e efeito, análise de causa raiz, análise de defeitos
- **C – Comparação:**
  - Como este trabalho trata de uma revisão para caracterização de uma área o fator de comparação é inexistente.
- **O – Resultado:**
  - Em inglês:
    - approach, process, tools, support, technique, method, methodology, paradigm, strategy
  - Em português:
    - abordagem, processo, ferramenta, apoio, técnica, método, metodologia, paradigma, estratégia

A partir da identificação destes termos, é possível estabelecer a expressão de busca concatenando cada fator: **P AND I AND O**, pois **C = Ø**. Desta forma, obteve-se uma expressão de busca inicial.

No entanto, a partir da execução dos testes da expressão de busca (descritos na Seção I.3), observou-se uma pequena quantidade de publicações retornadas pelas máquinas de busca. Para tentar não restringir muito a busca, o fator **O** (resultados) foi excluído da composição da expressão de busca, seguindo a sugestão de (SANTA ISABEL, 2011). Sendo assim, a expressão foi estabelecida a partir dos fatores **P AND I**. Após o processo de calibração (descrição na Seção I.3), obteve-se a seguinte expressão de busca:

- Em inglês:

*("statistical process control" OR SPC OR "control chart" OR "Shewhart chart" OR "Shewhart approach" OR "high maturity" OR "CMMI level 5" OR "CMMI level 4" OR "MPS level A" OR "MPS level B" OR "quantitative management" OR "organizational process performance" OR "organizational performance management" OR "six sigma" OR "6-Sigma" OR Lean) AND ("Software engineering" OR "software development" OR "software process execution" OR "Software process improvement" OR SPI) AND ("Decision making" OR "decision support" OR "expert systems" OR "Knowledge Management" OR "knowledge base" OR "Experience base" OR "causal analysis" OR "cause analysis" OR "cause-effect analysis" OR "cause-and-effect analysis" OR "root cause analysis" OR "root-cause analysis" OR "defect analysis")*

- Em português:

*(“controle estatístico de processo” OR CEP OR “gráfico de controle” OR “gráficos de Shewhart” OR “abordagem de Shewhart” OR “alta maturidade” OR “CMMI nível 5” OR “CMMI nível 4” OR “MPS nível A” OR “MPS nível B” OR “gerência quantitativa” OR “análise de desempenho” OR “Six Sigma” OR “Seis Sigma” OR 6-Sigma OR Lean) AND (“engenharia de software” OR “desenvolvimento de software” OR “execução do processo de software” OR “melhoria do processo de software”) AND (“tomada de decisão” OR “apoio à decisão” OR “sistema especialista” OR “gerência do conhecimento” OR “base de conhecimento” OR “base de experiência” OR “análise de causas” OR “análise causal” OR “análise de causa-efeito” OR “análise de causa e efeito” OR “análise de causa raiz” OR “análise de defeitos”)*

### **I.2.5 Método para seleção das publicações**

As publicações foram selecionadas por meio de quatro etapas:

**1ª Etapa:** seleção e catalogação preliminar dos estudos coletados: a seleção preliminar das publicações foi feita a partir da aplicação da expressão de busca à fonte selecionada, quando a fonte de busca tratava-se de uma máquina de busca. Quando a busca era manual (quando a fonte de busca não estava indexada em uma máquina de busca), a seleção foi realizada a partir da leitura do título e do resumo (*abstract*) da publicação, buscando identificar os termos descritos na expressão de busca. Tanto para a busca em máquina como para a busca manual, quando a publicação era selecionada nesta primeira etapa, a publicação foi catalogada e armazenada em uma planilha Excel para posterior análise;

**2ª Etapa:** seleção dos estudos relevantes (1º filtro): a seleção preliminar com o uso da expressão de busca não garante que todo o material coletado seja útil no contexto da pesquisa, pois a aplicação das expressões de busca é restrita ao aspecto sintático. Desta forma, após a identificação das publicações por meio da aplicação da expressão de busca, os resumos (*abstracts*) foram lidos e analisados seguindo os critérios de inclusão e de exclusão a seguir:

- **Crítérios de Inclusão:**
  - **CI.1:** a publicação objetiva propor ou descrever como o conhecimento necessário para a análise dos dados de execução dos processos é gerenciado, propiciando a tomada de decisão sobre os resultados obtidos pela execução da ADP.
  - **CI.2:** a publicação apresenta como a gerência do conhecimento necessário para analisar os dados e realizar a tomada de decisão é desempenhada no

contexto da melhoria de processos, envolvendo o uso de ferramentas da ADP.

- **CI.3:** a publicação apresenta como a gerência do conhecimento necessário para analisar os dados e realizar a tomada de decisão é desempenhada no contexto da gerência de projetos, envolvendo o uso de ferramentas da ADP.
- **CI.4:** a publicação apresenta que ferramentas da ADP são utilizadas durante a análise dos dados de execução dos processos e a tomada de decisão.
- **CI.5:** a publicação apresenta o tipo de conhecimento utilizado durante a análise dos dados de execução de processos, propiciando a tomada de decisão com a utilização de ferramentas da ADP.
- **CI.6:** a publicação apresenta as dificuldades e desafios identificados para realizar a análise de dados e a tomada de decisão, envolvendo o uso de ferramentas da ADP.
- **CI.7:** a publicação apresenta alguma abordagem, métodos ou ferramentas da ADP que auxiliem a tomada de decisão.
- **CI.8:** a publicação descreve a avaliação/utilização de uma abordagem, método ou ferramenta que auxilie a gerência do conhecimento necessário para apoiar a análise dos dados e a tomada de decisão com a utilização de ferramentas da ADP.
- **CI.9:** publicação que estiver nas referências bibliográficas de uma publicação já aceita para o estudo e que atender aos demais critérios de inclusão, mesmo que não tenha sido identificada na primeira etapa da seleção.
- **Crítérios de Exclusão:**
  - **CE.1:** a publicação não atende a, pelo menos, um dos critérios de inclusão.
  - **CE.2:** a publicação apresenta a aplicação da ADP, mas não apresenta questões relacionadas ao conhecimento necessário para executá-la.
  - **CE.3:** a publicação apresenta como o conhecimento é gerenciado nas organizações sem envolver os aspectos da ADP.
  - **CE.4:** publicações que descrevem tutoriais, chamadas de evento (*proceedings*) etc.

- **CE.5:** publicações duplicadas que apresentem o mesmo conteúdo ou sejam extensão de uma publicação anterior. Neste caso, a publicação com mais detalhes deve permanecer e a outra ser excluída.

Cada publicação foi selecionada para a próxima etapa somente se atendesse a, pelo menos, um dos critérios de inclusão e não atendesse a nenhum dos critérios de exclusão.

**3ª Etapa: seleção dos estudos relevantes (2º filtro):** apesar de limitar o universo de busca, o filtro anterior empregado também não garante que todo o material coletado seja útil no contexto da pesquisa. Por isso, as publicações selecionadas na 2ª etapa devem ser lidas completamente e, novamente, os mesmos critérios definidos na 2ª etapa são aplicados.

### I.2.6 Procedimentos para extração dos dados

De cada publicação selecionada, os dados apresentados na Tabela I.2 serão extraídos, sempre que possível.

**Tabela I.2 – Dados a serem extraídos das publicações**

<b>Dado</b>	<b>Descrição</b>
Dados da publicação	Dados da publicação, tais como: Título, autor(es), data, referência completa
Resumo da publicação	Resumo ( <i>abstract</i> ) completo da publicação
Descrição da análise dos dados em melhoria de processos/gerência de projetos	Descrição de como é realizada a análise dos dados de execução dos processos, propiciando a tomada de decisão sobre os resultados da ADP no contexto da melhoria de processos e/ou da gerência de projetos
Técnica de ADP utilizada	Descrição de quais técnicas de ADP são utilizadas durante a análise dos dados e a tomada de decisão
Tipo de conhecimento utilizado	Descrição de quais tipos de conhecimento são utilizados durante a análise dos dados e a tomada de decisão
Dificuldades relatadas	Descrição das dificuldades relatadas para realizar uma análise dos dados que propicie uma tomada de decisão adequada
Abordagens, métodos ou técnicas utilizadas para ADP	Nome e/ou descrição da abordagem, método ou técnica utilizada para auxiliar a ADP a partir do conhecimento necessário

### I.2.7 Procedimentos para análise dos resultados

A análise dos dados foi feita tanto quantitativa como qualitativamente.

A análise quantitativa foi realizada por meio da extração direta dos dados a partir do banco de dados com os registros dos itens retornados pelas fontes de busca. Esta análise fornece o número de publicações selecionadas para fazerem parte do estudo.



A análise qualitativa utilizou como base os dados quantitativos e realiza considerações com o intuito de discutir os resultados da busca com relação às questões de pesquisa declaradas

### I.3 Calibração da expressão de busca

Antes da definição da expressão de busca final apresentada na Seção I.2.4, houve quatro versões que foram testadas (ou calibradas) para se obter o maior número possível de publicações relevantes para a pesquisa.

A primeira versão da expressão de busca estava baseada nas palavras-chave identificadas nos dois artigos de controle definidos para o estudo (CAIVANO, 2005 e CARD *et al.*, 2008) e na estruturação das questões de pesquisa definida a partir da abordagem PICO (conforme apresentado na Seção I.2.4). Desta forma, obteve-se a seguinte expressão de busca:

*("statistical process control" OR SPC OR "control chart" OR "Shewhart chart" OR "Shewhart approach" OR "high maturity") AND ("Software engineering" OR "software development" OR "software process execution" OR "Software process improvement" OR SPI) AND ("Decision making" OR "decision support system" OR "expert systems" OR "Knowledge Management" OR "Experience base")*

Com a execução desta expressão de busca nas máquinas de busca selecionadas para o estudo, obteve-se o resultado apresentado na Tabela I.3.

**Tabela I.3** – Resultado da execução da 1ª versão da expressão de busca

Máquina de busca	Nº de publicações <sup>15</sup>
Compendex	22
IEEEExplore	4
Scopus	27
Web of Science	1
<b>Total:</b>	<b>54</b>

Nesta execução, o artigo de controle CARD *et al.* (2008) foi retornado por todas as máquinas de busca, exceto pela Web of Science. No entanto, o artigo de controle CAIVANO (2005) não foi retornado por nenhuma das máquinas. Constatou-se que este artigo possivelmente possui uma falha de indexação, pois ele se encontra nas bases, mas não está indexado com nenhum termo equivalente à gerência do conhecimento ou tomada de decisão, apesar de tratar destes assuntos.

---

<sup>15</sup> Total contando as duplicações de publicações entre as máquinas de busca

Após esta primeira execução, a expressão de busca foi submetida à avaliação de pessoas relacionadas ao tema da pesquisa e foram sugeridas alterações na expressão de busca. Desta forma, uma segunda versão da expressão de busca foi definida conforme a seguir:

*("statistical process control" OR SPC OR "control chart" OR "Shewhart chart" OR "Shewhart approach" OR "statistical analysis" OR "statistical techniques" OR "statistical methods" OR "high maturity" OR "CMMI level 5" OR "CMMI level 4" OR "MPS level A" OR "MPS level B" OR "quantitative management" OR "organizational process performance" OR "organizational performance management" OR "six sigma" OR "6-Sigma" OR Lean) AND ("Software engineering" OR "software development" OR "software process execution" OR "Software process improvement" OR SPI) AND ("Decision making" OR "decision support system" OR "expert systems" OR "Knowledge Management" OR "knowledge base" OR "Experience base" OR "causal analysis" OR "cause analysis" OR "cause-effect analysis" OR "cause-and-effect analysis" OR "root cause analysis" OR "root-cause analysis" OR "defect analysis")*

Esta expressão de busca foi testada em uma das máquinas de busca (Scopus) e devido à quantidade de publicações não relevantes retornadas, o teste desta expressão nas demais máquinas foi suspenso. Nesta execução, obteve-se 143 publicações na Scopus.

Após a análise das publicações não relevantes retornadas pela expressão de busca anterior, verificou-se que os termos *"statistical analysis"*, *"statistical techniques"* e *"statistical methods"* estavam causando desvios nos resultados da pesquisa. Foi observado que estes termos são utilizados com frequência em muitas publicações tratando de outros métodos estatísticos que não estão relacionados à ADP. Portanto, para a terceira versão da expressão de busca estes termos foram retirados:

*("statistical process control" OR SPC OR "control chart" OR "Shewhart chart" OR "Shewhart approach" OR "high maturity" OR "CMMI level 5" OR "CMMI level 4" OR "MPS level A" OR "MPS level B" OR "quantitative management" OR "organizational process performance" OR "organizational performance management" OR "six sigma" OR "6-Sigma" OR Lean) AND ("Software engineering" OR "software development" OR "software process execution" OR "Software process improvement" OR SPI) AND ("Decision making" OR "decision support system" OR "expert systems" OR "Knowledge Management" OR "knowledge base" OR "Experience base" OR "causal analysis" OR "cause analysis" OR "cause-effect analysis" OR "cause-and-effect analysis" OR "root cause analysis" OR "root-cause analysis" OR "defect analysis")*

O resultado da execução da terceira versão da expressão de busca está apresentado na Tabela I.4.

**Tabela I.4** – Resultado da execução da 3ª versão da expressão de busca

Máquina de busca	Nº de publicações
Compendex	40
IEEEExplore	20
Scopus	53
Web of Science	7
<b>Total:</b>	<b>120</b>

A última alteração na expressão de busca ocorreu durante a seleção das publicações. Após a aplicação do segundo filtro (leitura completa da publicação), identificou-se um artigo nas referências de um artigo aprovado (BOFFOLI, 2006) que deveria ter sido retornado pela expressão de busca. Ao analisar os termos com os quais o artigo foi indexado, verificou-se que era utilizado o termo "*decision support tool*" e na expressão de busca estava "*decision support system*". Desta forma, optou-se por atualizar a expressão de busca alterando o termo "*decision support system*" para "*decision support*":

*("statistical process control" OR SPC OR "control chart" OR "Shewhart chart" OR "Shewhart approach" OR "high maturity" OR "CMMI level 5" OR "CMMI level 4" OR "MPS level A" OR "MPS level B" OR "quantitative management" OR "organizational process performance" OR "organizational performance management" OR "six sigma" OR "6-Sigma" OR Lean) AND ("Software engineering" OR "software development" OR "software process execution" OR "Software process improvement" OR SPI) AND ("Decision making" OR "decision support" OR "expert systems" OR "Knowledge Management" OR "knowledge base" OR "Experience base" OR "causal analysis" OR "cause analysis" OR "cause-effect analysis" OR "cause-and-effect analysis" OR "root cause analysis" OR "root-cause analysis" OR "defect analysis")*

O resultado da execução da quarta e última versão da expressão de busca está apresentado na Tabela I.5.

**Tabela I.5** – Resultado da execução da 4ª versão da expressão de busca

Máquina de busca	Nº de publicações
Compendex	48
IEEEExplore	22
Scopus	55
Web of Science	11
<b>Total:</b>	<b>136</b>

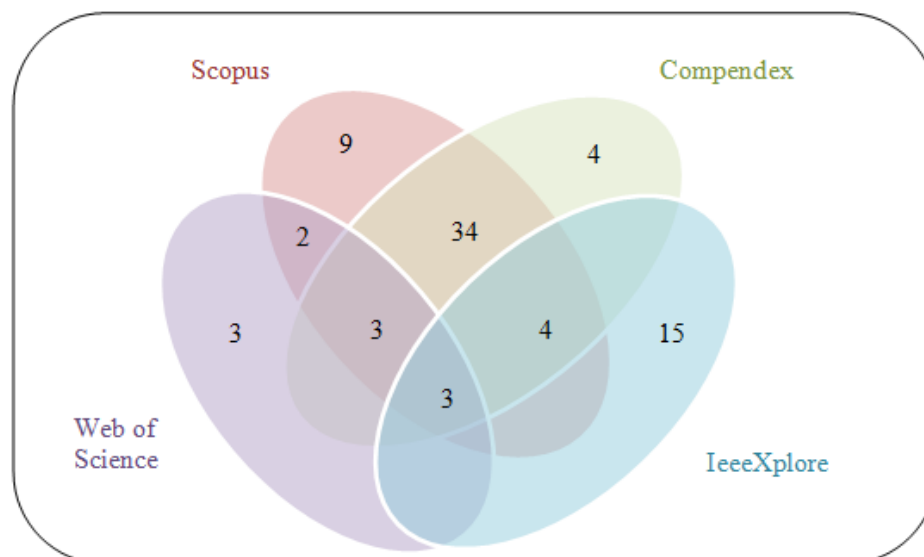
## I.4 Condução da pesquisa

Após o estabelecimento do protocolo de pesquisa, o mapeamento sistemático foi executado. A execução do protocolo foi realizada em três vezes: a primeira entre fevereiro e abril de 2012, a segunda em março de 2013, e a terceira em abril/2016.

As subseções seguintes apresentam estas execuções.

#### I.4.1 Execução de fevereiro-abril/2012

Na primeira execução do protocolo, ao executar a expressão de busca nas máquinas de busca, foram retornadas 77 publicações (desprezando as publicações duplicadas entre as máquinas) (1ª etapa de seleção). Estas publicações estão distribuídas entre as máquinas de busca, conforme apresentado na Figura I.1.



**Figura I.1** – Publicações retornadas pelas máquinas de busca (1ª etapa) – 1ª execução

A busca manual foi realizada a partir da análise das publicações de duas revistas (*CrossTalk* e *Software Quality Professional*) e de um simpósio (Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software – SBQS). A revista *CrossTalk* é mantida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos e é constantemente apoiada pelo *Software Engineering Institute* (SEI) da Carnegie Mellon, entidade que criou o CMMI. A *CrossTalk* foi uma revista mensal de 1998 até fevereiro de 2009; a partir de então a revista passou a ser bimestral. A revista *Software Quality Professional* é mantida pela *American Society for Quality* (ASQ) e aborda temas sobre qualidade de software. Esta revista é trimestral e foi lançada em dezembro de 1998. O presente estudo abordou todas as edições destas revistas desde sua primeira edição até abril de 2012. As edições das revistas foram acessadas por meio do site próprio de cada uma.

O Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS) é o evento mais importante da área no Brasil. Foram analisadas as publicações desde sua primeira edição em 2002 até 2011. As publicações foram obtidas a partir dos anais do evento.

Assim como o realizado nas máquinas de busca, a 1ª etapa da seleção das publicações na busca manual foi realizada a partir da identificação dos termos da

expressão de busca no título e/ou no resumo de cada publicação. O resultado quantitativo desta etapa de seleção é apresentado na Tabela I.6.

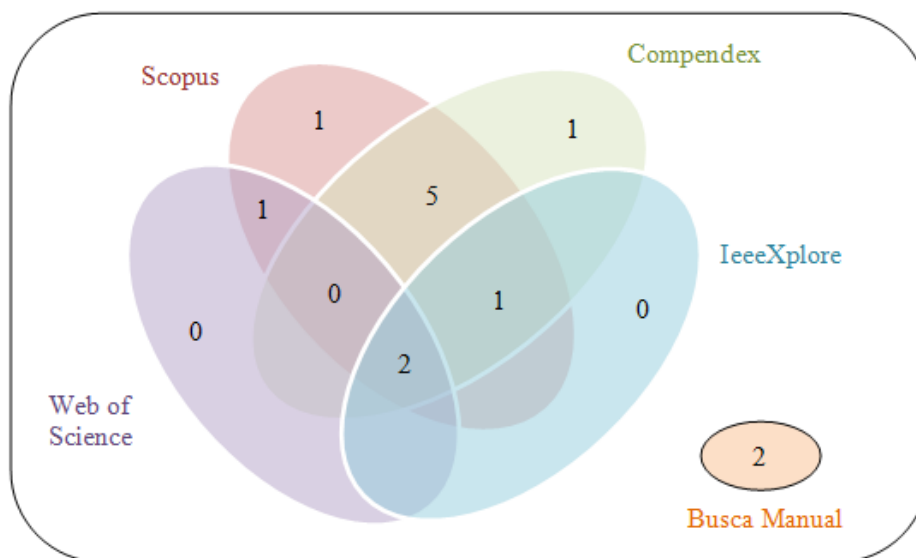
**Tabela I.6** – Publicações identificadas pela busca manual (1ª etapa)

Fonte	Nº de publicações analisadas	Nº de publicações selecionadas
CrossTalk	948	1
Software Quality Professional	217	1
Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software	273	0
<b>Total:</b>	<b>1438</b>	<b>2</b>

Os dados das 79 publicações (77 das máquinas de busca e 2 da busca manual) selecionadas na 1ª etapa foram armazenados em uma planilha Excel contendo os seguintes dados de cada publicação: autores, resumo (*abstract*), referência completa e a fonte de busca.

Na etapa seguinte de seleção das publicações (2ª etapa), o título e resumo (*abstract*) de cada publicação foram lidos. Ao aplicar os critérios definidos na Seção I.2.5, apenas 13 publicações foram selecionadas. Estas publicações estão distribuídas entre as máquinas de busca e a busca manual conforme apresentado na Figura I.2.

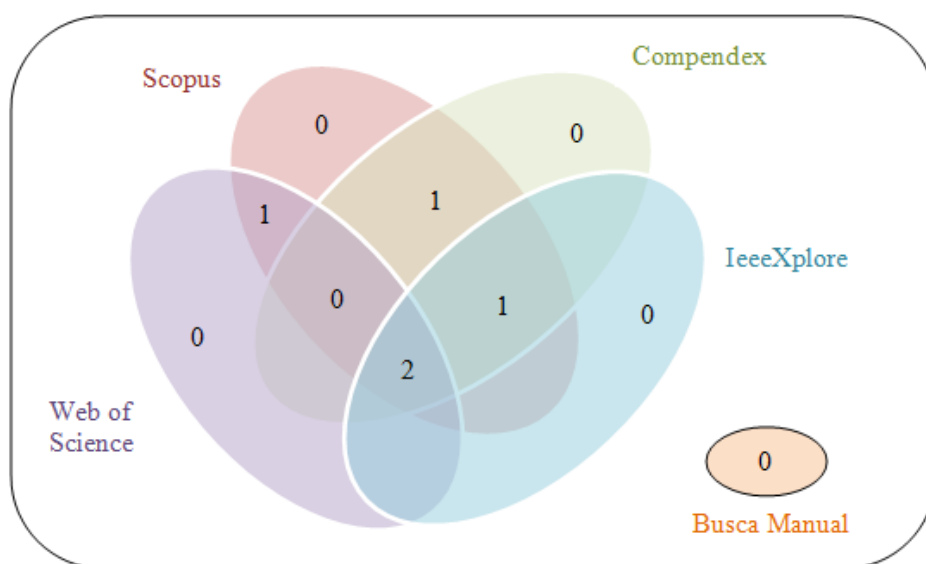
Das 11 publicações selecionadas que foram retornadas pelas máquinas de busca, 3 publicações não estavam disponíveis para *download*. No entanto, para 2 destas publicações foi possível entrar em contato com o autor principal e este enviou a publicação por e-mail. Para a outra publicação não foi possível identificar o contato com os autores. Portanto, das 11 publicações retornadas pelas máquinas de busca, teve-se acesso a 10.



**Figura I.2** – Publicações selecionadas na 2ª etapa – 1ª execução

Na 3ª etapa de seleção das publicações, as 12 publicações selecionadas (10 das máquinas de busca e 2 da busca manual) foram lidas por completo. Destas, apenas 5 atendiam a, pelo menos, um dos critérios definidos na Seção I.2.5. A Figura I.3 apresenta como estas publicações ficaram distribuídas entre as máquinas de busca e a busca manual.

A Seção I.6 apresenta todos os resultados desta primeira execução do mapeamento sistemático, tanto as publicações selecionadas como os dados extraídos destas publicações.

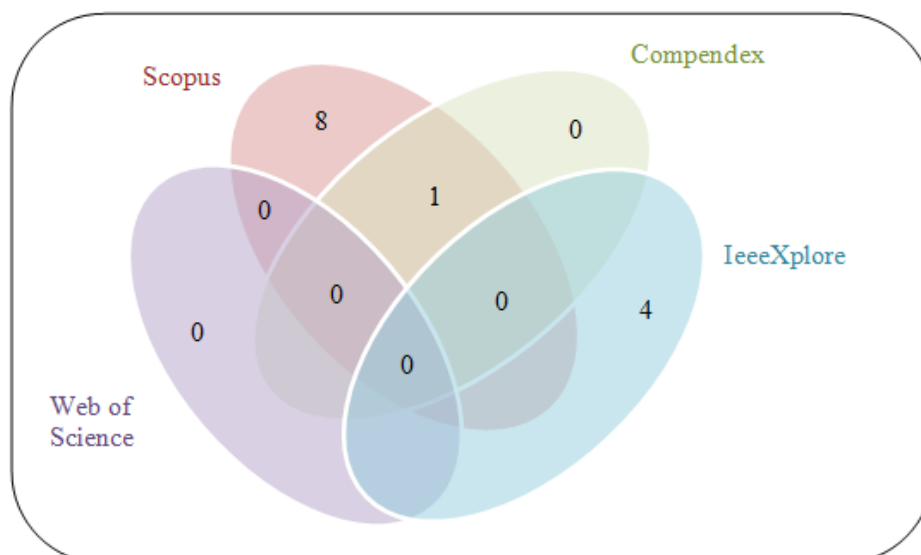


**Figura I.3** – Publicações selecionadas na 3ª etapa (final) – 1ª execução

#### I.4.2 Execução de março de 2013

A segunda execução do mapeamento sistemático utilizou o mesmo protocolo utilizado na primeira execução, a fim de atualizar os resultados do estudo, em busca de novas publicações na área. Nesta execução, foi decidido realizar a pesquisa somente nas máquinas de busca, uma vez que a busca manual demandou um grande esforço na primeira execução e não trouxe resultados relevantes para o estudo.

Desta forma, a primeira etapa de seleção dos estudos foi reexecutada, utilizando a mesma expressão de busca utilizada na anteriormente. Esta execução retornou 91 publicações, dentre as quais se verificaram 13 novas publicações (comparadas à execução anterior). A Figura I.4 apresenta como estas publicações ficaram distribuídas entre as máquinas de busca.



**Figura I.4** – Publicações retornadas pelas máquinas de busca (1ª etapa) – 2ª execução

A partir da leitura do título e do resumo das 13 novas publicações, foram selecionadas 4 publicações (3 da IeeeXplore e 1 da Scopus), de acordo com os critérios de inclusão estabelecidos. Para atender à terceira etapa de seleção, as 4 publicações foram lidas completamente; no entanto, nenhuma destas publicações atendia a, pelo menos, um dos critérios definidos.

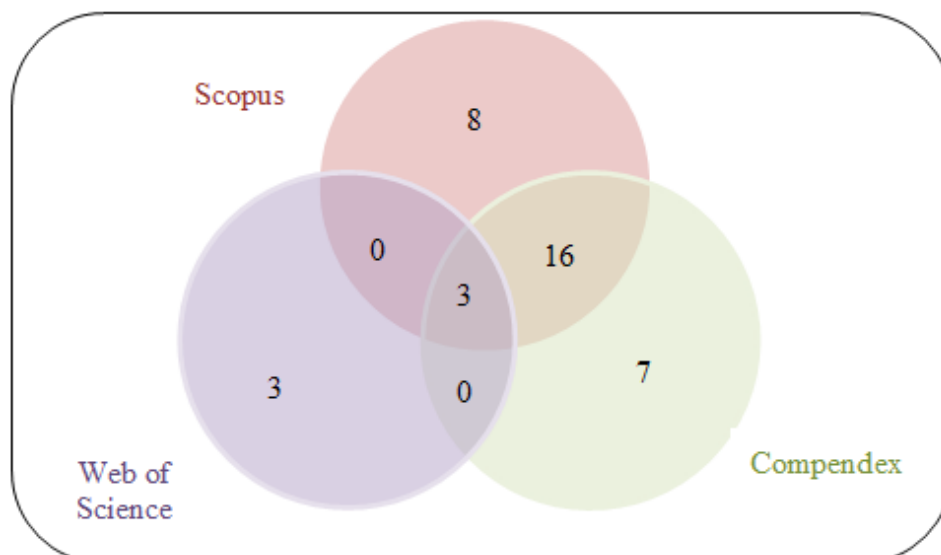
Na Seção I.6, são listadas as publicações retornadas nesta segunda execução do mapeamento sistemático.

### I.4.3 Execução de abril de 2016

A terceira execução do mapeamento sistemático foi realizada após a definição da solução proposta e teve o objetivo de atualizar os resultados do estudo, em busca de novas publicações na área. Da mesma forma que na segunda execução, a busca manual não foi realizada. Não foi possível utilizar a IeeeXplore, pois foi adicionada uma restrição na máquina de busca quanto à quantidade de termos a serem definidos na expressão de busca<sup>16</sup>, o que impossibilitou o seu uso nesta execução do estudo.

A mesma expressão de busca foi utilizada nesta execução do mapeamento sistemático, adicionando um filtro que permitisse o retorno das publicações entre o período de 2013 a 2016. Esta execução retornou 37 publicações (sem contar as duplicatas entre as máquinas de busca). A Figura I.5 apresenta como estas publicações ficaram distribuídas entre as máquinas de busca.

<sup>16</sup> [https://www.ieee.org/documents/ieee\\_xplore\\_advanced\\_search\\_faqs.pdf](https://www.ieee.org/documents/ieee_xplore_advanced_search_faqs.pdf)



**Figura I.5** – Publicações retornadas pelas máquinas de busca (1ª etapa) – 3ª execução

A partir da leitura do título e do resumo das 37 publicações e da aplicação dos critérios de inclusão foram selecionadas 5 publicações (1 na Scopus, 1 na Compendex, 1 na Web of Science e 2 retornadas simultaneamente pela Scopus e Compendex). Não foi possível ter acesso a uma das publicações selecionadas. Vale ressaltar que uma das publicações retornadas nesta execução é da autora desta tese descrevendo o repositório de conhecimento proposto para ADP.

Para atender à terceira etapa de seleção, as 3 publicações foram lidas completamente; no entanto, nenhuma destas publicações atendia a, pelo menos, um dos critérios definidos.

As publicações retornadas nesta execução do mapeamento sistemático são apresentadas na Seção I.6.

## **I.5 Avaliação dos resultados da pesquisa**

A partir das informações extraídas das publicações selecionadas, foi possível responder, parcialmente, às questões de pesquisa apresentadas na Seção I.2.2.

Com relação à questão de pesquisa principal (*No contexto das organizações de desenvolvimento de software, como o conhecimento necessário para executar a ADP é gerenciado, propiciando a tomada de decisão?*), foi identificada somente uma abordagem (apresentada por 4 das publicações selecionadas, a saber: BALDASSARRE *et al.*, 2004; BALDASSARRE *et al.*, 2005; CAIVANO, 2005; e BOFFOLI, 2006) na qual foi descrito como o conhecimento necessário para realizar a ADP é utilizado e gerenciado. Nesta abordagem, denominada *SPC-Framework*, o conhecimento utilizado



durante a ADP é armazenado em uma Tabela de Decisão. As demais publicações não fazem referência explícita à como o conhecimento necessário para realizar a ADP é gerenciado.

Para as questões secundárias QS1 e QS2 – referentes à *como a gerência do conhecimento necessário para analisar os dados e realizar a tomada de decisão sobre os resultados da ADP é realizada no contexto da melhoria de processos de software e da gerência quantitativa de projeto, respectivamente*) – não foi possível observar nas publicações identificadas como é gerenciado o conhecimento necessário para a ADP. Somente nas publicações referentes ao *SPC-Framework* é sugerido que o conhecimento armazenado na Tabela de Decisão seja reutilizado posteriormente, mas não informa como isto seria realizado.

Ainda em relação às questões QS1 e QS2, foi observado que a maioria das publicações trata da análise dos dados relacionados à melhoria de processos. Somente CARD *et al.* (2008) e KIMURA e FUJIWARA (2009) tratam da análise dos dados no contexto da gerência de projetos. A primeira publicação trata de uma experiência ao implantar Controle Estatístico de Processos em uma organização e mostra alguns exemplos de uso de suas técnicas em projeto; no entanto, não apresentam com detalhes como é realizada a análise dos dados. KIMURA e FUJIWARA (2009) apresentam a utilização de técnicas de Controle Estatístico de Processos para auxiliar a identificação do momento ótimo para finalizar os testes do produto; da mesma forma que os primeiros, os autores não apresentam detalhes de como é feita a análise dos dados e nem de como o conhecimento sobre a análise é gerenciado.

Em relação à terceira questão secundária (*QS3 – Quais técnicas da ADP são utilizadas durante a tomada de decisão?*) foi identificado que o gráfico de controle é a técnica da ADP mais utilizada durante a análise dos dados. Em todas as publicações é citado o uso do gráfico de controle (principalmente, o XmR – *Individual and Moving Range Chart*). Somente o trabalho de KIMURA e FUJIWARA (2009) apresenta a utilização de outras técnicas (modelo matemático e regressão linear), além do gráfico de controle.

Somente uma publicação forneceu informações para responder à questão secundária QS4 (*Que tipo de conhecimento é utilizado durante a análise dos dados de execução de processos, propiciando a tomada de decisão?*). Em (BALDASSARRE *et al.*, 2005) é apresentado como a Tabela de Decisão utilizada pela abordagem *SPC-Framework* para auxiliar a análise dos dados a partir do gráfico de controle é construída.

A Tabela de Decisão apresenta informações sobre: 1) os tipos de gráficos de controle utilizados, 2) os testes de estabilidade (*run tests*) aplicáveis a cada tipo de gráfico, 3) as ações recomendadas a serem tomadas e 4) as regras que associam o resultado dos testes de estabilidade com as ações adequadas. As demais publicações não descrevem que conhecimento é necessário para realizar a ADP.

Em relação às dificuldades para realizar a análise dos dados (*QS5 – Quais são as dificuldades enfrentadas para realizar análise dos dados e tomar uma decisão que seja adequada para a organização?*), somente CARD *et al.* (2008) relatam as dificuldades encontradas durante a implantação do Controle Estatístico de Processos em uma organização. Os autores citam as seguintes dificuldades: 1) dificuldade dos gerentes na transição do paradigma "métricas como metas" para "métricas como *feedback*"; 2) a análise estatística provê muitas oportunidades para erros e desentendimentos; é necessário realizar treinamento com todos os envolvidos, com diferente profundidade no assunto de acordo com o perfil de cada um; 3) identificar bons subprocessos para analisar estatisticamente; e 4) falta de automação para manipular a grande quantidade de dados gerados pelo gerenciamento estatístico.

Em relação à sexta questão secundária (*QS6 – Há abordagens, métodos ou técnicas que auxiliam a gerência do conhecimento necessário para apoiar a execução da ADP?*), foi identificada somente uma abordagem (*SPC-Framework*), conforme informado anteriormente, que visa auxiliar a ADP de software. Esta abordagem é composta por 3 componentes: um conjunto de testes de estabilidade (*run tests*), um conjunto de interpretações sobre os testes, e um processo de investigação, apoiado por Tabelas de Decisão (BOFFOLI, 2006). As publicações identificadas sugerem que esta abordagem possa ser utilizada para diversos propósitos que necessitam de análise dos dados, como por exemplo: decisão sobre o recálculo da *baseline* de desempenho (BALDASSARRE *et al.*, 2004); calibração de estimativas (BALDASSARRE *et al.*, 2005) e gerência de processos (BOFFOLI, 2006).

Como resultado da execução do mapeamento sistemático, observou-se muitos poucos trabalhos sobre a ADP apoiados por técnicas da gerência do conhecimento. E, além disto, os trabalhos identificados não apresentam com detalhes como esta análise é realizada. Este cenário sugere que as organizações de software possuem poucas oportunidades de aprendizado por meio das publicações científicas.

## I.6 Resultados das execuções de fevereiro-abril/2012

Nesta seção, são exibidos os resultados da seleção das publicações identificadas durante as três execuções do mapeamento sistemático.

### I.6.1 Execução de fevereiro-abril/2012

A Tabela I.7 apresenta todas as publicações selecionadas na 1ª etapa de seleção, bem como o resultado do processo de seleção para cada publicação, apresentando quais dos critérios da Seção I.2.5 foram satisfeitos para cada caso (seja de inclusão como de exclusão). As publicações que foram selecionadas para o estudo aparecem em destaque na tabela.

**Tabela I.7** – Publicações retornadas na execução de fevereiro-abril/2012

Autor(es)	Título	Fonte	2ª etapa	3ª etapa
-	Proceedings - 2011 Agile Conference, Agile 2011	Scopus Compendex	Não CE.4	-
Bocock L., Martin A.	There's something about lean: A case study	Scopus Compendex IeeeXplore	Não CE.1	-
Nord R.L., Brown N., Ozkaya I.	Architecting with just enough information	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Zawedde A.S.A., Klabbers M.D.M., Williams D.D., Van Den Brand M.G.J.M.,	Understanding the dynamics of requirements process improvement: A new approach	Scopus Compendex	Sim CI.7	Não CE.1
Poess, M., Nambiar, R.; Vaid, K.	Optimizing benchmark configurations for energy efficiency	Compendex	Não CE.1	-
Hale J.E., Hale D.P.	Evaluating testing effectiveness during software evolution: A time-series cross-section approach	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Tahir, T.; Gencel, C.	A structured goal based measurement framework enabling traceability and prioritization	IeeeXplore	Não CE.1	-
Mohan K.K., Harun R.S., Srividya A., Verma A.K.	Quality framework for reliability improvement in SAP netweaver business intelligence environment through lean software development-A practical perspective	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Rios B.L.F., Ramirez S.L.G., Rodriguez-Elias O.M.,	Modeling knowledge flows in software project management processes	Scopus	Não CE.3	-
van Oorschot, K., Sengupta, K., Akkermans, H., van Wassenhove, L	Get Fat Fast: Surviving Stage-Gate (R) in NPD	Web of Science	Não CE.1	-
Medina M., Sherry L., Feary M.	Automation for task analysis of next generation air traffic management systems	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Akiyama Y.,	How process helps you in developing a high quality medical information system	Scopus Compendex	Não CE.03	-

Autor(es)	Título	Fonte	2ª etapa	3ª etapa
Cavalcante U., Girardi R.	An overview of the MADAE-IDE multi-agent system development environment	Scopus Compendex IeeeXplore	Não CE.01	-
Llamosa-Villalba R., Mendez Aceros S.E.,	Process management model for higher education: Improvement of educational programs in software quality	Scopus Compendex IeeeXplore	Não CE.01	-
Sinovicic, I.; Hribar, L.;	How to improve software development process using mathematical models for quality prediction and elements of Six Sigma methodology	IeeeXplore	Não CE.1	-
Aksyonov, K.; Spitsina, I.; Bykov, E.; Kai, W.; Smolij, E.	Multiple approaches integration for computer-supported software development	Compendex	Não CE.03	-
Ge, Y.; Huang, T.	Quantitative Risk Management of Offshore Software Outsourcing: Based on COSO-ERM Framework	Web of Science	Não CE.03	-
Kenett, R. S.; Harel, A.; Ruggeri, F.	Controlling the usability of web services	Compendex	Sim CI.7	Não CE.1
Beckhaus A., Karg L.M., Graf C.A., Grottke M., Neumann D.	Prioritization of software process improvements: A COQUALMO-based case study and derived decision support scheme	Scopus Compendex Web of Science	Não CE.03	-
Romeu L., Audy J., Covatti A.	Integration method among BSC, CMMI and Six Sigma using GQM to support measurement definition (MIBCIS)	Scopus Compendex	Não CE.01	-
Harrison C., Scheinin W.	Integration and test in a CMMI level 5 environment	Scopus	Não CE.01	-
<b>Kimura M., Fujiwara T.,</b>	<b>A new criterion for the optimal software release problems: Moving average quality control chart with bootstrap sampling</b>	<b>Scopus Compendex</b>	<b>Sim CI.7 CI.8</b>	<b>Sim CI.7</b>
-	Product-Focused Software Process Improvement: 10th International Conference, PROFES 2009, Proceedings	Compendex	Não CE.4	-
Selby R.W.,	Software development statistical process control using Six Sigma techniques	Scopus Compendex	Não CE.02	-
Abraham A., Subramanian R., Tom R.N.,	PADIC - Assessment and measurement based framework to improve productivity and predictability in engineering projects	Scopus Compendex	Não CE.02	-
Goncalves, M. G. S.	MiniDMAIC: An Approach for Causal Analysis and Resolution in Software Development Projects	Web of Science	Não CE.05	-
Goncalves F.M.G.S., Bezerra C.L.M., Belchior A.D., Coelho C.C., Pires C.G.S.	Implementing causal analysis and resolution in software development projects: The MiniDMAIC approach	Scopus Compendex IeeeXplore Web of Science	Não CE.01	-
Chang C.-P., Chu C.-P.	Improvement of causal analysis using multivariate statistical process control	Scopus Web of Science	Não CE.02	-
Baldassarre M.T., Boffoli N., Caivano D., Visaggio G.,	A hands-on approach for teaching systematic review	Scopus Compendex Web of Science	Não CE.01	-

Autor(es)	Título	Fonte	2ª etapa	3ª etapa
<b>Card D.N., Domzalski K., Davies G.</b>	<b>Making statistics part of decision making in an engineering organization (ARTIGO DE CONTROLE)</b>	<b>Scopus Compendex IeeeXplore</b>	<b>Sim CI.1</b>	<b>Sim CI.3 CI.4 CI.6</b>
-	Minitrack Introduction	IeeeXplore	Não CE.04	-
Schaffert, S.; Bry, F.; Baumeister, J.; Kiesel, M.	Semantic Wikis	IeeeXplore	Não CE.01	-
Kalinowski, M.; Travassos, G.H.; Card, D.N.	Towards a Defect Prevention Based Process Improvement Approach	IeeeXplore	Não CE.01	-
Sutherland, J.; Tabaka, J.	Incorporating Lean Development Practices into Agile Software Development	IeeeXplore	Não CE.04	-
Alagarsamy K., Justus S., Iyakutti K.	The knowledge based software process improvement program: A rational analysis	Scopus	Não CE.3	-
de Mesquita Spinola, M.; de Paula Pessoa, M.S.; Tonini, A.C.	The Cp and Cpk Indexes in Software Development Resource Relocation	IeeeXplore	Não CE.1	-
Zhedan Pan; Hoyeon Ryu; Jongmoon Baik	A Case Study: CRM Adoption Success Factor Analysis and Six Sigma DMAIC Application	IeeeXplore	Não CE.1	-
Kwok-Pan Pang; Ali, S.	Retrospective Analysis for Mining the Causes in Manufacturing Processes	IeeeXplore	Não CE.2	-
<b>Boffoli N.</b>	<b>Non-intrusive monitoring of software quality</b>	<b>Scopus Compendex IeeeXplore Web of Science</b>	<b>Sim CI.1 CI.7</b>	<b>Sim CI.9</b>
Biro M., Deak C., Ivanyos J., Messnarz R.,	From compliance to business success: Improving outsourcing service controls by adopting external regulatory requirements	Scopus Compendex	Não CE.1	-
<b>Baldassarre, M.T.; Boffoli, N.; Caivano, D.; Visaggio, G.;</b>	<b>Improving dynamic calibration through statistical process control</b>	<b>Scopus Compendex IeeeXplore Web of Science</b>	<b>Sim CI.1</b>	<b>Sim CI.1 CI.2 CI.4 CI.7</b>
Kim K.-Y., Wang Y., Nnaji B.O., Manley D.	Pegasus gateway: Cyberspace collaboration	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Krause P., Kralisch S.	The hydrological modelling system J2000 - Knowledge core for JAMS	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Kanungo S., Monga I.S.	Prioritizing process change requests (PCRs) in software process improvement	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Mahanti R., Antony J.	Confluence of six sigma, simulation and software development	Scopus	Não CE.1	-
Engle P.	Production scheduling two-step	Scopus Compendex	Não CE.1	-
<b>Baldassarre, T. , Boffoli, N. , Caivano, D. , Visaggio, G.</b>	<b>Managing Software Process Improvement (SPI) through Statistical Process Control (SPC)</b>	<b>Scopus Web of Science</b>	<b>Sim CI.2 CI.7</b>	<b>Sim CI.7 CI.8</b>
Ceschi, M.; Sillitti, A.; Succi, G.; De Panfilis, S.	Project management in plan-based and agile companies	IeeeXplore	Não CE.1	-

<b>Autor(es)</b>	<b>Título</b>	<b>Fonte</b>	<b>2ª etapa</b>	<b>3ª etapa</b>
Biehl, R.E.	Six sigma for software	IeeeXplore	Não CE.1	-
Seow, C.; Hall, D.	Six sigma as a process enabler and strategic facilitator for knowledge in sustainable development: a SME case study	IeeeXplore	Não CE.1	-
Chin-Min Wu; Yun-Kung Chung	Using 6σ to supervise product innovation process based on knowledge management - a case introduction of an LCD cooperation in Taiwan	IeeeXplore	Não CE.1	-
Wang K., Myklebust O., Hjelmervik O.R.	Knowledge management in the life cycle of products	Scopus	Não CE.3	-
Rand C., Eckfeldt B.	Aligning strategic planning with agile development: Extending agile thinking to business improvement	Scopus Compendex	Não CE.1	-
-	Proceedings of the - Agile Development Conference ADC 2004	Scopus Compendex	Não CE.4	-
Putman D.B.	Your quality data is talking - Are you listening?	Scopus	Não CE.1	-
Card D.N.	Understanding causal systems	Scopus	Não CE.1	-
Card D.N.	Statistical techniques for software engineering practice	Scopus Compendex	Não CE.4	-
Moore J.	Leveraging production information	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Pitsos S.	Software and process reviews enable continuous improvement	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Murugappan, M.; Keeni, G.	Blending CMM and Six Sigma to meet business goals	IeeeXplore	Não CE.1	-
El-Gayar O.F.,	Decision support for software projects: The role of SPC and simulation metamodeling	Scopus Compendex	Sim CI.1 CI.6	Não CE.2
Raffo D.M., Setamanit S.-O.	Supporting software process decisions using bi-directional simulation	Scopus Compendex	Sim CI.7 CI.8	Não CE.1
Adams L.	Wrapper ties robot to CMM	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Bahl S., Venkatesh R.S., Craik J., Bedi R., Uriarte H., Srihari K.	Requirement specifications for an enterprise level collaborative, data collection, quality management and manufacturing tool for an EMS provider	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Hong G.Y., Xie M., Shanmugan P.	Statistical method for controlling software defect detection process	Scopus Compendex Web of Science	Não CE.2	-
Hogarth Sharon	Real-time SPC software review	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Davis R.J., Harrison John	Failure investigation/evaluation system & technical aides (FIESTA)	Scopus Compendex	Não CE.3	-
Aoyama M.	Managing the concurrent development of large-scale software systems	Scopus	Não CE.1	-
Fox C., Frakes W.	The Quality Approach: Is It Delivering?	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Goncalves, M.E.	The Foz Coa rock art case: towards a new relationship between science and policy making in Portugal?	IeeeXplore	Não CE.1	-

Autor(es)	Título	Fonte	2ª etapa	3ª etapa
Takahashi T.	Statistical games and software tools for quality assurance based on statistical process control	Scopus Compendex	Sim CI.1 CI.7	Não CE.2
Hufton D.R.,	Experiences of collecting and using software metrics in industry	Scopus Compendex	Não CE.1	-
-	IFORS-SPC Conference on Decision Support Systems	Scopus Compendex	Não CE.4	-
Barros A.A.F.C., Dias S.V.	TROPICO RA O&M development environment	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Doyama S., Watanabe H.	Expert System For ESS Software Development	Scopus Compendex	Não CE.1	-
Anon	Sixth International Conference on Software Engineering for Telecommunication Switching Systems	Scopus Compendex	Não CE.4	-
Ishikawa, K.	Interactive Software For Graphical QC Analysis	Scopus	Sim CI.7	Sem acesso
Steve Janiszewski e Ellen George	Integrating PSP, TSP, and Six Sigma	Software Quality Professional (Manual)	Sim CI.7	Não CE.2
Girish Seshagiri	High Maturity Pays Off: It is Hard to Believe Unless You Do It	CrossTalk (Manual)	Sim CI.1	Não CE.1

Os dados das 5 publicações selecionadas pelo estudo e do artigo de controle que não foi retornado pelas máquinas de busca foram extraídos conforme o procedimento para extração de dados descrito anteriormente. Estes dados auxiliaram na análise dos dados a fim de que as questões de pesquisa estabelecidas sejam respondidas. Os dados extraídos de cada publicação são apresentados a seguir.

<b>Dados da publicação (#22)</b>	
<b>Título:</b>	A New Criterion for the Optimal Software Release Problems: Moving Average Quality Control Chart with Bootstrap Sampling
<b>Autor (es):</b>	Kimura M., Fujiwara T.
<b>Ano da publicação:</b>	2009
<b>Referência completa:</b>	Kimura M., Fujiwara T., 2009, "A new criterion for the optimal software release problems: Moving average quality control chart with bootstrap sampling", Communications in Computer and Information Science (CCIS), vol. 59, pp. 280-287.
<b>Resumo da publicação</b>	
This paper proposes a new practical method for determining when to stop software testing. This issue has been widely known as the optimal release problem of software product, and many researchers have been developing mathematical models for finding the solution. We try to develop a new quality control charting to help making the right decision for it, by employing the moving average model and bootstrap scheme. After discussing the modeling, we show an example of the statistical decision making of the optimal software release time.	
<b>Descrição da análise dos dados</b>	
Decisão em gerência de projetos.	
Para auxiliar a identificação do momento ótimo para finalizar os testes do produto (decisão que o desenvolvedor/analista deveria tomar), aplicam um modelo matemático utilizando amostras Bootstrap, regressão linear e gráfico de controle a partir da análise dos dados passados sobre falhas restantes no software.	
<b>Técnica de Controle Estatístico de Processos utilizada</b>	
Gráfico de Controle ( <i>Moving Average</i> )	

<b>Tipo de conhecimento utilizado</b>	
Não citam informações que foram levadas em consideração para a tomada de decisão (exceto os dados necessários para construir o gráfico de controle).	
<b>Dificuldades relatadas</b>	
Não houve dificuldades relatadas.	
<b>Abordagens, métodos ou técnicas utilizadas para análise</b>	
Modelo matemático utilizando amostras Bootstrap, regressão linear e gráfico de controle.	
<b>Dados da publicação (#30)</b>	
<b>Título:</b>	Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization
<b>Autor (es):</b>	Card D.N., Domzalski K., Davies G.
<b>Ano da publicação:</b>	2008
<b>Referência completa:</b>	Card D. N., Domzalski K., Davies G., 2008, "Making statistics part of decision making in an engineering organization", IEEE Software, vol. 25(3), pp. 37-47.
<b>Resumo da publicação</b>	
This article describes the experience of deploying statistical analysis techniques at BAE Systems Network Systems, a software and systems development organization. It outlines the techniques implemented, deployment methods, and results obtained. It discusses the challenges encountered and strategies for overcoming them.	
<b>Descrição da análise dos dados</b>	
Decisão em gerência de projetos.	
Não descreve efetivamente como a tomada de decisão é realizada. Somente informa que as técnicas de SPC são importantes, pois tornam as decisões objetivas, visíveis, repetíveis e quantificáveis ( <i>bounded</i> ).	
Informa que ao identificar instabilidade no processo, conduzem uma análise de causas (mas não detalham como).	
<b>Técnica de Controle Estatístico de Processos utilizada</b>	
Gráfico de Controle ( <i>Individual and Moving-Range (XmR)</i> e <i>U-chart</i> )	
<b>Tipo de conhecimento utilizado</b>	
Não citam informações que foram levadas em consideração para a tomada de decisão (exceto os dados necessários para construir o gráfico de controle)	
<b>Dificuldades relatadas</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dificuldade dos gerentes na transição do paradigma "métricas como metas" para "métricas como <i>feedback</i>";</li> <li>2. A análise estatística provê muitas oportunidades para erros e desentendimentos. É necessário realizar treinamento com todos os envolvidos, com diferente profundidade no assunto de acordo com o perfil de cada um;</li> <li>3. Identificar bons subprocessos para analisar estatisticamente;</li> <li>4. Falta de automação para manipular a grande quantidade de dados gerados pelo gerenciamento estatístico.</li> </ol>	
<b>Abordagens, métodos ou técnicas utilizadas para análise</b>	
Não cita abordagem, método ou técnica para a tomada de decisão, além do uso dos gráficos de controle e o "pensamento estatístico".	
<b>Dados da publicação (#39)</b>	
<b>Título:</b>	Non-Intrusive Monitoring Of Software Quality
<b>Autor (es):</b>	Boffoli N.
<b>Ano da publicação:</b>	2006
<b>Referência completa:</b>	Boffoli N., 2006, "Non-intrusive monitoring of software quality", In: Proceedings of the European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR'06), pp. 319-322.
<b>Resumo da publicação</b>	
Measurement based software process improvement needs a non-intrusive approach to determine what and where improvement is needed without knowing anything about the methods and techniques used	



<p>during project execution. Beside, it is necessary for obtaining successful business management, an accurate process behavior prediction. In order to obtain these results we proposed to use Statistical Process Control (SPC) tailored to the software process point of view. The paper proposes an appropriate SPC-Framework and presents two industrial experiences in order to validate the framework in two different software contexts: recalibration of effort estimation models; monitoring of the primary processes through the supporting ones. These experiences validate the framework and show how it can be successfully used as a decision support tool in software process improvement.</p>	
<b>Descrição da análise dos dados</b>	
<p>Decisão em melhoria de processos.</p> <p>Apresenta um framework de SPC adaptado para software. Um dos componentes deste framework é composto por uma tabela de decisão, na qual fica armazenado o conhecimento para posterior reutilização; mas não informa como esta tabela é construída.</p> <p>É informado que o framework foi utilizado para apoiar a calibração de estimativas e para gerenciar processos de software, mas não apresenta detalhes.</p>	
<b>Técnica de Controle Estatístico de Processos utilizada</b>	
Gráfico de Controle	
<b>Tipo de conhecimento utilizado</b>	
<p>Além das informações necessárias para construir o gráfico de controle, informam que, no caso de análise dos dados provenientes de vários locais e culturas diferentes (contexto distribuído), os dados devem ser categorizados para diferenciar os tipos de problemas e descobrir a solução apropriada.</p> <p>Mas não há informação sobre quais conhecimentos são levados em consideração.</p>	
<b>Dificuldades relatadas</b>	
Não houve dificuldades relatadas.	
<b>Abordagens, métodos ou técnicas utilizadas para análise</b>	
<p>A abordagem, denominada SPC-Framework, é composta por 3 componentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. um conjunto de testes de estabilidade (<i>run tests</i>)</li> <li>2. um conjunto de interpretações sobre os testes</li> <li>3. processo de investigação, apoiado por tabelas de decisão</li> </ol> <p>Esta abordagem é apoiada por um protótipo denominado SPC-Pack.</p>	
<b>Dados da publicação (#41)</b>	
<b>Título:</b>	Improving Dynamic Calibration Through Statistical Process Control
<b>Autor (es):</b>	Baldassarre, M.T.; Boffoli, N.; Caivano, D.; Visaggio, G.
<b>Ano da publicação:</b>	2005
<b>Referência completa:</b>	Baldassarre, M.T.; Boffoli, N.; Caivano, D.; Visaggio, G., 2005, "Improving dynamic calibration through statistical process control", In: Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Software Maintenance Software Maintenance ( ICSM'05), pp. 273- 282.
<b>Resumo da publicação</b>	
<p>Dynamic calibration (DC), presented by the authors in previous works has proved to be a flexible approach for massive maintenance software project estimation, able to recalibrate an estimation model in use according to relevant process performance changes pointed out by the project manager. Nevertheless, it results quite subjective in its application and tightly based on manager experience. In this work the authors present an improvement of the approach based on the use of statistical process control (SPC) technique. SPC is a statistically based method able to quickly highlight shift in process performances. It is well known in manufacturing contexts and it has recently emerged in the software engineering community. In this work, authors have integrated SPC in DC as decision support tool for identifying when recalibration of the estimation model must be carried out. This extension makes DC less "person-based", more deterministic and transferable in its use than the previous version. The extended approach has been experimented on industrial data related to a renewal project and the results compared with both, a concurrent approach such as analogy based estimation and its previous version. The results are encouraging and stimulate further investigation</p>	
<b>Descrição da análise dos dados</b>	
Decisão em gerência de projeto (decide sobre momento adequado para calibrar o modelo de estimativas)	

baseado nas mudanças ocorridas no processo).	
É utilizado o mesmo framework apresentado no artigo #39, no entanto focado para calibração de estimativas.	
Apresenta com mais detalhes o uso da Tabela de Decisão.	
A decisão é realizada após a identificação de uma mudança no processo (por meio dos resultados dos testes de estabilidade); verifica-se na Tabela de Decisão qual ação é recomendada de acordo com o teste de estabilidade que foi afetado. No entanto, não informa como a Tabela de Decisão foi construída, se é possível atualizá-la com mais informações de contexto, e se há registro de que a decisão recomendada foi de fato utilizada e, posteriormente, avaliada.	
<b>Técnica de Controle Estatístico de Processos utilizada</b>	
Gráfico de Controle ( <i>Individual and Moving Range chart - XmR</i> )	
<b>Tipo de conhecimento utilizado</b>	
Para a construção do gráfico de controle foram utilizados os dados sobre a produtividade (desempenho) da equipe em projetos passados (a análise foi executada <i>post-mortem</i> ).	
Ficam listados na tabela de decisão: 1) os tipos de gráficos de controle utilizados, 2) os testes de estabilidade ( <i>run tests</i> ) aplicáveis a cada tipo de gráfico, 3) as ações recomendadas a serem tomadas e 4) as regras que associam o resultado dos testes de estabilidade com as ações adequadas.	
<b>Dificuldades relatadas</b>	
Não houve dificuldades relatadas	
<b>Abordagens, métodos ou técnicas utilizadas para análise</b>	
A abordagem, denominada DC-SPC, envolve o SPC-Framework proposto também pelo artigo #39.	
Informam que um protótipo foi desenvolvido para apoiar a abordagem: <i>SPEED - Software Project Effort Estimator using Dynamic Calibration</i>	
<b>Dados da publicação (#47)</b>	
<b>Título:</b>	Managing Software Process Improvement (SPI) through Statistical Process Control (SPC)
<b>Autor (es):</b>	Baldassarre T., Boffoli N., Caivano D., Visaggio G.
<b>Ano da publicação:</b>	2004
<b>Referência completa:</b>	Baldassarre T., Boffoli N., Caivano D., Visaggio G., 2004, "Managing Software Process Improvement (SPI) through Statistical Process Control (SPC)", In: Proceedings of 5 <sup>th</sup> International Conference on Product Focused Software Process Improvement (PROFES'04), pp. 30-46.
<b>Resumo da publicação</b>	
Measurement based software process improvement is nowadays a mandatory activity. This implies continuous process monitoring in order to predict its behavior, highlight its performance variations and, if necessary, quickly react to them. Process variations are due to common causes or assignable ones. The former are part of the process itself while the latter are due to exceptional events that result in an unstable process behavior and thus in less predictability. Statistical Process Control (SPC) is a statistical based approach able to determine whether a process is stable or not by discriminating between the presence of common cause variation and assignable cause variation. It is a well-established technique, which has shown to be effective in manufacturing processes but not yet in software process contexts. Here experience in using SPC is not mature yet. Therefore a clear understanding of the SPC outcomes still lacks. Although many authors have used it in software, they have not considered the primary differences between manufacturing and software process characteristics. Due to such differences the authors sustain that SPC cannot be adopted "as is" but must be tailored. In this sense, we propose an SPC-based approach that reinterprets SPC, and applies it from a Software Process point of view. The paper validates the approach on industrial project data and shows how it can be successfully used as a decision support tool in software process improvement.	
<b>Descrição da análise dos dados</b>	
Decisão em melhoria de processos.	
Apresenta um framework de SPC adaptado para software (o mesmo dos artigos #39 e #41). Este	

framework auxilia a tomada de decisão sobre quando a baseline de desempenho deve ser recalculada.	
Na avaliação deste framework, utilizou-se dados de um projeto já concluído no qual conheciam-se melhorias no processo que foram realizadas. O uso do framework conseguiu identificar os pontos de melhoria adequadamente.	
<b>Técnica de Controle Estatístico de Processos utilizada</b>	
Gráfico de Controle ( <i>Individual and Moving Range chart - XmR</i> )	
<b>Tipo de conhecimento utilizado</b>	
Para a construção do gráfico de controle foram utilizados os dados sobre a produtividade (desempenho) da equipe de um projeto concluído (mesmo cenário apresentado no artigo #39).	
Neste artigo o conhecimento de interpretação dos testes de estabilidade não aparece estar estruturado em Tabelas de Decisão, mas o conhecimento já existe armazenado em algum local (?).	
<b>Dificuldades relatadas</b>	
Não houve dificuldades relatadas.	
<b>Abordagens, métodos ou técnicas utilizadas para análise</b>	
A abordagem, denominada SPC-Framework, é composta por 3 componentes:	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. um conjunto de testes de estabilidade (<i>run tests</i>)</li> <li>2. um conjunto de interpretações sobre os testes</li> <li>3. processo de investigação, apoiado por tabelas de decisão</li> </ol>	
É a mesma abordagem dos artigos #39 e #41.	
<b>Dados da publicação (#78)</b>	
<b>Título:</b>	Continuous Software Process Improvement through Statistical Process Control
<b>Autor (es):</b>	CAIVANO, D.
<b>Ano da publicação:</b>	2005
<b>Referência completa:</b>	CAIVANO, D., 2005, "Continuous Software Process Improvement through Statistical Process Control". In: Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '05), pp. 288-293, Manchester, UK.
<b>Resumo da publicação</b>	
<p>Measurement based software process improvement is nowadays a mandatory activity. This implies continuous process monitoring in order to predict its behaviour, highlight its performance variations and, if necessary, quickly react to it. Process variations are due to common causes or assignable ones. The former are part of the process itself while the latter are due to exceptional events that result in an unstable process behaviour and thus in less predictability. Statistical Process Control (SPC) is a statistical based approach able to determine whether a process is stable or not by discriminating between the presence of common cause variation and assignable cause variation. It is a well-established technique, which has shown to be effective in manufacturing processes but not yet in software process contexts. Here experience in using SPC is not mature yet.</p> <p>Therefore a clear understanding of the SPC outcomes still lacks. Although many authors have used it in software, they have often not considered the primary differences between manufacturing and software process characteristics. Due to such differences SPC cannot be adopted "as is" but it must be tailored. In this sense, I propose an SPC-based approach that reinterprets SPC, and applies it from a Software Process point of view.</p>	
<b>Descrição da análise dos dados</b>	
Decisão em melhoria de processos.	
É utilizado o mesmo framework apresentado nos artigos #39, #41 e #47. Descreve também, brevemente, o mesmo estudo para avaliação da proposta.	
<b>Técnica de Controle Estatístico de Processos utilizada</b>	
Gráfico de Controle ( <i>Individual and Moving Range chart - XmR</i> )	
<b>Tipo de conhecimento utilizado</b>	
Para a construção do gráfico de controle foram utilizados os dados sobre a produtividade (desempenho) da equipe de um projeto concluído (mesmo cenário apresentado no artigo #39, #41 e #47).	
<b>Dificuldades relatadas</b>	

Não houve dificuldades relatadas.
<b>Abordagens, métodos ou técnicas utilizadas para análise</b>
É a mesma abordagem dos artigos #39, #41 e #47.

## I.6.2 Execução de março/2013

A Tabela I.8 apresenta todas as publicações selecionadas na 1ª etapa de seleção, bem como o resultado do processo de seleção para cada publicação, apresentando quais dos critérios da Seção I.2.5 foram satisfeitos para cada caso (seja de inclusão como de exclusão). Nesta execução, nenhuma publicação foi considerada relevante no contexto desta pesquisa.

**Tabela I.8** – Publicações retornadas na execução de março/2013

Autor(es)	Título	Fonte	2ª etapa	3ª etapa
Schwittek W., Eicker S.	Decision support for off-the-shelf software selection in web development projects	Scopus	Não CE.1	-
-	Proceedings - 2012 Agile Conference, Agile 2012	Scopus	Não CE.4	-
Kalinowski M., Card D.N., Travassos, G.H.	Evidence-based guidelines to defect causal analysis	Scopus	Não CE.1	-
Cardoso, F.R.M., Tasinaffo, P.M., Montini, D.Á., Fernandes, D.D., Da Cunha, A.M., Dias, L.A.V.	A formal control model for risks management within software projects	Scopus	Não CE.1	-
Heidrich, J., Kowalczyk, M.	Tutorial: Business IT alignment using the GQM +strategies@ approach	Scopus	Não CE.1	-
Beland S., Abran A.	A Measurement Framework to Support Continuous Improvement in Software Intensive Organization	IeeeXplore	Sim CI.7	Não CE.1
Barcellos, M.P.; de A Falbo, R.; da Rocha, A.R.C	Using a Reference Domain Ontology for Developing a Software Measurement Strategy for High Maturity Organizations	IeeeXplore	Sim CI.7	Não CE.1
Choi, SeungYoung Young	Semantic Process Management Environment	IeeeXplore	Sim CI.2	Não CE.1
-	IEEE Guide--Adoption of the Project Management Institute (PMI(R)) Standard A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK(R) Guide)--Fourth Edition	IeeeXplore	Não CE.4	-
Roeseler, A., Pecak, M., Shiffman, N.	Using Statistical Process Control to improve the quality and delivery of IT services	Scopus	Sim CI.7	Não CE.2
Kurze, C., Gluchowski, P	Computer-aided warehouse engineering (CAWE): Leveraging MDA and ADM for the development of data warehouses	Scopus	Não CE.1	-
-	Summer Computer Simulation Conference 2009, SCSC 2009, Part of the 2009 International Summer Simulation Multiconference, ISMc	Scopus	Não CE.4	-

### I.6.3 Execução de abril/2016

A Tabela I.9 apresenta todas as publicações selecionadas na 1ª etapa de seleção, bem como o resultado do processo de seleção para cada publicação, apresentando quais dos critérios da Seção I.2.5 foram satisfeitos para cada caso (seja de inclusão como de exclusão). Nesta execução, nenhuma publicação foi considerada relevante no contexto desta pesquisa.

**Tabela I.9** – Publicações retornadas na execução de abril/2016

Autor(es)	Título	Fonte	2ª etapa	3ª etapa
Cabrerizo, F.J.; Martínez, M.A.; Herrera, M.; Herrera-Viedma, E.	Consensus in a fuzzy environment: A bibliometric study	Compendex	Não CE.01	-
Shcherbakov, Maxim; Shcherbakova, Nataliya; Brebels, Adriaan; Janovsky, Timur; Kamaev, Valery	Lean Data Science Research Life Cycle: A Concept for Data Analysis Software Development	Compendex Scopus Web of Science	Não CE.01	-
Nanditha, J.; Sruthi, K.N.; Ashok, Sreeja; Judy, M.V.	Optimized defect prediction model using statistical process control and Correlation-Based feature selection method	Compendex Scopus	Sim CI.07	-
Kaymaz, Feyyat	Prioritisation and selection of the right business and IT requirements in the software engineering process	Compendex Scopus	Sim CI.07	Não CE.01
Viswanath, Uma	Lean transformation: How lean helped to achieve quality, cost and schedule: A case study in a multi location product development team	Compendex	Não CE.01	-
Turner, Richard	A lean approach to scheduling systems engineering resources	Compendex Scopus	Não CE.01	-
Björk, Jens; Ljungblad, Jens; Bosch, Jan	Lean product development in early stage startups	Compendex	Não CE.01	-
Fitzgerald, Brian; Musiał, Mariusz; Stol, Klaas-Jan	Evidence-based decision making in lean software project management	Compendex Scopus	Não CE.01	-
Liikkanen, Lassi A.; Kilpiö, Harri; Svan, Lauri; Hiltunen, Miko	Lean UX - The next generation of user-centered Agile development?	Compendex Scopus	Não CE.01	-
Paasivaara, Maria; Lassenius, Casper	Communities of practice in a large distributed agile software development organization - Case Ericsson	Compendex Scopus Web of Science	Não CE.01	-
-	36th International Conference on Software Engineering, ICSE Companion 2014 - Proceedings	Compendex Scopus	Não CE.04	-
-	11th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering, JCKBSE 2014	Compendex Scopus	Não CE.04	-
Oni, Olawole; Letier, Emmanuel	Optimizing the incremental delivery of software features under uncertainty	Compendex Scopus	Não CE.01	-
García, Imanol; Soriano, Enrique; Rubio, Higinio; García, Jesús Manuel	Simulator training for employees in the field of production: A Robert Bosch Gasoline Systems case	Compendex Scopus Web of Science	Não CE.01	-

<b>Autor(es)</b>	<b>Título</b>	<b>Fonte</b>	<b>2ª etapa</b>	<b>3ª etapa</b>
-	2014 IEEE International Technology Management Conference, ITMC 2014	Compendex Scopus	Não CE.04	-
Montini, Denis Avila; Matuck, Gustavo Ravanhani; Da Cunha, Adilson Marques; Dias, Luiz Alberto Vieira; Isaac, Massimo Jorge	BPM model of GQIMP for ISO 9001:2008 supported by CASE tools	Compendex Scopus	Não CE.01	-
-	2013 International Conference on Software and Systems Process, ICSSP 2013 - Proceedings	Compendex Scopus	Não CE.04	-
Tamanini, Isabelle; Pinheiro, Plácido Rogério; Machado, Thais Cristina Sampaio; Albuquerque, Adriano Bessa	Hybrid approaches of verbal decision analysis in the selection of project management approaches	Compendex	Não CE.01	-
Alarcón, Luis F.; Salvatierra, José L.; Letelier, José A.	Using Last Planner indicators to identify early signs of project performance	Compendex	Sim CI.07	Não CE.01
-	9th European Conference on Software Architecture, ECSA 2015	Compendex	Não CE.04	-
-	19th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013, Volume 2	Compendex Scopus	Não CE.04	-
-	19th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013, Volume 3	Compendex Scopus	Não CE.04	-
-	19th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013, Volume 4	Compendex Scopus	Não CE.04	-
-	19th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013, Volume 1	Compendex Scopus	Não CE.04	-
-	19th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013, Volume 5	Compendex Scopus	Não CE.04	-
Llamosa-Villalba, Ricardo; Delgado, Dario J.; Camacho, Heidi P.; Paéz, Ana M.; Valdivieso, Raúl F.	Organizational leadership process for university education	Compendex	Não CE.01	-
Jovanović, B.; Filipović, J.	ISO 50001 standard-based energy management maturity model - Proposal and validation in industry	Scopus	Não CE.01	-
Lee, R.; Chen, I.-Y.; Nichols, P.	A novel production process modeling for analytics	Scopus	Não CE.01	-
Eloranta, V.P.	Towards a pattern language for software start-ups	Scopus	Não CE.01	-
Dos Santos, G.S. and Balancieri, R. and Leal, G.C.L. and Huzita, E.H.M. and Cardoza, E.	Managing distributed software development with performance measures	Scopus	Não CE.01	-
Schots, N.; Rocha, A. R.; Santos, G.	A body of knowledge for executing performance analysis of software processes	Scopus	Sim CI.02	-
Eloranta, V.-P.	Patterns for controlling chaos in a startup	Scopus	Não CE.01	-
-	5th International Conference on Manufacturing Science and Engineering, ICMSE 2014	Scopus	Não CE.04	-

Autor(es)	Título	Fonte	2ª etapa	3ª etapa
Saeed, S.; Alsmadi, I.; Khawaja, F.	Lean development: A tool for knowledge management in software development process	Scopus	Não CE.03	-
Charry, W. P.; Castro, C. C.; Marin, G.; Mejia, J. C. G.; Tabares, R. B.; Jaramillo, S. G.	Spin-off Inter-institution Modeling to Provide Services in Software Engineering	Web of Science	Não CE.01	-
Ghane, K.	A Model and System for Applying Lean Six Sigma to Agile Software Development Using Hybrid Simulation	Web of Science	Sim CI.04 CI.07	Não CE.01
Khanmohammadi, S; Rezaeiahari, M.	AHP Based Classification Algorithm Selection for Clinical Decision Support System Development	Web of Science	Não CE.01	-

## Referências

- BAILEY, J., BUDGEN, D., TURNER, M., KITCHENHAM, B., BRERETON, P., LINKMAN, S., 2007, "Evidence relating to Object-Oriented software design: A survey", In: First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM'07), pp. 482-484, Madrid, Spain.
- BALDASSARRE T., BOFFOLI N., CAIVANO D., VISAGGIO G., 2004, "Managing Software Process Improvement (SPI) through Statistical Process Control (SPC)", In: Proceedings of 5th International Conference on Product Focused Software Process Improvement (PROFES'04), pp. 30-46.
- BALDASSARRE, M.T.; BOFFOLI, N.; CAIVANO, D.; VISAGGIO, G., 2005, "Improving dynamic calibration through statistical process control", In: Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Software Maintenance Software Maintenance ( ICSM'05), pp. 273- 282.
- BASIL, V., ROMBACH, H., 1988, "The Tame Project: Towards Improvement-Oriented Software Environments", *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 14, n. 6, pp. 758-773.
- BOFFOLI, N., 2006, "Non-Intrusive Monitoring of Software Quality". In: Proceedings of the Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR'06), pp. 319-322, Bari, Italy.
- BUDGEN, D., TURNER, X., BRERETON, P., KITCHENHAM, B., "Using mapping studies in software engineering", in: Proceedings of Psychology of Programming Interest Group, Lancaster University, pp. 195-204, 2008.
- CARD, D., DOMZALSKI, K., DAVIES, G., 2008, "Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization", *IEEE Software*, v. 25, n. 3, pp. 37-47.

- CAIVANO, D., 2005, "Continuous Software Process Improvement through Statistical Process Control". In: Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR '05), pp. 288-293, Manchester, UK.
- KIMURA M., FUJIWARA T., 2009, "A New Criterion for the Optimal Software Release Problems: Moving Average Quality Control Chart with Bootstrap Sampling", Communications in Computer and Information Science (CCIS), vol. 59, pp. 280-287.
- KITCHENHAM, B., CHARTERS, S., 2007, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering", EBSE Technical Report, EBSE-2007-01, Version 2.3.
- 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, 17(2), pp. 84-95.
- SANTA ISABEL, S. L., 2011, Seleção de Abordagens de Teste para Aplicações Web. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.



# APÊNDICE II – *SURVEY* DA PRIMEIRA VERSÃO DO PROCESSO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO

## II.1 Introdução

A partir da revisão da literatura, foi possível identificar e organizar um conjunto de atividades necessárias para executar a análise de desempenho de processos (ADP) de software. Uma vez que a identificação destas atividades foi realizada a partir do estudo da pesquisadora em artigos, livros e teses, e foi verificado que não há informações suficientemente detalhadas na literatura (TARHAN e DEMIRÖRS, 2006), percebeu-se a necessidade de avaliar estes achados da literatura com especialistas no assunto.

Desta forma, um *survey* (ou pesquisa de opinião) foi planejado e executado, a fim de avaliar a primeira versão do processo proposto para ADP. Este apêndice tem o objetivo de apresentar o planejamento, a execução e os resultados obtidos com a execução deste *survey*.

Um *survey* é um tipo de estudo experimental por meio do qual a informação é coletada, geralmente, a partir do uso de um questionário. De acordo com WOHLIN *et al.* (2000), o *survey* é uma investigação baseada em retrospecto que obtém a informação necessária através da aplicação de um questionário distribuído a uma amostra representativa da população a ser estudada.

O *survey* deste trabalho foi planejado e conduzido seguindo o processo proposto por KITCHENHAM e PFLEEGER (2008) e MENDONÇA (2005). Segundo este processo, o *survey* deve ser aplicado seguindo as seguintes atividades: (i) definição do objetivo – detalhado na Seção II.2; (ii) planejamento – detalhado na Seção II.3; (iii) projeto de instrumento – detalhado na Seção II.3.1; (iv) execução – detalhado na Seção II.4; e (v) análise dos dados – detalhado na Seção II.5.

## II.2 Definição dos objetivos

O objetivo da execução deste *survey* foi avaliar se as atividades identificadas são adequadas e necessárias para executar a ADP em uma organização de desenvolvimento de software de acordo com a percepção de especialistas na área. A avaliação de cada atividade foi realizada com relação aos seguintes aspectos:

- Grau de dificuldade que as organizações possuem ao executar a atividade; e

- Grau de importância de se ter um apoio de um especialista para executar a atividade.

A partir desta avaliação, almejava-se verificar se as atividades apresentadas eram, de fato, adequadas e necessárias para a execução da ADP de software e em que grau de importância era necessário ter o apoio de um especialista. Posteriormente, esta avaliação daria subsídios para a identificação de requisitos para uma solução que auxilie as organizações de desenvolvimento de software nestas atividades.

Além da avaliação das atividades identificadas na literatura, os especialistas poderiam opinar sobre a necessidade de outras atividades que considerassem importantes para a execução da ADP, citando outras atividades. Além disto, poderiam opinar sobre a sequência destas atividades, bem como a dependência entre elas, sugeridas pela pesquisadora.

A descrição do objetivo deste estudo segundo a abordagem GQM (BASILI e ROMBACH, 1988) encontra-se na Tabela II.1.

**Tabela II.1** – Descrição do objetivo do estudo (*survey*)

<b>Analisar</b>	Um conjunto inicial de atividades necessárias para executar a ADP de software
<b>Com propósito de</b>	Caracterizar as atividades, sua sequência e dependências
<b>Com respeito ao</b>	Grau de dificuldade de execução e grau de importância do apoio de um especialista
<b>Do ponto de vista de</b>	Especialistas em ADP de software
<b>No contexto de</b>	Organizações de desenvolvimento de software

A partir da definição do objetivo do *survey*, foi possível formular as questões a serem respondidas pelo estudo, a saber:

- (Q1) Quais são as atividades necessárias para executar a ADP de software?
- (Q2) Qual o grau de dificuldade que organizações de desenvolvimento de software possuem ao executar as atividades da ADP?
- (Q3) Qual o grau de importância do apoio de um especialista durante a execução das atividades da ADP de software?
- (Q4) Qual a sequência das atividades da ADP de software?
- (Q5) Qual a dependência entre as atividades da ADP de software?

### **II.3 Planejamento**

Após a definição do objetivo do *survey*, é necessário planejar como este estudo será conduzido. Seguindo a classificação proposta por WOHLIN *et al.* (2000), este

estudo é **off-line**, ou seja, não houve um monitoramento contínuo dos participantes durante o preenchimento do questionário que foi respondido pelo participante no seu próprio tempo e ambiente. Os participantes são **profissionais** que possuem conhecimento e experiência em ADP, seja por meio da implementação de suas práticas ou por meio da avaliação destas práticas segundo algum modelo de maturidade (CMMI-DEV ou MR-MPS-SW).

Ainda seguindo a classificação de WOHLIN *et al.* (2000), o estudo é **modelado**, uma vez que as atividades da ADP foram avaliadas utilizando-se notas subjetivas, e não durante a resolução de um problema real. E, por fim, o contexto do estudo é **específico**, pois foi realizado para o contexto específico das organizações de software.

A seleção dos participantes foi baseada em princípios não probabilísticos, sendo a população alvo do estudo tendo sido determinada por conveniência. Os participantes foram selecionados a partir de sua experiência em ADP de software. No contexto brasileiro, há poucas pessoas com esta experiência; portanto, o número de participantes neste estudo é conhecidamente reduzido. Como a ADP é, geralmente, implementada por organizações que desejam atingir a alta maturidade em modelos de maturidade, e no contexto brasileiro, o modelo MR-MPS-SW (SOFTEX, 2016a) é referência, os seguintes critérios foram adotados para identificar os participantes do estudo:

- Avaliadores do MR-MPS-SW experientes;
- Avaliadores do MR-MPS-SW intermediários aptos a avaliarem níveis de alta maturidade;
- Implementadores de organizações que possuem (ou que estão se preparando para) o nível A ou B do MR-MPS-SW;
- Membros dos grupos de processos das organizações que possuem (ou que estão se preparando para) o nível A ou B do MR-MPS-SW.

A partir da identificação dos participantes, o questionário do *survey* (descrito a seguir), foi enviado por e-mail para os participantes requisitando seu preenchimento.

### **II.3.1 Projeto do instrumento**

Para coletar a opinião dos especialistas sobre as atividades necessárias para executar a ADP, um questionário foi projetado. Este questionário foi elaborado em um editor de texto (MS-Word) e enviado por e-mail aos participantes.

O questionário é composto por três partes. Na primeira parte, uma breve caracterização do participante é realizada a fim de identificar a experiência do participante em ADP de software.

A segunda parte do questionário tem o objetivo de avaliar as atividades necessárias para executar a ADP de software com base na opinião do participante sob dois aspectos: (i) grau de dificuldade que as organizações de software possuem para executar estas atividades e (ii) grau de importância do apoio de um especialista para auxiliar esta execução.

Nesta parte, as atividades identificadas como necessárias para a execução da ADP de software foram apresentadas, conforme apresentado na Tabela 4.1.

Tanto o grau de dificuldade como o grau de importância foram avaliados seguindo uma escala de Likert, sem o item ou ponto neutro. Esta escolha foi feita, pois alguns estudos indicam que a existência do item neutro pode gerar ambiguidade e indiferença do participante, não condizendo com sua verdadeira opinião (VIEIRA e DALMORO, 2008). Desta forma, foi utilizada a escala: muito baixo, baixo, alto e muito alto.

Ainda nesta parte do questionário, é apresentada uma questão aberta permitindo que o participante acrescente outras atividades que considere necessárias para executar a ADP ou sugira alterações nas atividades apresentadas.

A terceira parte do questionário tem o objetivo de obter a opinião dos participantes sobre a sugestão apresentada da sequência das atividades para ADP, bem como da dependência entre elas. As atividades são apresentadas por meio de uma figura, na qual a sequência das atividades é representada por uma numeração em ordem crescente sobre cada atividade; sendo que os números que estão seguidos de letras representam que as respectivas atividades podem ser executadas em paralelo com outras atividades que possuem a mesma numeração. Já a dependência é representada pelas setas, indicando que a atividade anterior foi totalmente concluída antes de se iniciar a atividade seguinte.

Esta parte do questionário é composta por duas questões abertas. A primeira questão permite que o participante indique sua concordância ou discordância sobre a sequência e/ou a dependência das atividades sugeridas na figura. A segunda questão permite que o participante faça demais comentários, críticas e/ou sugestões sobre o estudo como um todo.

O questionário completo enviado aos participantes é apresentado na Seção II.6.

### **II.3.2 Estudo piloto**

Após a construção do questionário, um estudo piloto foi executado para avaliar a viabilidade do questionário, verificando se as questões formuladas estão adequadas e se cumprem seu propósito.

Devido ao número reduzido da população alvo, decidiu-se realizar o estudo piloto do questionário com pessoas que não estão na população alvo (selecionadas a partir dos critérios adotados), mas que poderiam opinar sobre a viabilidade do questionário. Para tanto, foram selecionados três participantes: dois deles eram alunos de mestrado do mesmo grupo de pesquisa da autora deste trabalho e que estavam envolvidos diretamente nele; a outra pessoa participante possui o título de doutor e defendeu sua tese na mesma área de pesquisa deste trabalho.

Os participantes do estudo piloto foram contatados por e-mail e foram solicitados a preencherem o questionário do *survey*. Juntamente com o preenchimento do questionário, foi solicitado aos participantes que avaliassem o questionário a partir de critérios enviados em um formulário à parte, para que a avaliação fosse objetiva. As seguintes informações e critérios foram preenchidos pelos participantes:

- Qual foi o tempo gasto no preenchimento do *survey* (em minutos)?
- As questões apresentadas no *survey* estão claras e foram bem compreendidas?
- O layout do *survey* e a disposição das questões estão adequados?
- As instruções do *survey* estão adequadas e consistentes?
- Você possui alguma sugestão/crítica relacionada ao *survey*?

A partir destes critérios, os participantes do estudo piloto identificaram diversas melhorias para o questionário, dentre elas: melhor disposição das questões, correção na formatação das questões e inconsistência de informações entre as questões.

Com base nas melhorias identificadas, uma nova versão do questionário foi elaborada e enviada ao público-alvo do *survey*.

## **II.4 Execução**

A partir dos critérios adotados para identificar o público-alvo do estudo (apresentados na Seção II.3), foram identificados 10 possíveis participantes. Esta identificação foi realizada a partir de buscas no site do programa MPS.BR (<http://www.softex.br/mpsbr>), no qual são registrados os avaliadores credenciados do modelo de acordo com seu nível de experiência, os implementadores credenciados, e as

organizações que foram avaliadas com sucesso de acordo com os níveis do modelo, indicando os membros da organização que participaram das avaliações.

No site foram identificados cinco avaliadores experientes, ou seja, que estão habilitados para realizarem avaliações em qualquer nível do MR-MPS-SW, incluindo os níveis B e A. Destes, dois deles estão diretamente envolvidos nesta pesquisa (como orientador e co-orientador) e, portanto, foram excluídos do público-alvo para minimizar o viés do estudo. Também a partir do site foram verificadas as organizações que possuem avaliação válida nos níveis B ou A do MR-MPS-SW. No momento deste estudo, havia somente uma organização que possuía o nível A do MR-MPS-SW; a partir da publicação da avaliação foram identificados três membros da organização que participaram desta avaliação.

Além da busca no site do MPS.BR, foram consideradas dentro do escopo do estudo, as organizações e seus implementadores que estavam participando de estudos pilotos para o nível B do MR-MPS-SW, promovido pela Softex. Foram duas organizações identificadas neste contexto e seus respectivos implementadores (um em cada organização) e membros das organizações. No entanto, para uma das organizações identificadas não foi possível estabelecer contato com os membros da organização (foi estabelecido contato somente com seu implementador).

Um e-mail foi enviado para cada um dos 10 possíveis participantes, descrevendo o objetivo do estudo e solicitando a colaboração com o preenchimento do questionário que foi enviado em anexo. Dos 10 possíveis participantes, 5 responderam. A relação entre a quantidade de possíveis participantes e a quantidade daqueles que responderam ao questionário, por perfil, é apresentado na Tabela II.2. Apesar do número reduzido de participantes, como a população-alvo é reduzida, considerou-se que o estudo obteve respostas de um grupo representativo da população.

**Tabela II.2** – Quantidade de participantes por perfil

<b>Perfis</b>	<b># possíveis participantes</b>	<b># responderam</b>
Avaliadores MR-MPS experientes	3	1
Avaliadores MR-MPS intermediários aptos a avaliarem níveis A ou B	1	1
Implementadores nível A ou B	2	1
Membros de organizações nível A ou B (concluído ou em preparação)	4	2
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>5</b>

Após o envio do questionário preenchido pelos participantes, as respostas foram catalogadas e analisadas, conforme apresentado na seção a seguir.

## II.5 Análise dos dados

Como a população-alvo do estudo é muito reduzida, optou-se por incluir na análise as respostas de um dos participantes do estudo-piloto, pois o conteúdo do questionário utilizado no estudo-piloto não foi modificado de forma significativa para a versão final utilizada no estudo. Além disso, apesar de este participante não ter experiência prática em avaliações ou implementações na alta maturidade, é um dos poucos em possuir doutorado na área da ADP de software no Brasil.

A análise dos dados buscou responder às questões do estudo apresentadas na Seção II.2. As subseções a seguir apresentam esta análise agrupando algumas das questões do estudo, além da apresentação da caracterização dos participantes.

### II.5.1 Caracterização dos participantes

A análise dos dados iniciou-se com a catalogação das informações sobre a caracterização dos participantes, obtida a partir das respostas fornecidas na primeira parte do questionário. A caracterização dos participantes (exceto do participante P6 que foi incluído à parte, pois não possui experiência prática) é apresentada na Tabela II.3.

**Tabela II.3** – Caracterização dos participantes

Característica	P1	P2	P3	P4	P5
<b>Participação em avaliação em alta maturidade</b>	CMMI nível 4 nível 5	CMMI nível 4 nível 5	MPS nível A CMMI nível 5	Não	MPS nível A CMMI nível 5
<b>Função na avaliação</b>	Membro do time	<i>Lead Appraiser</i>	Avaliador adjunto	-	Representante da empresa
<b>Participação em implementação em alta maturidade</b>	MR-MPS nível B CMMI nível 5	Não	MPS nível A	MPS nível B	MPS nível A CMMI nível 5
<b>Função na implementação</b>	Consultor	-	Coordenador da Fábrica de Software	Membro do grupo de processos	Consultor
<b>Áreas de processo/ Atributos de processos</b>	CMMI QPM, OPP, CAR	CMMI QPM, OPP, CAR, OPM	MR-MPS AP 4.2	MR-MPS AP 4.1, AP 4.2, GPR (nível B)	MR-MPS AP 4.1, AP 4.2, GPR (nível B) CMMI QPM, OPP

Como pode ser observado na Tabela II.3, os participantes possuem diversos perfis. Três participantes possuem experiência tanto em avaliações como em implementações de alta maturidade; um participante possui experiência somente em avaliações; e outro possui experiência somente em implementação. Cada participante assumiu uma função durante a avaliação ou implementação, o que pode indicar o seu nível de experiência: o *Lead Appraiser* (ou avaliador líder) é a pessoa responsável pela avaliação no contexto do CMMI e, portanto, deve ter experiência em todos os processos que estão no escopo da avaliação; o avaliador adjunto é a pessoa que auxilia o avaliador líder no contexto de uma avaliação MR-MPS-SW; já o membro do time (no contexto do CMMI) e o representante da empresa (no contexto do MR-MPS-SW) são pessoas da organização que está sendo avaliada que auxiliam os avaliadores na interpretação dos resultados apresentados pela organização. Estes últimos participantes, que pertencem a uma organização, são denominados profissionais da indústria (ou *practitioners*) neste estudo.

Além da função exercida na avaliação e implementação, é importante saber quais áreas de processo (no contexto do CMMI) ou atributos de processo (no contexto do MR-MPS-SW) os participantes já avaliaram ou implementaram. No contexto do CMMI, as áreas de processo relacionadas à alta maturidade são: QPM (*Quantitative Project Management*) e OPP (*Organizational Process Performance*), ambas pertencentes ao nível 4; e CAR (*Causal Analysis and Resolution*) e OPM (*Organizational Performance Management*), ambas pertencentes ao nível 5. No contexto do MR-MPS-SW, não há novos processos relacionados à alta maturidade; há somente a evolução do processo GPR (Gerência de Projetos) e os atributos de processo 4.1 (O processo é medido) e 4.2 (O processo é controlado), relacionados ao nível B; e os atributos de processo 5.1 (O processo é objeto de melhorias incrementais e inovações) e 5.2 (O processo é otimizado continuamente), ambos relacionados ao nível A.

A informação sobre caracterização dos participantes foi importante para direcionar a análise das respostas. No entanto, a análise não se baseou em uma categorização dos participantes em níveis de experiência, pois devido ao processo de ADP envolver diversas variáveis e conhecimento em várias áreas (estratégica, medição, estatística etc.), não foi possível caracterizar os participantes neste nível de detalhe. Portanto, as respostas de todos os participantes envolvidos foram consideradas igualmente importantes.



## II.5.2 Avaliação das Atividades para ADP e seus Graus de Dificuldade e de Importância de Apoio

Esta subseção descreve a análise realizada para as respostas obtidas na segunda parte do questionário do *survey*, que trata da avaliação do grau de dificuldade de execução das atividades da ADP e do grau de importância do apoio de um especialista para auxiliar sua execução, além de verificar se as atividades apresentadas são adequadas para a ADP. Esta análise busca responder às questões Q1 (*Quais são as atividades necessárias para executar a ADP de software?*), Q2 (*Qual o grau de dificuldade que organizações de desenvolvimento de software possuem ao executar as atividades da ADP?*) e Q3 (*Qual o grau de importância do apoio de um especialista durante a execução das atividades da ADP de software?*).

Com relação à questão Q1, dois dos participantes disseram que consideram as atividades apresentadas adequadas, não sendo necessária nenhuma alteração; um dos participantes não opinou; e três participantes forneceram sugestões para a alteração das atividades apresentadas ou para a inclusão de novas atividades. As principais sugestões foram:

- Detalhar mais as atividades, considerando uma visão de negócio; ou seja, auxiliar a organização a identificar o que é importante e quais são os benefícios para ela;
- Alterar a atividade “Selecionar subprocessos críticos” para incluir a identificação de indicadores críticos; o subprocesso crítico seria identificado a partir da seguinte sequência: indicador crítico -> atividades críticas que influenciam o indicador crítico -> subprocesso crítico que contém as atividades críticas em questão;
- Alterar o nome da atividade “Identificar e realizar ações corretivas para estabilizar o processo”, pois nem todas as ações tem caráter “corretivo” (pode não ter nada errado);
- Alterar a atividade “Selecionar método apropriado”, pois deve-se considerar outras questões para seleção do método mais apropriado, como por exemplo, viabilidade em termos de custo e esforço, importância para a empresa etc.;
- Acrescentar atividades para apoiar a execução da análise de capacidade do processo, envolvendo a identificação de medidas/atributos que sejam relevantes tanto para a organização como para o cliente;
- Detalhar mais as atividades referentes à etapa “Verificar capacidade”, explicitando atividades que atualmente estão implícitas;

- Rever a necessidade da atividade “Comparar capacidade com objetivos quantitativos de qualidade e desempenho”, pois esta comparação já seria realizada na atividade “Determinar capacidade”;
- Adicionar atividades que envolvem a incorporação de novos dados de projetos (por exemplo, ao calibrar o modelo de desempenho estabelecido e na monitoração da estabilidade).

A seguir, para cada etapa da ADP, são apresentados os gráficos que sintetizam as respostas dos participantes com relação ao grau de dificuldade que as organizações possuem ao executar cada atividade e ao grau de importância de apoio de especialista para executar a atividade, respondendo às questões Q2 e Q3. Inicialmente, esperava-se que quanto maior o nível de dificuldade percebido nas organizações ao executar uma atividade, maior seria a importância do apoio de um especialista para auxiliar a execução desta atividade. No entanto, como pode ser verificado nos gráficos a seguir, este relacionamento não é sempre verdadeiro. Pode-se deduzir que, além da falta de conhecimento para executar as atividades, as organizações parecem carecer de outros recursos, tais como: ferramentas apropriadas, incentivo e apoio por parte da alta direção, dados que permitam a execução da atividade, dentre outros. No entanto, a partir dos resultados deste *survey*, não é possível fazer tais afirmações. Neste caso, são necessárias novas pesquisas para verificar estes indícios e estabelecer relacionamentos confiáveis.

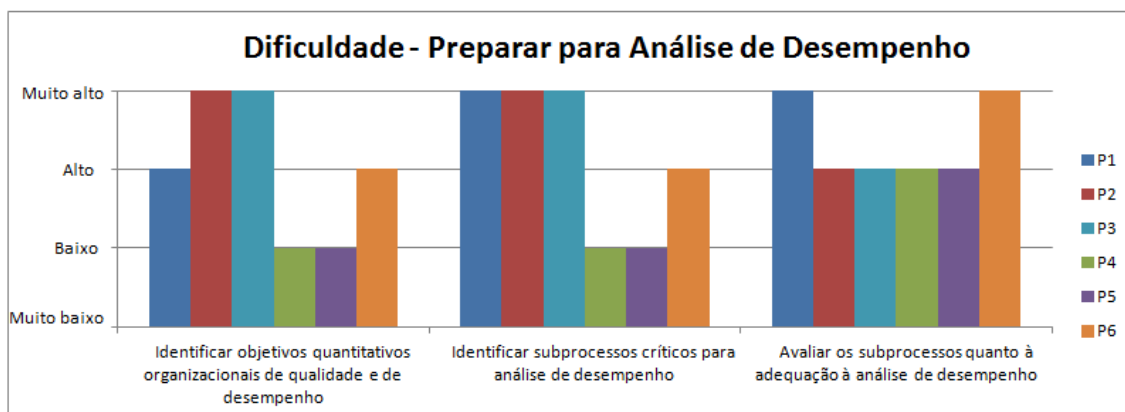
Cabe ressaltar que um dos participantes informou que para responder os graus das etapas “Verificar Estabilidade”, “Verificar Capacidade” e “Estabelecer Modelos de Desempenho” considerou o uso de ferramentas (tais com o Minitab e o CrystallBall) que, de acordo com o participante, minimizam a necessidade de conhecimento muito aprofundado sobre estatística.

Além disto, para as atividades das etapas “Verificar Capacidade” e “Monitorar Capacidade”, um dos participantes (P2) preferiu não opinar sobre os graus de dificuldade e de importância de apoio, pois considerou que estas atividades não foram detalhadas em um nível adequado para este tipo de avaliação.

### **II.5.2.1 Etapa “Preparar para Análise de Desempenho”**

Para as atividades que compõem a etapa “Preparar para Análise de Desempenho”, pode-se verificar no gráfico apresentado na Figura II.1, indícios de que a maioria dos participantes que possuem experiência em avaliação e/ou consultoria considera o grau de dificuldade de execução destas atividades “muito alto” ou “alto”,

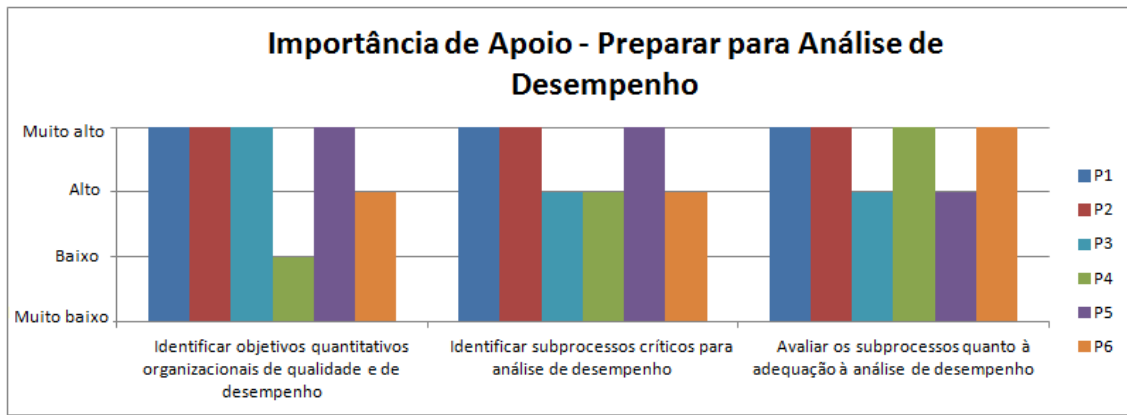
enquanto os participantes que são profissionais da indústria consideram estas atividades com grau de dificuldade “alto” (uma atividade) ou “baixo” (duas atividades).



**Figura II.1** – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Preparar para Análise de Desempenho”

Como estas atividades estão mais relacionadas ao planejamento estratégico da organização e aos seus desdobramentos, há duas interpretações possíveis para este resultado: (i) as organizações, de fato, não possuem dificuldade em realizar estas atividades, como informado pelos profissionais da indústria ou (ii) as organizações acreditam realizar estas atividades sem grandes dificuldades, embora as evidências verificadas pelos avaliadores/implementadores indiquem que estas atividades muitas vezes não são realizadas corretamente ou são realizadas de maneira superficial. Vale ressaltar, no entanto, que o grau de dificuldade da atividade “Avaliar os subprocessos quanto à adequação à análise de desempenho” foi considerado por todos os participantes como “muito alta” ou “alta”.

Com relação ao grau de importância de apoio, como pode ser observado no gráfico da Figura II.2, houve certo consenso entre os participantes de que o grau de importância do apoio para estas atividades é “muito alto” ou “alto” (somente um participante (profissional da indústria) indicou uma atividade com baixo grau de importância de apoio).

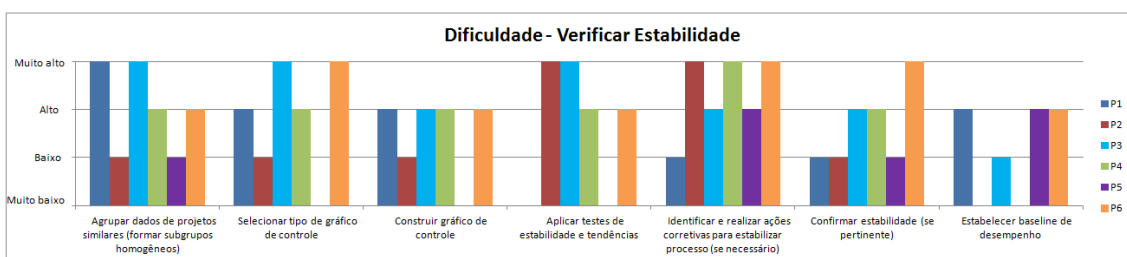


**Figura II.2** – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Preparar para Análise de Desempenho”

Este resultado contraria, em partes, a suposição inicialmente estabelecida: quanto maior o grau de dificuldade em se executar as atividades, maior o grau de importância de apoio de um especialista para realizar estas atividades. Nas atividades de desta etapa isto ficou evidente principalmente com as respostas dos participantes com uma caracterização mais voltada para a indústria: enquanto, de uma forma geral, eles consideram as atividades com baixo grau de dificuldade, eles consideram o grau de importância de apoio de um especialista nestas atividades muito alto ou alto. A partir das informações obtidas por este *survey*, não foi possível analisar a justificativa para estas respostas. No entanto, novas pesquisas poderiam ser realizadas a fim de identificar possíveis relacionamentos entre estas respostas.

### II.5.2.2 Etapa “Verificar Estabilidade”

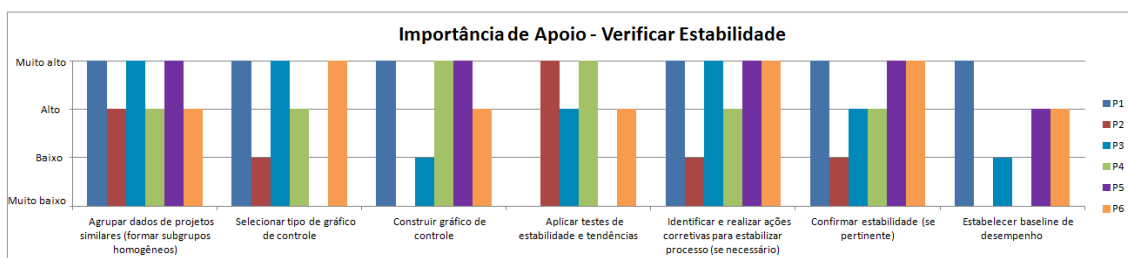
Para as atividades da etapa “Verificar Estabilidade”, não foi possível identificar um padrão nas respostas dos participantes com relação ao grau de dificuldade em se executar estas atividades; como pode ser observado no gráfico da Figura II.3, as respostas variam muito de participante para participante, independente de sua caracterização/experiência. Além disso, dois participantes não atribuíram o grau de dificuldade para a atividade “Aplicar testes de estabilidade e tendências”, o que prejudicou a interpretação correta deste resultado.



**Figura II.3** – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Verificar Estabilidade”

De uma forma geral, pode-se verificar que as atividades “Agrupar dados de projetos similares”, “Selecionar tipo de gráfico”, “Aplicar testes de estabilidade e tendências” e “Identificar e realizar ações corretivas para estabilizar processo” possuem um grau de dificuldade mais elevado do que as demais atividades. Estas atividades exigem conhecimento em técnicas da ADP, bem como conhecimento dos dados e dos processos da organização, a fim de permitir a correta tomada de decisão. Sendo assim, os dados indicam que as organizações eventualmente podem não possuir conhecimento ou apoio ferramental adequado para a execução destas atividades. Por outro lado, as demais atividades “Construir gráfico de controle”, “Confirmar estabilidade” e “Estabelecer *baseline* de desempenho” são tarefas automatizadas que, uma vez feita a decisão anteriormente, não precisam de um raciocínio mais complexo para serem executadas.

Com relação ao grau de importância do apoio, apresentado no gráfico da Figura II.4, novamente não houve um padrão nas respostas dos participantes a partir do qual uma análise mais focada pudesse ser realizada de acordo com os perfis dos participantes. Assim como nas atividades da etapa “Preparar para Análise de Desempenho”, o grau de importância de apoio não condiz com as respostas dadas no grau de dificuldade conforme a suposição inicialmente estabelecida. Pode-se verificar, por exemplo, o participante P5 para a atividade “Construir gráfico de controle” considerou “muito baixo” seu grau de dificuldade e, por sua vez, considerou “muito alto” seu grau de importância de apoio. Seriam necessárias novas pesquisas para entender esta caracterização.



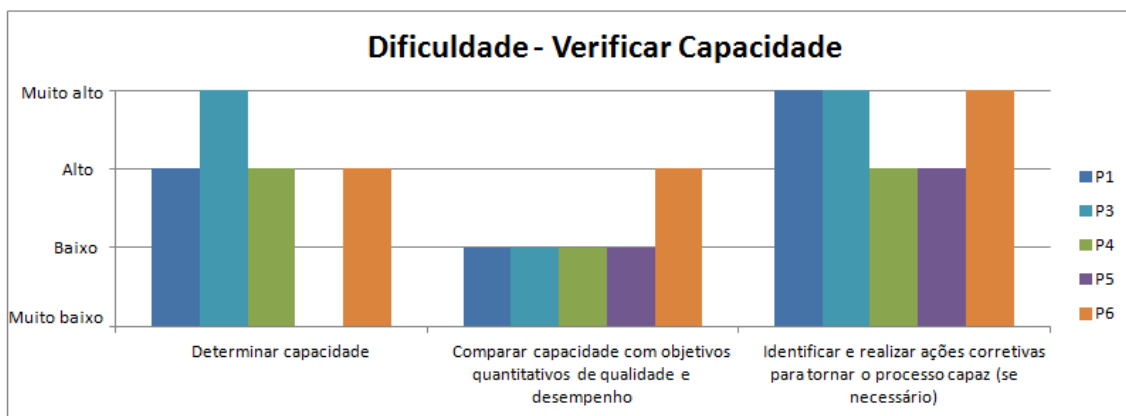
**Figura II.4** – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Verificar Estabilidade”

De uma forma geral, os participantes consideraram “muito alto” ou “alto” o grau de importância de apoio dos especialistas para estas atividades (exceto para a atividade “Estabelecer *baseline* de desempenho”). Pode-se entender esta constatação uma vez que estas atividades envolvem muito conhecimento técnico sobre a ADP, englobando identificação da distribuição dos dados, categorização dos dados a partir das

características relevantes dos projetos, a escolha do gráfico de controle de acordo com as características dos dados, a identificação das causas especiais por meio da aplicação dos testes de estabilidade e de tendências, a identificação das causas e suas ações corretivas etc.

### II.5.2.3 Etapa “Verificar Capacidade”

Conforme exibido no gráfico da Figura II.5, para as atividades da etapa “Verificar Capacidade”, de um modo geral, os participantes consideraram que as atividades “Determinar capacidade” e “Identificar e realizar ações corretivas para tornar o processo capaz” possuem o grau de dificuldade “muito alto” ou “alto”, enquanto a atividade “Comparar capacidade com objetivos quantitativos” foi considerada pela maioria dos participantes com baixo grau de dificuldade.

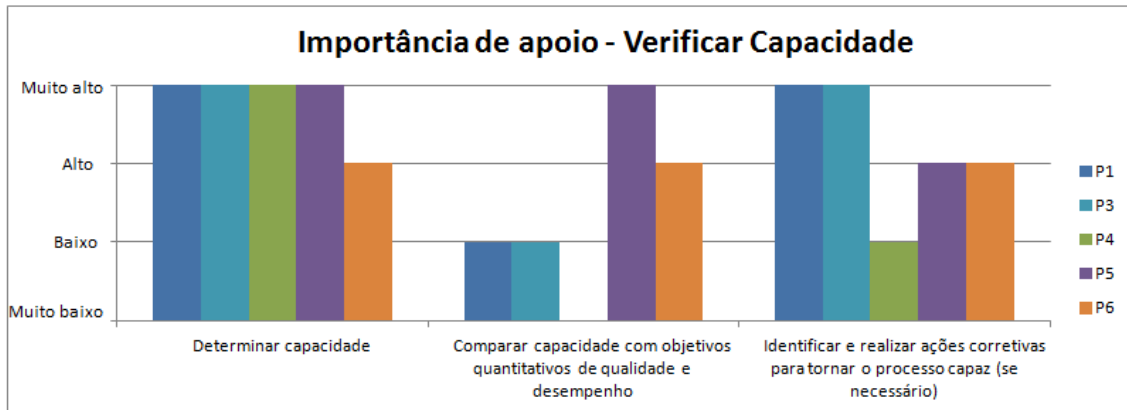


**Figura II.5** – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Verificar Capacidade”

Assim como na análise das atividades da etapa “Verificar Estabilidade”, uma possível interpretação para este resultado é que a primeira e a terceira atividades da etapa “Verificar capacidade” necessitam de conhecimento específico sobre como calcular a capacidade do processo e sobre como decidir que ações corretivas são adequadas para um determinado contexto. Por outro lado, a atividade “Comparar capacidade com objetivos quantitativos” não requer raciocínio aprofundado para ser executada.

Com relação ao grau de importância de apoio, de uma forma geral, as respostas seguiram a suposição inicial da pesquisa: as atividades com grau de dificuldades mais alto possuem grau de importância de apoio maior. Desta forma, o grau de importância de apoio das atividades “Determinar capacidade” e “Identificar e realizar ações corretivas para tornar o processo capaz” foi considerado, de uma forma geral, muito alto

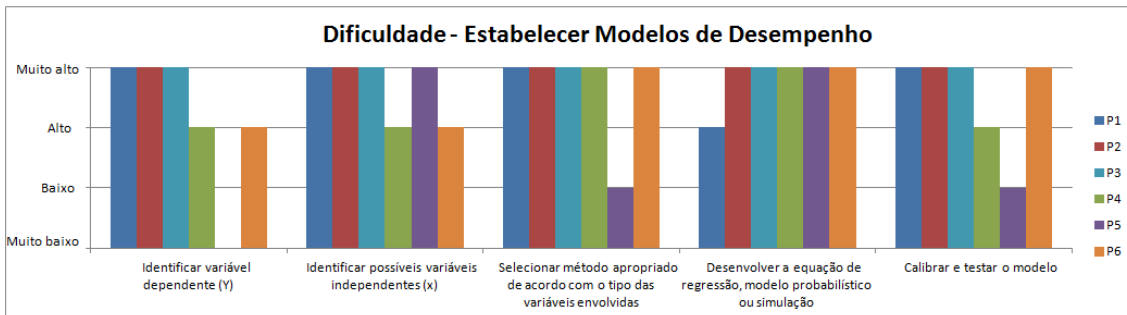
ou alto. O grau de importância de apoio destas atividades é apresentado no gráfico exibido na Figura II.6.



**Figura II.6** – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Verificar Capacidade”

#### II.5.2.4 Etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho”

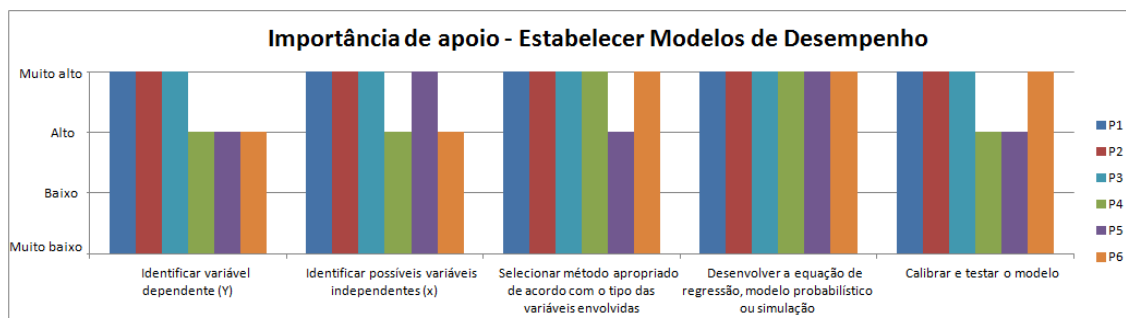
Para as atividades da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho” houve certo consenso entre todos os participantes que estas atividades possuem um grau de dificuldade muito alto na maioria das vezes, conforme mostra a Figura II.7.



**Figura II.7** – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho”

Estas respostas vêm de encontro com percepções e experiências relatadas por alguns especialistas que relatam que a construção de modelos de desempenho que sejam úteis para as organizações é a atividade mais difícil e demorada dentre as atividades da ADP. Esta dificuldade também pode ser explicada pela falta de informações e relatos práticos na literatura. O estabelecimento dos modelos de desempenho é o objetivo final da ADP, de forma que possam ser utilizados na gerência quantitativa dos projetos. Desta forma, esta atividade depende que as atividades anteriores da ADP tenham sido realizadas adequadamente. Além disto, um fator complicador é que o estabelecimento do modelo de desempenho exige diversas interações no processo de ADP até que um modelo esteja estabelecido.

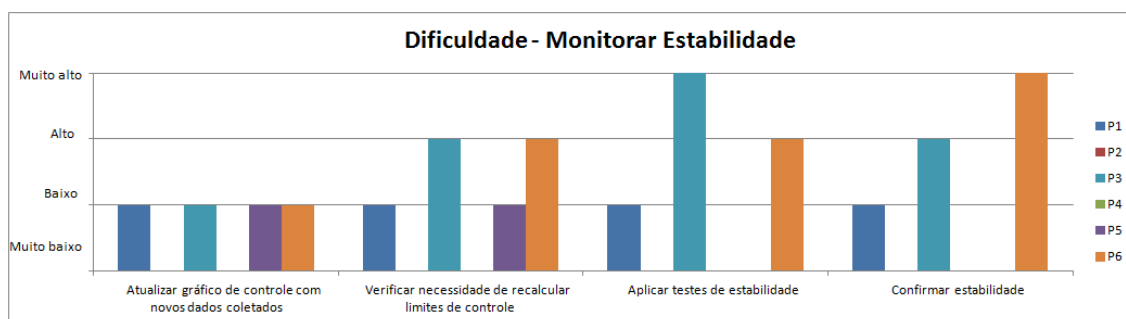
Com relação ao grau de importância de apoio, apresentado no gráfico da Figura II.8, é consenso entre os participantes do *survey* que estas atividades possuem grau muito alto (na sua maioria) ou alto. Estas atividades foram consideradas pelos participantes como as que possuem maior necessidade de um apoio especializado.



**Figura II.8** – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Estabelecer Modelos de Desempenho”

### II.5.2.5 Etapa “Monitorar Estabilidade”

Para as atividades da etapa “Monitorar Estabilidade”, em geral, os participantes consideram baixo seu grau de dificuldade, como mostra o gráfico da Figura II.9.

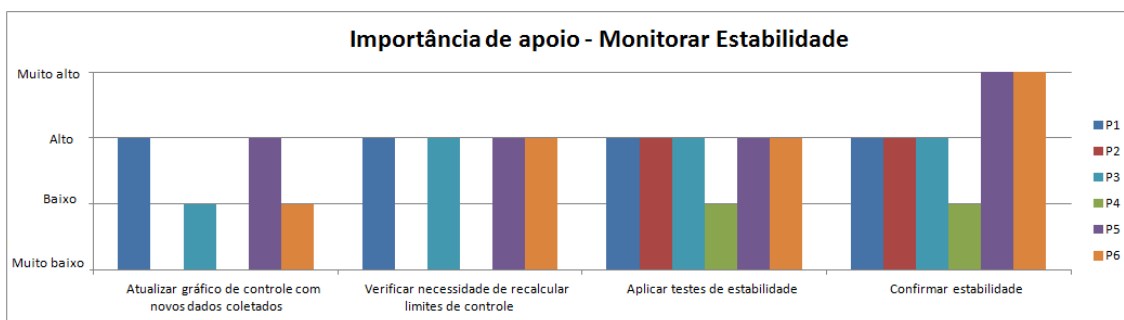


**Figura II.9** – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Monitorar Estabilidade”

Esta percepção pode ser explicada por estas atividades serem, em boa parte, uma repetição das atividades já executadas pela organização na etapa “Verificar Estabilidade”. Portanto, após a execução das atividades na etapa “Verificar Estabilidade”, o responsável pela execução destas atividades já teria certo conhecimento prévio.

No entanto, com relação ao grau de importância de apoio, de uma forma geral os participantes consideram que as atividades desta etapa possuem necessidade de apoio de especialistas (conforme apresenta a Figura II.10), o que mais uma vez contraria o pressuposto inicial da pesquisa. A partir dos dados deste *survey* não foi possível inferir possíveis causas para estas respostas. Novos estudos precisariam ser realizados para identificar os reais motivos.

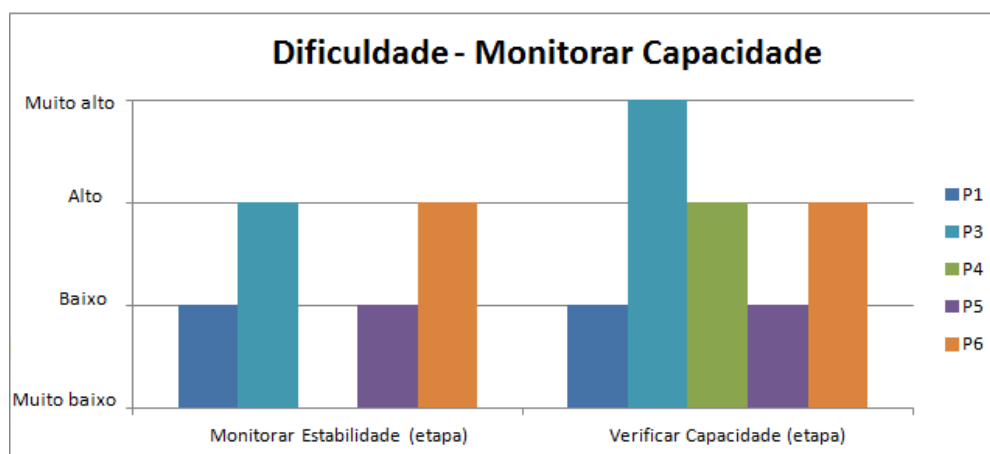




**Figura II.10** – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Monitorar Estabilidade”

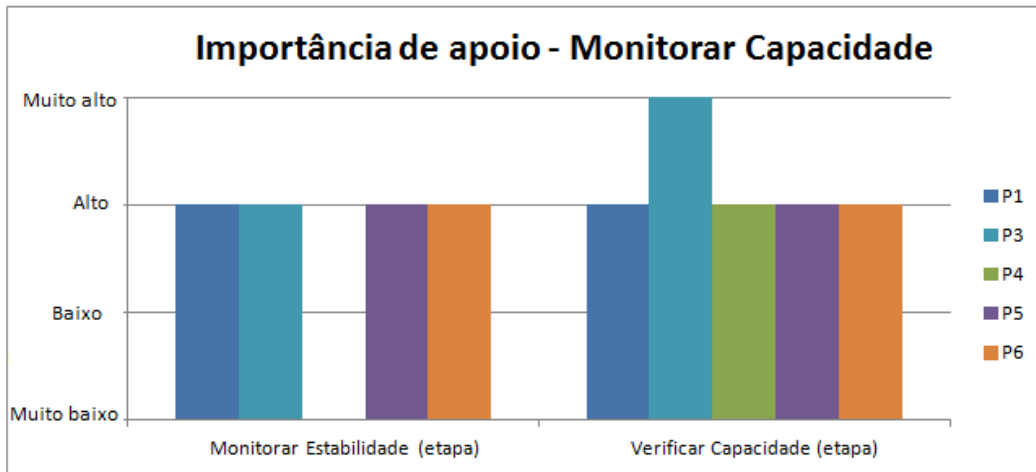
### II.5.2.6 Etapa “Monitorar Capacidade”

Como esta etapa é composta por atividades de etapas anteriores, o grau de dificuldade de execução destas atividades pode ser visto como uma agregação dos graus de dificuldade atribuídos pelos participantes. Verifica-se que não há um consenso entre os participantes sobre o grau de dificuldade destas atividades, mas de uma forma geral o grau de dificuldade varia entre “baixo” e “alto”, conforme é exibido na Figura II.11.



**Figura II.11** – Avaliação do grau de dificuldade da etapa “Monitorar Capacidade”

Com relação ao grau de importância de apoio, a maioria dos participantes considera alto este grau, conforme o gráfico da Figura II.12. No entanto, um dos participantes contrariou de forma significativa a opinião dos demais, ao considerar muito baixo o grau de importância de apoio.



**Figura II.12** – Avaliação do grau de importância de apoio da etapa “Monitorar Capacidade”

### II.5.3 Avaliação da Sequência e da Dependência entre as Atividades

Esta subseção apresenta a análise realizada a partir das respostas obtidas na terceira parte do questionário do *survey*, visando avaliar a sequência sugerida para as atividades da ADP, bem como as dependências sugeridas entre estas atividades. Esta análise busca responder às questões do estudo Q4 (*Qual a sequência das atividades da ADP de software?*) e Q5 (*Qual a dependência entre as atividades da ADP de software?*).

Nesta parte do *survey*, todos os participantes opinaram e sugeriram alguma alteração na sequência das atividades ou na dependência entre as atividades sugeridas. As seguintes sugestões foram apresentadas:

- Apresentar com clareza o retorno existente entre as etapas “Preparar para Análise de Desempenho”, “Verificar Estabilidade” e “Estabelecer Modelos de Desempenho”, uma vez que é necessário (i) identificar e confirmar (por meio de métodos analíticos e/ou estatísticos) os relacionamentos existentes entre as medidas que compõem o modelo de desempenho, (ii) verificar se estas medidas estão prontas para a ADP, e (iii) estabilizar o subprocesso por meio destas medidas;
- Representar melhor a iteratividade entre as atividades;
- Verificar o paralelismo sugerido entre as etapas “Monitorar Estabilidade” e “Estabelecer Modelos de Desempenho”;
- Incluir um relacionamento entre as atividades “Aplicar testes de estabilidade e tendência” e “Identificar e realizar ações corretivas para estabilidade processo”, de forma a tratar cenários em que as ações corretivas para estabilizar o processo

implicam na mudança do processo e, portanto, novos valores precisam ser coletados antes que novos testes de estabilidade sejam realizados. Idem para a atividade “Identificar e realizar ações corretivas para capacidade”;

- Incluir uma decisão após a atividade “Avaliar os subprocessos quanto à adequação à análise de desempenho” para ser coerente quando verifica-se que as medidas não são adequadas para a ADP;
- Corrigir o fluxo da decisão entre as atividades “Confirmar estabilidade” e “Estabelecer *baseline* de desempenho”;
- Deixar explícita a decisão de construir um modelo de desempenho.

## **II.6 Questionário utilizado no *survey***

Esta subseção apresenta o questionário enviado aos participantes deste *survey*.

O questionário é composto por três partes. Na primeira parte, uma breve caracterização do participante é realizada a fim de identificar a experiência do participante em ADP de software.

A segunda parte do questionário tem o objetivo de avaliar as atividades necessárias para executar a ADP de software com base na opinião do participante sob dois aspectos: (i) grau de dificuldade que as organizações de software possuem para executar estas atividades e (ii) grau de importância do apoio de um especialista para auxiliar esta execução.

A terceira parte do questionário tem o objetivo de obter a opinião dos participantes sobre a sugestão apresentada da sequência das atividades para ADP, bem como da dependência entre elas.

## **Survey - Avaliação das Atividades para a Análise de Desempenho de Processos de Software**

Este *survey* tem como objetivo avaliar um conjunto de atividades identificadas como necessárias para executar a análise de desempenho de processos em uma organização de desenvolvimento de software. Esta pesquisa faz parte de uma tese de doutorado que visa apoiar as organizações de software a executarem a análise de desempenho de processos por meio de um ambiente baseado em conhecimento.

O *survey* está dividido em 3 partes (descritas a seguir) e o tempo estimado para preenchê-lo é de 20 minutos.

- Parte 1 – Breve caracterização do participante
- Parte 2 – Avaliação do grau de dificuldade de execução das atividades da análise de desempenho, bem como o grau de importância do apoio de um especialista para auxiliar sua execução
- Parte 3 – Avaliação da sequência das atividades e das dependências entre as atividades

Desde já agradecemos sua colaboração com a pesquisa.

Atenciosamente,

Natália Schots  
Ana Regina Rocha  
Gleison Santos

## Parte 1 – Caracterização do Participante

Preencha, por favor, os seguintes campos, informando sobre sua experiência em análise de desempenho de processos de software.

1) Você já participou de avaliações MR-MPS-SW nos nível B ou A , ou avaliações CMMI-DEV nos níveis 4 ou 5?

- Sim Qual?    MR-MPS Nível B    MR-MPS Nível A    CMMI Nível 4    CMMI Nível 5  
 Não

2) Se sim, qual(is) destas funções você já participou nestas avaliações?

- Avaliador Líder    Lead Appraiser    Avaliador Adjunto    Representante da Empresa    Membro do Time

3) Você já participou (ou está participando) de implementações MR-MPS-SW nos níveis B ou A, ou CMMI-DEV nos níveis 4 ou 5?

- Sim Qual?    MR-MPS Nível B    MR-MPS Nível A    CMMI Nível 4    CMMI Nível 5  
 Não

4) Se sim, em qual(is) destas funções você já participou nestas implementações?

- Consultor/Implementador Externo    Membro do Grupo de Processos    Outro (Especifique):

5) Qual(is) destas áreas de processos/atributos de processo você avaliou e/ou implementou?

- MR-MPS: AP 4.1 (RAPs 22 a 29)    MR-MPS: AP 4.2 (RAPs 30 a 34)  
 MR-MPS: Gerência de Projetos (evolução Nível B)    CMMI: Organizational Process Performance (OPP)  
 CMMI: Quantitative Project Management (QPM)    Outro (Especifique):

## Parte 2 - Avaliação das Atividades

As atividades listadas a seguir foram identificadas como necessárias para a análise de desempenho de processos de software. Por favor, avalie-as quanto aos seguintes aspectos:

- Grau de dificuldade que as organizações possuem ao executar a atividade; e
- Grau de importância de se ter um apoio de um especialista para executar a atividade.

OBS.: Avalie o grau de dificuldades e o grau de importância de cada atividade a partir da seguinte legenda:

0	Muito Baixa	1	Baixa	2	Alta	3	Muito Alta
---	-------------	---	-------	---	------	---	------------

Atividades	Dificuldade ao executar				Importância de apoio			
	0	1	2	3	0	1	2	3
<b>Preparar para Análise de Desempenho</b>								
<b>Identificar objetivos quantitativos organizacionais de qualidade e de desempenho</b> <i>Envolve identificar ou revisar os objetivos de negócio (objetivos estratégicos) e, a partir destes, identificar os objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho.</i>								
<b>Identificar subprocessos críticos para análise de desempenho</b> <i>Envolve estabelecer os critérios para seleção dos subprocessos críticos, selecioná-los a partir dos critérios estabelecidos e priorizá-los.</i>								
<b>Avaliar os subprocessos quanto à adequação à análise de desempenho</b> <i>Envolve identificar as medidas associadas a cada subprocesso crítico selecionado, avaliar cada medida quanto à sua adequação à análise de desempenho e identificar ações corretivas caso necessário.</i>								
<b>Verificar Estabilidade</b>								
<b>Agrupar dados de projetos similares (formar subgrupos homogêneos)</b> <i>Envolve verificar a necessidade de formar subgrupos homogêneos, identificar projetos similares e agrupar medidas referentes a estes projetos.</i>								
<b>Selecionar tipo de gráfico de controle</b> <i>Envolve determinar as características das medidas (escala, tipo e distribuição), selecionar o tipo de gráfico apropriado e documentar o raciocínio da tomada de decisão.</i>								
<b>Construir gráfico de controle</b> <i>Envolve calcular os limites de controle (central, inferior e superior) e plotar o gráfico.</i>								
<b>Aplicar testes de estabilidade e tendências</b> <i>Envolve aplicar os testes de estabilidade (run tests) e testes para identificar padrões de</i>								

<i>acordo com o tipo de gráfico selecionado.</i>									
<b>Identificar e realizar ações corretivas para estabilizar processo (se necessário)</b> <i>Envolve analisar as informações de contexto, identificar as possíveis causas de instabilidade, identificar e implantar ações corretivas.</i>									
<b>Confirmar estabilidade (se pertinente)</b> <i>Envolve verificar a viabilidade de analisar as medidas a partir de outro tipo de gráfico; se for viável, volta-se ao início da etapa “Verificar Estabilidade”.</i>									
<b>Estabelecer baseline de desempenho</b> <i>Envolve armazenar as informações (limites e medidas) na base de medidas, após a confirmação da estabilidade do subprocesso.</i>									
<b>Verificar Capacidade</b>									
<b>Determinar capacidade</b> <i>Envolve selecionar a técnica mais apropriada e determinar a capacidade do subprocesso.</i>									
<b>Comparar capacidade com objetivos quantitativos de qualidade e desempenho</b>									
<b>Identificar e realizar ações corretivas para tornar o processo capaz (se necessário)</b> <i>Envolve analisar possíveis ações corretivas, selecionar a solução mais adequada de acordo com o contexto e implantar a solução.</i>									
<b>Estabelecer Modelos de Desempenho</b>									
<b>Identificar variável dependente (Y)</b>									
<b>Identificar possíveis variáveis independentes (x)</b>									
<b>Selecionar método de análise apropriado de acordo com o tipo das variáveis envolvidas</b>									
<b>Desenvolver a equação de regressão, modelo probabilístico ou simulação</b> <i>Envolve selecionar a técnica mais apropriada para verificar correlação entre as variáveis e estabelecer o modelo de desempenho.</i>									
<b>Calibrar e testar o modelo</b>									
<b>Monitorar Estabilidade</b>									
<b>Atualizar gráfico de controle com novos dados coletados</b>									
<b>Verificar necessidade de recalcular baseline de desempenho</b>									
<b>Aplicar testes de estabilidade</b>									
<b>Confirmar estabilidade</b>									
<b>Monitorar Capacidade</b>									
<b>Monitorar Estabilidade (etapa)</b> <i>Envolve executar todas as atividades da etapa “Monitorar Estabilidade”.</i>									
<b>Verificar Capacidade (etapa)</b> <i>Envolve executar todas as atividades da etapa “Verificar Capacidade”.</i>									

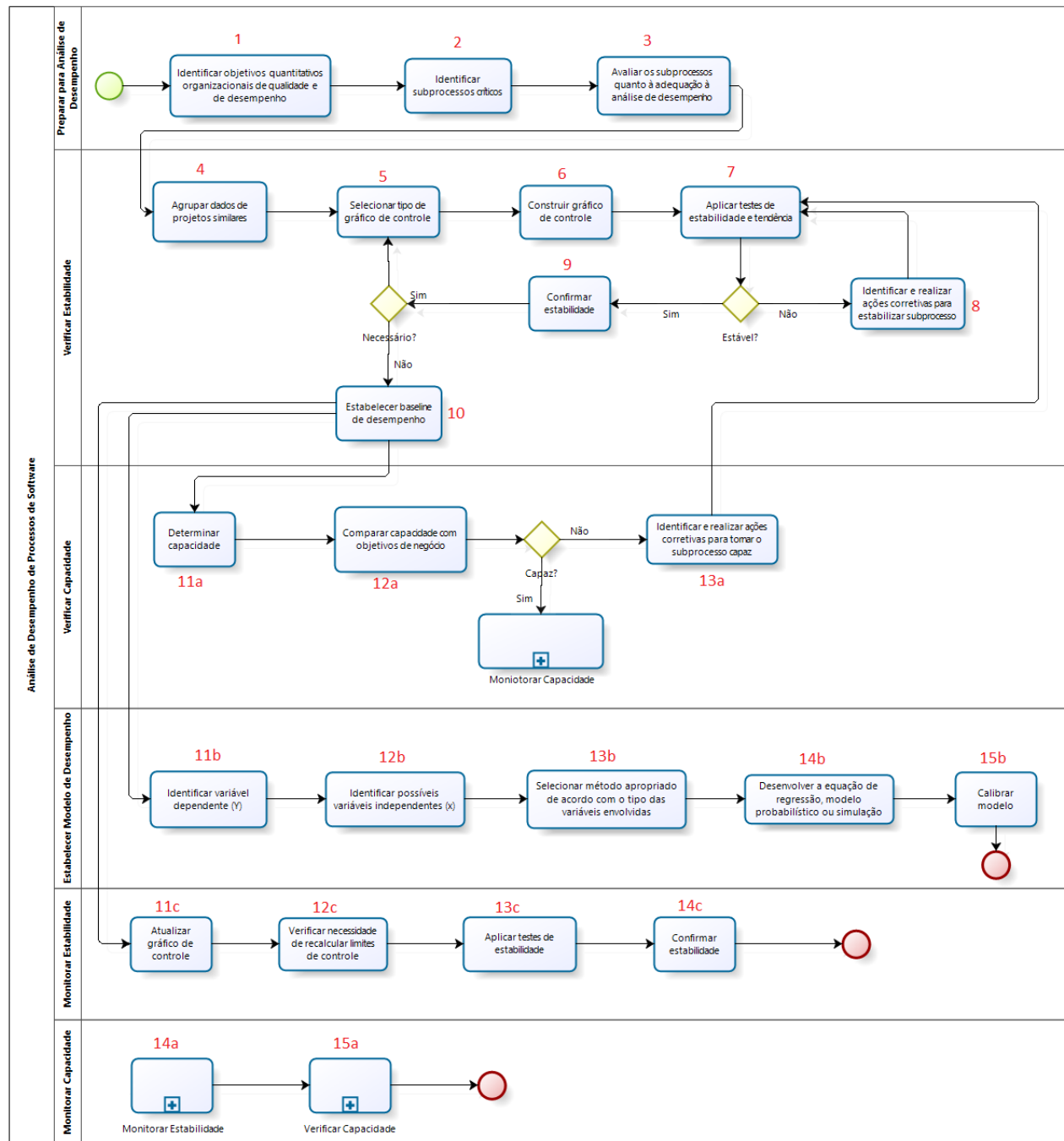
**1) Você alteraria alguma atividade ou acrescentaria outras atividades que você considera necessárias para executar a análise de desempenho de processos de software? Em caso positivo, quais atividades você alteraria/acrescentaria?**

### **Parte 3 – Avaliação da sequência das atividades e das dependências entre as atividades**


Por favor, avalie a sequência de execução das atividades apresentadas, bem como as dependências existentes entre elas. Entende-se como dependência entre atividades o fato de que a atividade anterior deve ser totalmente concluída antes de se iniciar a atividade seguinte; no entanto, é possível retornar à atividade anterior, caso seja necessário.

A sequência das atividades está representada na figura a seguir pela numeração em ordem crescente apresentada em cada atividade. Os números que estão seguidos de letras representam que as respectivas atividades podem ser executadas em paralelo com outras atividades que possuem a mesma numeração.





**1) Com base da figura apresentada, indique se concorda com a sequência e a dependência entre as atividades. Caso discorde, por favor, informe o que você faria diferente.**



**2) Caso deseje, insira neste espaço quaisquer comentários, críticas ou sugestões que julgar necessárias para o aprimoramento deste trabalho.**



**Agradecemos sua participação!**

## APÊNDICE III – *CHECKLIST* DA REVISÃO POR PARES DO PROCESSO DE ANÁLISE DE DESEMPENHO

Este apêndice visa apresentar o *checklist* durante a revisão por pares do processo de análise de desempenho apresentado no Capítulo 4.

<b>Revisor:</b>	<nome do revisor>
<b>Instruções:</b>	<p>1. Leia a descrição do processo e as figuras que representam sua sequência avaliando-as de acordo com os critérios apresentados neste <i>checklist</i>. Recomenda-se ler os critérios do <i>checklist</i> primeiro antes de ler o processo.</p> <p>2. Utilize este <i>checklist</i> para registrar suas respostas. Na coluna "Resposta", selecione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "Sim", se nenhuma não conformidade foi identificada;</li> <li>- "Não", se alguma não conformidade foi identificada; ou</li> <li>- "Não se aplica" quando o critério não se aplica ao contexto.</li> </ul> <p>3. Quando a resposta for "Não", a(s) não conformidade(s) deve(m) ser descrita(s) na coluna correspondente, apresentando informações suficientes para identificar os problemas (como por exemplo, indicando o nome da tarefa na qual a não conformidade foi identificada). Quando a resposta for "Não se aplica", deve ser fornecida uma justificativa para esta resposta.</p> <p>4. No final do <i>checklist</i>, se possível, apresente sugestões gerais quanto ao processo e à revisão por pares para melhoria da pesquisa.</p> <p>5. Ao finalizar a revisão, envie este <i>checklist</i> para o e-mail fornecido.</p>

### **Checklist para Avaliação do Processo de Análise de Desempenho**

ID	Critério	Resposta ▼	Descrição da não conformidade ou Justificativa para "Não se aplica"
<b>Para cada etapa, avalie:</b>			
E.1	O nome da etapa representa adequadamente seu propósito?		
E.2	O propósito da etapa está descrito claramente?		
E.3	As atividades que compõem a etapa são suficientes e necessárias para atingir o propósito da etapa?		
E.4	A sequência entre as atividades que compõem a etapa está adequada?		
<b>Para cada atividade, avalie:</b>			
A.1	O nome da atividade representa adequadamente seu propósito?		
A.2	O propósito da atividade está descrito claramente?		
A.3	As tarefas que compõem a atividade são suficientes e necessárias para atingir o propósito da atividade?		

A.4	A sequência entre as tarefas que compõem a atividade está correta?		
<b>Para cada tarefa, avalie:</b>			
T.1	O nome da tarefa representa adequadamente seu propósito?		
T.2	A descrição da tarefa está claramente definida?		
T.3	A pré-tarefa e a pós-tarefa estão definidas corretamente?		
T.4	Os critérios de entrada definidos para a tarefa são adequados e descrevem claramente o que deve acontecer para que a tarefa possa começar a ser executada?		
T.5	Os critérios de saída definidos para a tarefa são adequados e descrevem claramente as condições necessárias para que a tarefa termine sua execução?		
T.6	O papel definido para o responsável pela execução da tarefa (campo "Responsável") está adequado?		
T.7	Os papéis definidos para os participantes na execução da tarefa (campo "Participantes") estão adequados?		
T.8	Os parâmetros de entrada definidos para a tarefa (artefatos de entrada) representam adequadamente os insumos necessários para a execução da tarefa?		
T.9	Os parâmetros de saída definidos para a tarefa (artefatos de saída) representam adequadamente os produtos gerados e/ou modificados pela execução da tarefa?		
T.10	As ferramentas definidas para apoio à execução da tarefa são adequadas?		
<b>Demais sugestões gerais para melhoria do processo e da pesquisa (opcional)</b> (Considere a adequação do processo ao nível B do MPS-SW e nível 4 do CMMI-DEV e para organizações desenvolvedoras de software)			
<b>Observações gerais (opcional)</b>			

## APÊNDICE IV – MODELOS DE DOCUMENTOS DO PROCESSO DE ANÁLISE DE DESEMPENHO

Este apêndice visa apresentar os modelos de documentos (*templates*) elaborados para auxiliar a execução de algumas tarefas do processo de análise de desempenho de processos de software apresentado no Capítulo 4.

Cada modelo de documento é apresentado em uma das seções a seguir, de acordo com a ordem na qual é citado na descrição do processo. A maioria dos modelos de documentos foi elaborada no MS Excel e são estruturadas em abas (ou “planilha”, segundo a nomenclatura do MS Excel). Cada uma destas abas é apresentada individualmente na descrição de cada modelo de documento.

Todos os modelos de documentos elaborados no MS Excel possuem uma aba “Folha de rosto” que identifica o modelo e armazena o histórico de modificações do documento, informando a data de alteração, as alterações realizadas e o responsável pelas alterações. Nesta aba ainda há instruções gerais sobre o preenchimento do documento, conforme exemplificado na Figura IV.1. Como esta é uma aba que se repete dos modelos de documentos (com os pequenos ajustes), não será apresentada nas seções a seguir.

### Planilha de Medidas - [Medida X]

Histórico de modificações		
Data	Alterações	Responsável

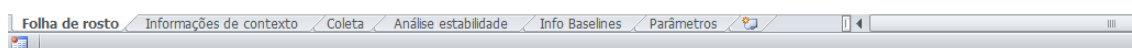
*Ao iniciar o preenchimento desta planilha, preencha primeiro a aba "Parâmetros" a fim de estabelecer os valores de alguns campos utilizados na planilha.*

*Esta planilha se refere a somente uma medida definida pela unidade organização. Cada aba deve ser preenchida no decorrer da execução da análise de desempenho, conforme estabelecido pelo processo. Uma descrição de cada aba é apresentada a seguir:*

*- **Informações de contexto:** informações que foram coletadas junto com a medida para auxiliar na análise. Esta aba deve ser preenchida na tarefa "Verificar armazenamento de medidas", caso a unidade organizacional não possua um armazenamento adequado das medidas.*

*- **Coleta:** registro das coletas realizadas da medida no decorrer do tempo. Esta aba deve ser preenchida (i) na tarefa "Verificar armazenamento de medidas", caso a unidade organizacional não possua um armazenamento adequado das medidas ou (ii) na tarefa "Registrar medidas adequadas".*

*- **Análise estabilidade:** registro da análise de estabilidade, a ser preenchida durante a execução da etapa "Verificar estabilidade".*



**Figura IV.1** – Aba “Folha de rosto” do modelo “Planilha de Medidas”

Alguns modelos de documentos elaborados no MS Excel também possuem uma aba “Parâmetros” na qual são informados alguns dados para customização a serem utilizadas nas demais abas. Estes dados normalmente não apresentados automaticamente

em listas, facilitando o preenchimento do documento. A Figura IV.2 apresenta um exemplo de dados a serem customizados na Planilha de Medidas. Como esta aba não é relevante para o entendimento do modelo apresentado, não será apresentada nas seções a seguir.

*Ao utilizar este template, os seguintes parâmetros podem ser customizado, de acordo com o contexto da unidade organizacional. Somente os campos em amarelo podem ser customizados.*

Parâmetros da aba "Informações de contexto"					
Tamanho da equipe		Tipo de desenvolvimento		Complexidade	
Micro	Menos de 5 pessoas	Manutenção		Alta	Projeto com mais de 250 pontos por função ou com domínio novo para a organização
Pequena	Entre 5 e 10 pessoas	Desenvolvimento		Média	Projeto com entre 100 e 250 pontos por função ou com domínio novo para a organização
Média	Entre 10 e 30 pessoas			Baixa	Projeto com menos de 100 pontos por função e/ou com domínio conhecido pela organização
Grande	Mais de 30 pessoas				

**Figura IV.2** – Aba “Parâmetros” do modelo “Planilha de Medidas”

Os modelos possuem diversos comentários com instruções para auxiliar o preenchimento do documento. Estes comentários são exibidos de duas formas: (i) em itálico e na cor azul, apresentado o objetivo documento/aba e fornecendo instruções gerais sobre seu preenchimento; e (ii) em notas de comentário inseridas em cada célula, fornecendo informações específicas sobre o preenchimento de uma determinada coluna/linha. A Figura IV.3 apresenta um exemplo destes dois tipos de comentários. A exibição das notas de comentários em meio impresso não é possível, pois tornaria a leitura dos modelos ilegível.

**Lista das questões críticas**

*Liste as questões críticas da unidade organizacional identificadas após a reunião com a alta direção.  
Cada questão crítica deve ser relacionada a um ou mais objetivos estratégicos que são afetados por esta questão.*

ID	Questão crítica	Afeta qual objetivo estratégico? ▼
1	Os prazos não são cumpridos	
2	Os custos estão fora do planejado	
3	A produtividade da equipe é baixa	
4	Há muito retrabalho	
5	Há muitos defeitos identificados nos testes de homologação	
6	A qualidade do produto na entrega é baixa	
7	Há muito custo de manutenção	

Caso a questão crítica afete mais de um objetivo estratégico, duplique a linha referente à questão.  
Cada objetivo estratégico deve estar em uma linha separadamente.

**Figura IV.3** – Comentários do modelo “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos”

Em muitos casos, as informações geradas possuem um vínculo uma com as outras. Para facilitar o preenchimento dos documentos e auxiliar na rastreabilidade entre as informações, alguns campos do modelo são preenchidos a partir de uma lista criada

automaticamente a partir das informações já fornecidas em uma aba anterior. Nestes casos, há uma indicação no modelo de quando o campo é uma lista, a partir do símbolo ▼. A Figura IV.4 apresenta um exemplo deste tipo de campo.

**Lista das questões críticas**

*Liste as questões críticas da unidade organizacional identificadas após a reunião com a alta direção.  
Cada questão crítica deve ser relacionada a um ou mais objetivos estratégicos que são afetados por esta questão.*

ID	Questão crítica	Afeta qual objetivo estratégico? ▼	Priorid
1	Os prazos não são cumpridos		
2	Os custos estão fora do planejado	Objetivo estratégico OBJ1 Objetivo estratégico OBJ2 Objetivo estratégico OBJ3 Objetivo estratégico OBJ4	
3	A produtividade da equipe é baixa		

**Figura IV.4** – Exemplo de campo com lista do modelo “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos”

Cada modelo de documento do processo proposto nesta tese é apresentado nas seções a seguir, nas quais há a descrição do propósito do modelo, uma breve descrição das abas que compõem o modelo (quando for o caso) e a apresentação do próprio modelo.

## IV.1 Planilha de Medidas

A Planilha de Medidas é o principal artefato no qual serão armazenadas as informações sobre a estabilidade de uma medida de um subprocesso crítico. Esta planilha se refere a somente uma medida definida pela unidade organização e é composta por quatro abas. Uma breve descrição de cada aba é apresentada a seguir:

- Informações de contexto: informações que foram coletadas junto com a medida para auxiliar na análise. Esta aba deve ser preenchida na tarefa "Verificar armazenamento de medidas", caso a unidade organizacional não possua um armazenamento adequado das medidas.
- Coleta: registro das coletas realizadas da medida no decorrer do tempo. Esta aba deve ser preenchida (i) na tarefa "Verificar armazenamento de medidas", caso a unidade organizacional não possua um armazenamento adequado das medidas ou (ii) na tarefa "Registrar medidas adequadas".
- Análise estabilidade: registro da análise de estabilidade, a ser preenchida durante a execução da etapa "Verificar Estabilidade".
- Info. baselines: registro das *baselines* geradas a cada subconjunto da medida analisado e considerado estável.



*Preencha os campos em amarelo a seguir com relação às informações de contexto referentes às coletas realizadas da medida.  
Estas informações serão úteis para a identificação de conjuntos homogêneos de valores, bem como auxiliarão na análise de possíveis causas especiais.*

**Informações de contexto de [Medida X]**

Projetos	Tamanho do projeto		Versão do processo	Tecnologia ▼	Tipo de desenvolvimento ▼	Tamanho da equipe ▼	Complexidade ▼	Nome do Cliente
	Valor	Unidade ▼						

Preencha os campos em verde a seguir de acordo com o definido no Plano de Medição Organizacional.

Preencha os campos em amarelo a seguir com relação aos valores coletados da medida em questão. Informe as coletas em ordem temporal.

Os campos em azul devem ser preenchidos durante a execução da etapa "Verificar Estabilidade".

Para gerar o gráfico, clique com o botão direito em cima do gráfico e clique em "Atualizar dados". Este gráfico auxilia na análise da medida, se for necessário.

<b>Objetivo estratégico:</b>	[objetivo estratégico relacionado a esta medida]
<b>Mnemônico:</b>	[sigla ou identificador da medida]
<b>Meta:</b>	[valor da meta ideal para esta medida]
<b>Escala ▼:</b>	

### Dados de Coleta da Medida [Medida X]

Data da coleta	Projeto ▼	Valores Coletados	Conjunto homogêneo	Subgrupo homogêneo

<b>Análise:</b>	[caso necessário, realize a análise dos resultados que estão fora do desempenho esperado, indicando informações de contexto e possíveis problemas que causaram este resultado. Leve em consideração as análises já realizadas nos relatórios de medição]
-----------------	--

Preencha os campos em amarelo a seguir.

### Análise da estabilidade da Medida [Medida X]

Tipo da medida: ▼	
-------------------	--

ID da análise	Conjunto homogêneo	Subgrupo homogêneo	Distribuição de probabilidade ▼	Gráfico de controle ▼	Resultado dos testes de estabilidade ▼	Resultado dos padrões de instabilidade ▼

## **Baselines de Desempenho**

*Para cada análise de estabilidade realizada (ou seja, para cada conjunto de valores da medida do subprocesso crítico), informe a baseline de desempenho obtida, após a constatação de sua estabilidade.*

<b>ID da Análise da estabilidade</b>	<b>Baseline de desempenho</b>		
	<b>Média</b>	<b>Limite superior</b>	<b>Limite inferior</b>

## IV.2 Questionário para Identificação de Pontos Críticos

Este questionário tem o objetivo de coletar as percepções dos colaboradores da organização com relação aos pontos críticos enfrentados pela organização no contexto de processos de software. Antes de o questionário ser aplicado aos colaboradores, o grupo de processos deve adaptá-lo de acordo com as informações específicas da organização.

O modelo do questionário foi baseado na adaptação do modelo SERVQUAL proposto por (XEXÉO, 2001). A partir do SERVQUAL, busca-se avaliar a qualidade do serviço, solicitando a opinião do participante para um mesmo conjunto de itens avaliando-o sobre duas perspectivas: (i) expectativa do participante com relação à importância do item para sua satisfação, e (ii) grau de percepção atual da qualidade do item. No questionário para identificação de pontos críticos, o participante deve avaliar um conjunto de pontos críticos com relação ao: (i) grau de percepção sobre a existência do ponto crítico na organização, e (ii) grau de impacto que o ponto crítico afeta a organização, em termos dos objetivos estratégicos, satisfação do cliente e sucesso do negócio.

Este questionário é composto por duas abas, além da aba de instruções e parâmetros, a saber:

- Caracterização: informações sobre o colaborador que responderá o questionário, tais como função e experiência.
- Possíveis pontos críticos: parte principal do questionário, na qual o colaborador irá informar sua opinião quanto ao grau de percepção de existência e o grau de impacto de cada ponto crítico previamente cadastrado pelo grupo de processos durante a adaptação do modelo. Nesta aba, o colaborador poderá incluir novos pontos críticos, se achar conveniente.

## Caracterização do Colaborador

Caro(a) Colaborador(a),

Este questionário tem como objetivo identificar os pontos críticos enfrentados pela unidade organizacional no contexto de processos de software, a fim de permitir, posteriormente, a identificação de subprocessos críticos que possam ser objetos da análise de desempenho de processos.

Agradecemos a sua participação!

**Assinale a sua função atual e as funções anteriores exercidas na unidade organizacional:**

<b>Função</b>	<b>Atual</b>	<b>Anterior</b>
Direção		
Gerente de portfólio		
Membro do Escritório de Projetos		
Gerente do setor comercial		
Membro da equipe do setor comercial		
Gerente de projetos		
Gerente de produto		
Gerente de garantia da qualidade		
Membro da equipe de garantia da qualidade		
Responsável pela coleta e/ou análise de medidas		
( ) Outro:		
( ) Outro:		
( ) Outro:		

<b>Há quanto tempo você trabalha na unidade organizacional?</b>		anos
<b>Há quanto tempo você exerce a sua função atual?</b>		anos

## Questionário de possíveis pontos críticos

Para cada item do Questionário, informe o quanto você percebe a existência dos pontos listados na unidade organizacional numa escala de 0 (não está presente) a 3 (está muito presente). Informe também o quanto você considera que estes pontos afetam a unidade organizacional (em termos dos seus objetivos estratégicos, cliente e negócio) numa escala de 0 (nenhum) a 3 (muito alto).

Em qualquer item, caso você não saiba ou não se sinta confortável em responder, por favor, coloque N/A (Não se Aplica) em sua resposta.

Se achar pertinente, inclua outros pontos críticos além dos listados previamente.

ID	Possíveis pontos críticos	Ponto existe na unidade organizacional?	Afeta objetivo estratégico?		Afeta a satisfação do cliente?	Afeta sucesso do negócio?
		Qual o grau de percepção? ▼	Qual objetivo estratégico? ▼	Qual o grau de impacto? ▼	Qual o grau de impacto? ▼	Qual o grau de impacto? ▼
1	Os prazos não são cumpridos					
2	Os custos estão fora do planejado					
3	A produtividade da equipe é baixa					
4	Há muito retrabalho					
5	Há muitos defeitos identificados nos testes de homologação					
6	A qualidade do produto na entrega é baixa					
7	Há muito custo de manutenção					

### IV.3 Apresentação do Questionário e da Técnica Wideband Delphi

Este modelo tem o objetivo de auxiliar a elaboração de uma apresentação (slides) a ser apresentada durante a reunião com os colaboradores para explicar a pesquisa que será realizada com eles por meio do questionário. São apresentados: o objetivo da pesquisa, o questionário a ser aplicado, como serão os passos para a pesquisa de acordo com uma adaptação da técnica Wideband Delphi e um planejamento para a execução destes passos.

<p>1</p> <p><b>Apresentação sobre a pesquisa com os colaboradores</b></p>	<p>2</p> <p><b>Objetivo da pesquisa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A pesquisa visa identificar junto aos colaboradores os pontos críticos da unidade organizacional</li> <li>• Posteriormente, estes pontos críticos serão insumo para a identificação de problemas críticos que guiarão a execução da análise de desempenho de processos</li> </ul> <p>2</p>
<p>3</p> <p><b>Método de pesquisa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Será realizada por meio de um questionário</li> <li>• Colaboradores envolvidos:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gerentes de projeto</li> <li>– Gerentes comercial</li> <li>– Gerentes de portfólio</li> <li>– Garantia da qualidade</li> <li>– Responsáveis pela medição</li> </ul> </li> <li>• Aplicação da técnica Wideband Delphi</li> </ul> <p>3</p>	<p>4</p> <p><b>Questionário</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• É dividido em duas partes (abas):             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Caracterização                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite melhor análise dos resultados obtidos</li> </ul> </li> <li>– Possíveis pontos críticos                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtenção da percepção dos colaboradores sobre pontos que impactam a unidade organizacional</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <p>4</p>
<p>5</p> <p><b>Caracterização</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Apresente ou cole a figura da aba “Caracterização” do questionário adaptado para o contexto organizacional&gt;</li> </ul> <p>5</p>	<p>6</p> <p><b>Possíveis pontos críticos (1/2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Apresente ou cole a figura da aba “Possíveis pontos críticos” do questionário adaptado para o contexto organizacional&gt;</li> </ul> <p>6</p>



7

## Possíveis pontos críticos (2/2)

- Se pertinente, novos pontos críticos (que não se encontram na listagem estabelecida) podem ser adicionados pelo colaborador

7

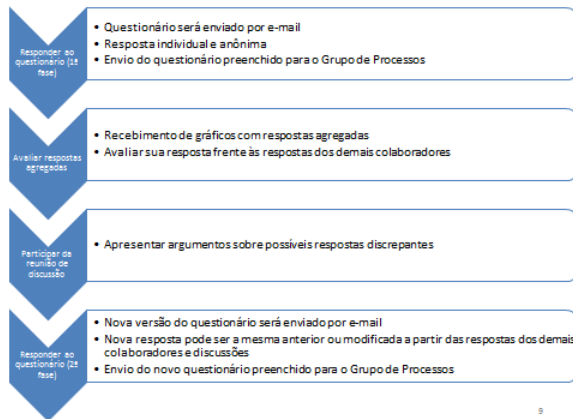
8

## Método de aplicação (1/2)

- As seguintes atividades devem ser realizadas pelos colaboradores:

8

9



9

10

## Método de aplicação (2/2)

- Pontos chave:
  - Respostas anônimas e individuais
    - Inclusive durante a reunião de discussão
  - Na 2ª fase, os colaboradores podem mudar sua resposta inicial ou não
- Posteriormente, os colaboradores serão convidados a participarem da reunião de análise de causas destes pontos críticos

10

11

## Planejamento

Atividade	Data prevista
Responder ao questionário (1ª fase)	<inserir data limite para envio do questionário preenchido>
Avaliar respostas agregadas	<inserir data na qual os gráficos com respostas agregadas serão enviados>
Participar da reunião de discussão	<inserir data da reunião de discussão>
Responder ao questionário (2ª fase)	<inserir data limite para envio do novo questionário preenchido>

11

## IV.4 Análise dos Questionários

Este modelo visa auxiliar a análise dos questionários respondidos pelos colaboradores, a fim de identificar quais são os pontos críticos sob a perspectiva dos colaboradores. A análise das respostas é realizada em duas fases: a primeira é baseada nas respostas obtidas na primeira aplicação do questionário, e a segunda análise é baseada nas respostas reavaliadas pelos colaboradores. Nestas duas fases, as respostas dos colaboradores são inseridas nas respectivas abas “Agregação”, e os gráficos são gerados automaticamente nas demais abas.

Além destas abas, há uma aba para auxiliar a organização a obter a quantidade de colaboradores que precisam responder ao questionário para que as respostas sejam consideradas estatisticamente significativas. Para isto, é necessário informar a quantidade da população-alvo, composta pelos membros que exercem uma das seguintes funções: direção, gerente de portfólio, gerente comercial, gerente de projetos, garantia da qualidade e medição. Dado esta quantidade, o número necessário de respondentes é calculado automaticamente, considerando o nível de confiança de 95%.

Este modelo é composto por seis abas, a saber:

- Cálculo número de respondentes: auxilia o cálculo do número de respondentes necessários para obter uma resposta estatisticamente significativa;
- Agregação – 1ª fase: registro das repostas dos colaboradores fornecidas na primeira aplicação do questionário;
- Gráficos – 1ª fase: geração automática dos gráficos baseados nas respostas dos colaboradores informados na aba anterior. Estes gráficos visam auxiliar os colaboradores ao compararem suas respostas com as dos outros respondentes;
- Agregação – 2ª fase: registro das repostas dos colaboradores fornecidas após a avaliação das respostas anteriores pelos colaboradores;
- Gráficos – 2ª fase (objetivos): geração automática dos gráficos baseados nas respostas dos colaboradores informados na aba anterior, agrupando as respostas por objetivo.
- Gráficos – 2ª fase (pontos): geração automática dos gráficos baseados nas respostas dos colaboradores informados na aba “Agregação – 2ª fase”, agrupando as respostas por ponto crítico.

Calcule o número de respondentes necessários para que as respostas obtidas neste questionário sejam consideradas significativas.

Para isto, informe a seguir o número total de pessoas da organização que assumem uma das seguintes funções:

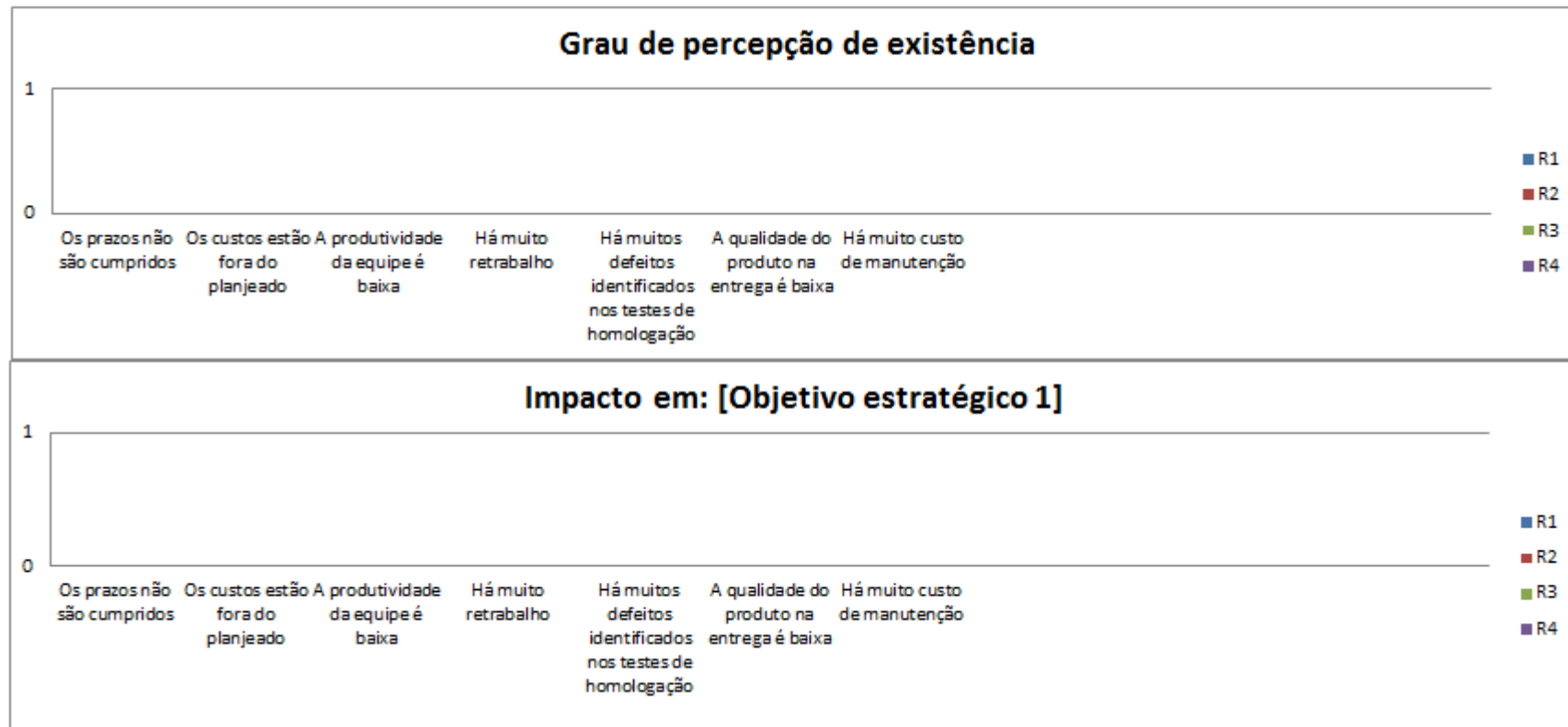
<b>Função</b>	<b>Quantidade</b>
Direção	
Gerente de portfólio	
Membro do Escritório de Projetos	
Gerente do setor comercial	
Membro da equipe do setor comercial	
Gerente de projetos	
Gerente de produto	
Gerente de garantia da qualidade	
Membro da equipe de garantia da qualidade	
Responsável pela coleta e/ou análise de medidas	
<b>Total</b>	<b>0</b>

<b>Número necessário de respondentes</b>	<b>0</b>
--	----------

*Esta planilha deve ser utilizada para auxiliar a 1ª fase da agregação das respostas dos respondentes, a fim de caracterizar os principais pontos críticos da unidade organizacional. Para cada respondente (R1, R2...), informe o número relacionado ao grau de percepção de existência dos pontos críticos na unidade organizacional, e o número relacionado aos graus de impacto para cada objetivo estratégico, para a satisfação do cliente e para o sucesso do negócio. As respostas fornecidas irão gerar automaticamente gráficos para auxiliar na análise das respostas. Estes gráficos são apresentados na aba "Gráficos - 1ª fase".*

ID	Pontos críticos avaliados	Grau de percepção de existência				[Objetivo estratégico 1]				[Objetivo estratégico 2]				Satisfação do Cliente				Sucesso do negócio				
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
1	Os prazos não são cumpridos																					
2	Os custos estão fora do planejado																					
3	A produtividade da equipe é baixa																					
4	Há muito retrabalho																					
5	Há muitos defeitos identificados nos testes de homologação																					
6	A qualidade do produto na entrega é baixa																					
7	Há muito custo de manutenção																					

Os gráficos gerados nesta planilha são derivados das respostas aos questionários e devem ser apresentados para todos os respondentes durante a reunião de discussão, a fim de revisarem suas respostas na segunda rodada da aplicação dos questionários. Antes da reunião de discussão com os respondentes, estes gráficos devem ser enviados a cada respondente, separadamente a fim de que verifiquem sua resposta ante à resposta dos demais. Ao enviar os gráficos, o grupo de processo deve informar ao respondente qual o identificador (R1, R2...) corresponde ao respondente em questão.

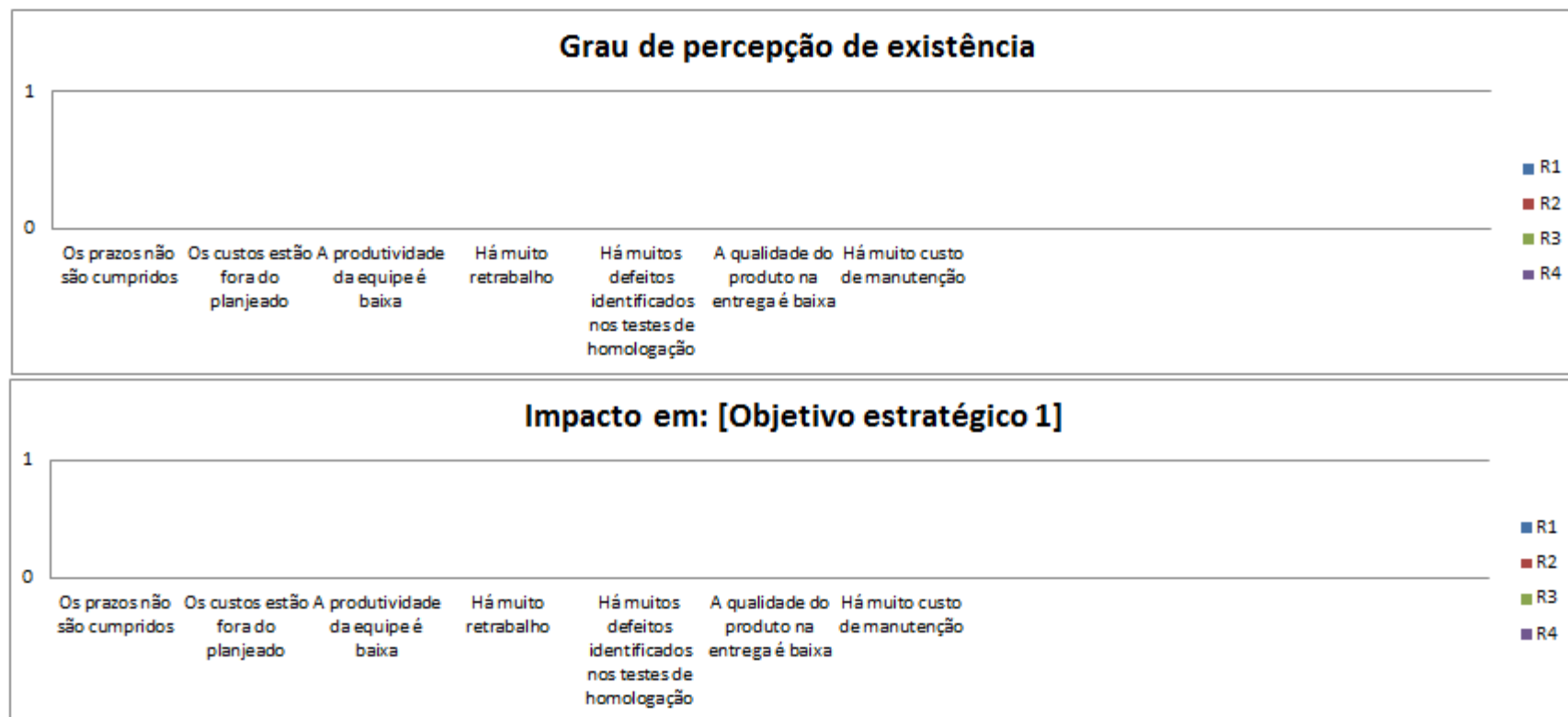


*Esta planilha deve ser utilizada para auxiliar a 2ª fase da agregação das dos respondentes, a fim de caracterizar os principais pontos críticos da unidade organizacional. Para cada respondente (R1, R2...), informe o número relacionado ao grau de percepção de existência dos pontos críticos na unidade organizacional, e o número relacionado aos graus de impacto para cada objetivo estratégico, para a satisfação do cliente e para o sucesso do negócio. Ao inserir as respostas, a cor das células irá ser modificar automaticamente para auxiliar na análise dos dados: quanto mais vermelha a célula, mais crítico é o valor inserido.*

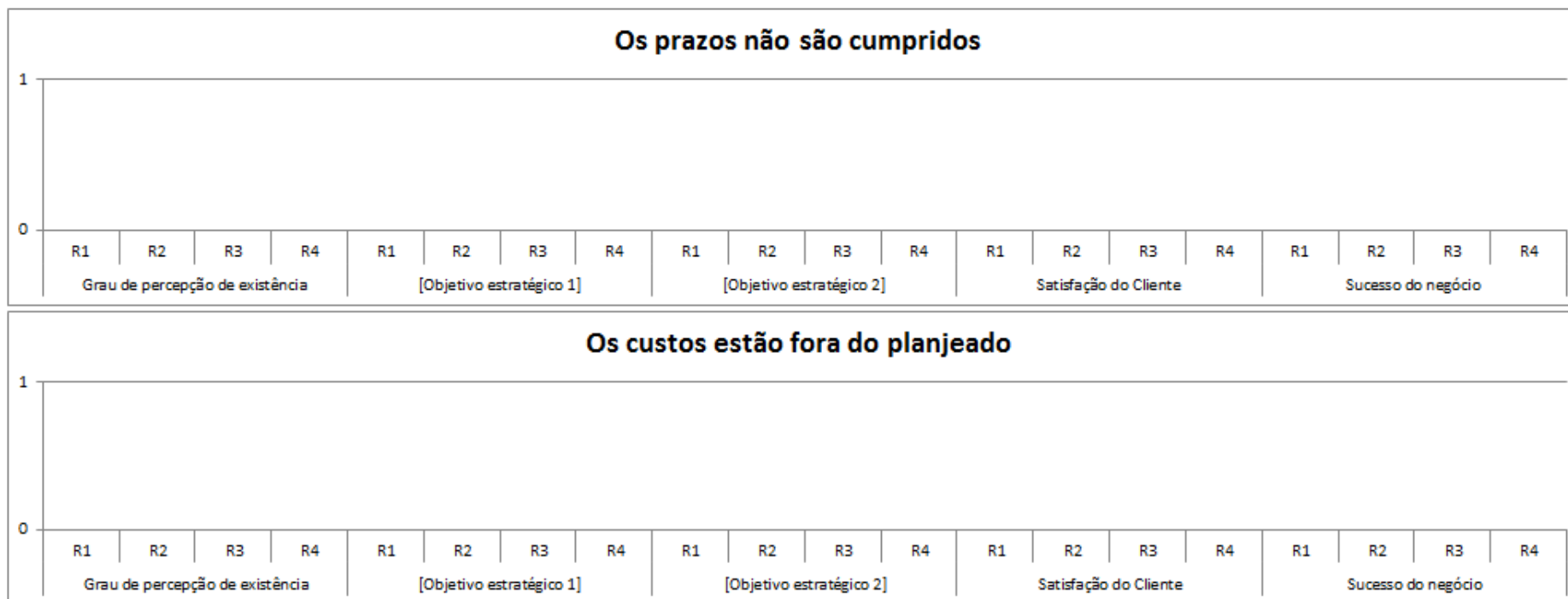
*As respostas fornecidas também irão gerar automaticamente gráficos para auxiliar na análise das respostas. Estes gráficos são apresentados nas abas "Gráficos - 2ª fase (objetivos)" e "Gráficos - 2ª fase (pontos)".*

ID	Pontos críticos avaliados	Grau de percepção de existência				[Objetivo estratégico 1]				[Objetivo estratégico 2]				Satisfação do Cliente				Sucesso do negócio				
		R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	
1	Os prazos não são cumpridos																					
2	Os custos estão fora do planejado																					
3	A produtividade da equipe é baixa																					
4	Há muito retrabalho																					
5	Há muitos defeitos identificados nos testes de homologação																					
6	A qualidade do produto na entrega é baixa																					
7	Há muito custo de manutenção																					

Os gráficos gerados nesta planilha são derivados das respostas aos questionários na 2ª fase, agrupando as informações por objetivo. Estes gráficos devem auxiliar na identificação dos pontos críticos da unidade organizacional durante a reunião com a alta direção.



Os gráficos gerados nesta planilha são derivados das respostas aos questionários na 2ª fase, agrupando as informações por ponto crítico. Estes gráficos devem auxiliar na identificação dos pontos críticos da unidade organizacional durante a reunião com a alta direção.





## IV.5 Lista de Problemas e Subprocessos Críticos

O modelo da Lista de Problemas e Subprocessos Críticos tem o objetivo de registrar a identificação dos subprocessos críticos da organização por meio de análises de causas dos pontos críticos e dos problemas críticos, mantendo a rastreabilidade entre estes elementos. Para manter esta rastreabilidade, o modelo é composto por cinco abas que estão vinculadas entre si por meio da criação automática de listas.

As cinco abas que compõem este modelo são brevemente apresentadas a seguir:

- Pontos críticos: registra os pontos que foram considerados críticos pelos colaboradores da organização e referendadas pela alta direção, vinculando-as aos objetivos estratégicos;
- Ishikawa-1º nível – <ID ponto>: apresenta um modelo do diagrama de Ishikawa com o objetivo de analisar as causas de um determinado ponto crítico. Foram adotadas as categorias do diagrama de Ishikawa sugeridas por (KALINOWSKI, 2011). Cada ponto crítico selecionado para a análise deve possuir uma aba própria, informando o ID do ponto fornecido na aba “Pontos críticos”;
- Problemas críticos: registra os problemas considerados críticos para a organização, identificados a partir das principais causas dos pontos críticos;
- Ishikawa-2º nível – <ID problema>: apresenta um modelo do diagrama de Ishikawa com o objetivo de analisar as causas de um determinado problema crítico. Foram adotadas as categorias do diagrama de Ishikawa sugeridas por (KALINOWSKI, 2011). Cada problema crítico selecionado para a análise deve possuir uma aba própria, informando o ID do problema fornecido na aba “Problemas críticos”;
- Subprocessos críticos: registra os subprocessos considerados críticos pela organização, vinculados aos problemas críticos. Para cada subprocesso crítico, também é registrado quais medidas existentes na organização estão relacionadas ao subprocesso e o resultado da avaliação destas medidas quanto à sua adequação à análise de desempenho.

## Lista dos pontos críticos

*Liste os pontos críticos da unidade organizacional identificados após a reunião com a alta direção.  
Cada ponto crítico deve ser relacionada a um ou mais objetivos estratégicos que são afetados por este ponto.*

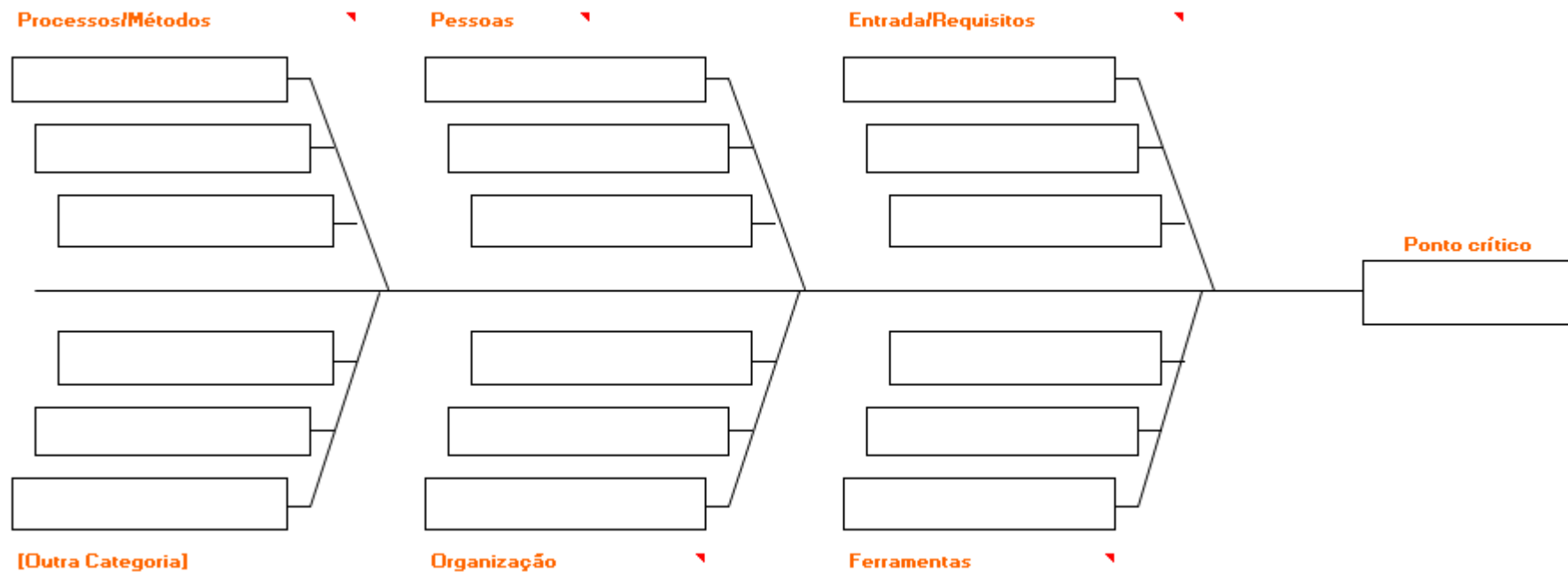
ID	Ponto crítico	Afeta qual objetivo estratégico? ▼	Prioridade	Observações
1	Os prazos não são cumpridos			
2	Os custos estão fora do planejado			
3	A produtividade da equipe é baixa			
4	Há muito retrabalho			
5	Há muitos defeitos identificados nos testes de homologação			
6	A qualidade do produto na entrega é baixa			
7	Há muito custo de manutenção			

## Diagrama de Ishikawa para Identificar Problemas Críticos (1º nível)

*Coloque a descrição do ponto crítico no quadrado indicado e escreva as possíveis causas relacionadas a cada uma das categorias a seguir. Cada causa é um problema crítico da unidade organizacional e deve ser registrado no documento Lista de Problemas e Subprocessos Críticos.*

*Se achar pertinente, crie uma nova categoria (ramo inferior à esquerda).*

*Cada diagrama de Ishikawa se refere a um ponto crítico. Desta forma, a cada ponto crítico uma nova aba deve ser criada a partir da cópia desta aba.*



## Lista dos problemas críticos

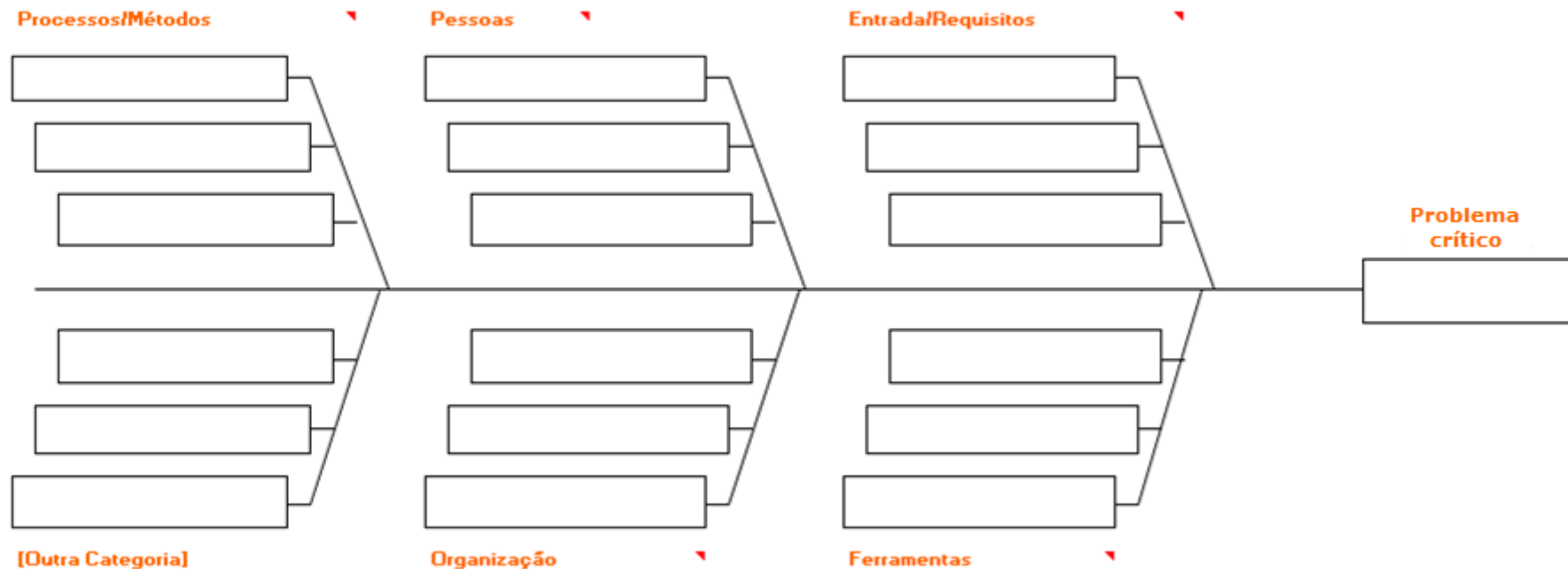
*Liste os principais problemas críticos identificados a partir das análises de causas relacionadas aos pontos críticos da unidade organizacional.*

ID	Problema crítico	Observações

## Diagrama de Ishikawa para Identificar Causas de Problemas Críticos (2º nível)

*Este diagrama deve ser utilizado quando há a necessidade de realizar uma análise de causas para um ou mais dos problemas críticos identificados. Cada diagrama se refere a um problema crítico identificado. Desta forma, a cada problema crítico, uma nova aba deve ser criada a partir da cópia desta aba.*

*Coloque a descrição do problema crítico no quadrado indicado e escreva as possíveis causas relacionadas a cada uma das categorias a seguir. Cada causa é um problema crítico da unidade organizacional e deve ser registrado na aba correspondente. Se achar pertinente, crie uma nova categoria (ramo inferior à esquerda).*



### Lista dos subprocessos críticos

*Para cada problema crítico, selecione um ou mais subprocessos críticos da unidade organizacional.*

*Estes subprocessos são os que devem ser considerados críticos pela unidade organizacional e, portanto, são candidatos para a análise de desempenho.*

*Para cada subprocesso crítico, verifique a existência de medidas que avaliam ou monitorem o subprocessos com relação ao problema crítico relacionado.*

*Informe a(s) medida(s) que avaliem ou monitorem o problema crítico na coluna "Medida(s) existente(s)"; se não houver tais medidas, informe "Não há medida".*

*A coluna "Prioridade" deve ser preenchida após a reunião com a alta direção.*

<b>Problema crítico ▼</b>	<b>Subprocesso crítico</b>	<b>Medida(s) existente(s)</b>	<b>Medida adequada para análise de desempenho? ▼</b>	<b>Prioridade</b>

## IV.6 *Checklist* para Avaliação de Repositório de Medição

O *Checklist* para Avaliação de Repositório de Medição é parte do Instrumento para Avaliação de Repositório de Medição (IARM) proposto por (BARCELLOS, 2009). O *checklist* original avalia quatro perspectivas: o plano de medição, a estrutura do repositório de medidas, as medidas (sua definição operacional) e os dados coletados. No escopo deste trabalho, somente são verificadas as duas últimas perspectivas (medidas e dados coletados).

O *checklist* utilizado neste trabalho é composto por quatro abas, a saber:

- Medidas – Avaliação: contém os critérios para avaliar a definição operacional de uma determinada medida;
- Medidas – Ações: contém algumas ações corretivas recomendadas para correção de não conformidades que possam ocorrer relacionadas a cada critério avaliado na aba anterior;
- Dados coletados – Avaliação: contém os critérios para avaliar a qualidade dos dados coletados relacionados a uma determinada medida;
- Dados coletados – Ações: contém algumas ações corretivas recomendadas para correção de não conformidades que possam ocorrer relacionadas a cada critério avaliado na aba anterior.

Estas abas são parcialmente apresentadas a seguir.



## Instrumento para Avaliação de Repositório de Medição considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos

Copyright © 2015 Monalessa Perini Barcellos

<b>Organização:</b>	<<nome da organização>>
<b>Avaliador:</b>	<<nome do avaliador>>
<b>Data da avaliação:</b>	<<data da avaliação>>

Instruções: para cada requisito, marque X na coluna correspondente ao resultado da avaliação. Posicione o mouse sobre as células com a marca vermelha no canto superior direito para visualizar a descrição dos requisitos, a descrição de cada resultado de avaliação para cada requisito e outras informações úteis para o preenchimento da planilha.

Importante: para que os cálculos da pontuação e grau de adequação sejam realizados corretamente, deve-se marcar apenas um X para cada requisito avaliado.

Nota: Deve-se preencher uma planilha para cada medida que se deseja avaliar.

Instrução adicional: para realizar a avaliação das medidas, sugere-se que sejam selecionadas, inicialmente, as medidas diretamente relacionadas aos objetivos de medição (ou seja, os indicadores). A avaliação dessas medidas incluirá, também, a avaliação de suas correlatas. Após avaliar essas medidas, caso ainda haja medidas definidas na organização que não foram avaliadas, conduz-se sua avaliação.

**Item avaliado: Medidas**

**Medida: <<nome da medida avaliada>>**

Requisitos	Avaliação							Observações do Avaliador
	Não se aplica	Atende Totalmente	Atende Largamente	Atende Razoavelmente	Atende Precariamente	Não Atende	Não foi possível avaliar	
1. A definição operacional da medida é correta, clara e completa, contendo: nome da medida, descrição, mnemônico, tipo de medida (base ou derivada), tipo de entidade mensurável, unidade de medida, tipo de escala, valores da escala, procedimento de medição, fórmula de medição, responsável pela medição, periodicidade da medição, momento da medição, e, quando pertinente, procedimento de análise de medição, responsável pela análise de medição, periodicidade da análise de medição e momento da análise de medição.								
2. A medida está alinhada a objetivos da organização.								



3. Os resultados da análise da medida são relevantes à tomada de decisão.								
4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processos.								
5. A medida fornece informações sobre o desempenho de um processo.								
6. A medida está relacionada a um processo crítico.								
7. A medida possui baixa granularidade.								
8. As medidas necessárias à composição da medida estão adequadamente identificadas ( <i>se aplicável</i> ).								
9. As medidas necessárias para apoiar a análise da medida estão adequadamente identificadas.								
10. A medida é passível de normalização ( <i>se aplicável</i> ).								
11. A medida está normalizada corretamente ( <i>se aplicável</i> ).								
12. A medida não considera dados agregados.								



**Instrumento para Avaliação de Repositório de Medição considerando Adequação  
ao Controle Estatístico de Processos**

Copyright © 2015 Monalessa Perini Barcellos

<b>Organização:</b>	<<nome da organização>>
<b>Avaliador:</b>	<<nome do avaliador>>
<b>Data da avaliação:</b>	<<data da avaliação>>

Instruções: para cada requisito, marque X na coluna correspondente ao resultado da avaliação. Posicione o mouse sobre as células com a marca vermelha no canto superior direito para visualizar a descrição dos requisitos, a descrição de cada resultado de avaliação para cada requisito e outras informações úteis para o preenchimento da planilha.  
Importante: para que os cálculos da pontuação e grau de adequação sejam realizados corretamente, deve-se marcar apenas um X para cada requisito avaliado.

Nota: a avaliação dos dados coletados deve ser feita para cada medida avaliada anteriormente. Assim, para cada planilha de avaliação de medida deve haver uma planilha de avaliação de dados correspondente.

**Item avaliado:      Dados Coletados      Dados coletados para a medida: <<nome da medida considerada>>**

Requisitos	Avaliação							Observações do Avaliador
	Não se aplica	Atende Totalmente	Atende Largamente	Atende Razoavelmente	Atende Precariamente	Não Atende	Não foi possível avaliar	
1.Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.								
2. Há volume suficiente de dados coletados.				-				
3. Não há dados perdidos ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise.								
4.Os dados coletados são precisos.								
5. Os dados coletados são consistentes.								

6. Para cada medição, é possível identificar nos dados armazenados: o valor medido, a entidade medida, o momento da medição (processo e atividade nos quais a medição foi realizada e data da medição), o executor da medição, o contexto da medição (dados relevantes sobre o contexto em que a medição ocorreu) e, quando a medição é realizada em um projeto: o projeto no qual a medição foi realizada, a definição do processo executado no projeto e a relação dessa definição com a definição do processo no âmbito da organização.								
7. Os dados coletados para as medidas que compõem a medida foram adequadamente coletados e estão disponíveis ( <i>se aplicável</i> ).								
8. Os dados coletados para as medidas capazes de apoiar as análises foram adequadamente coletados e estão disponíveis.								
9. Os dados coletados para as medidas necessárias à normalização da medida foram adequadamente coletados e estão disponíveis ( <i>se aplicável</i> ).								



## Instrumento para Avaliação de Repositório de Medição considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos

Copyright © 2015 Monalessa Perini Barcellos

<b>Organização:</b>	<<nome da organização>>
<b>Avaliador:</b>	<<nome do avaliador>>
<b>Data da avaliação:</b>	<<data da avaliação>>

**Item avaliado:**      **Medidas**      **Medida: <<nome da medida avaliada>>**

### Ações de Adequação Sugeridas

Requisitos	Ações de Adequação	
	Sugeridas pelo IARM (ações gerais)	Sugeridas pelo Avaliador (ações específicas para a avaliação realizada)
1. A definição operacional da medida é correta, clara e completa, contendo: nome da medida, mnemônico, tipo de medida (base ou derivada), tipo de entidade mensurável, unidade de medida, tipo de escala, valores da escala, procedimento de medição, fórmula de medição, responsável pela medição, periodicidade da medição, momento da medição, e, quando pertinente, procedimento de análise de medição, responsável pela análise de medição, periodicidade da análise de medição e momento da análise de medição.	<p><i>. Se a definição operacional da medida está incompleta ou não é clara</i></p> <p>a) Rever a definição operacional da medida a fim de identificar e incluir as informações que não estão presentes ou não sejam claras. Algumas informações podem ser identificadas analisando-se os dados coletados para a medida (a análise dos dados coletados permite, por exemplo, identificar o tipo de escala e os valores da escala e incluí-los da definição operacional), buscando-se informações em documentos ou questionando-se pessoas relacionadas à medição (uma pessoa envolvida com a medição pode, por exemplo, informar que uma determinada medida cujo procedimento de coleta não está descrito em sua definição operacional é coletada automaticamente através dos dados registrados em um sistema de informação utilizado pela organização).</p> <p>b) Registrar a definição operacional alterada no repositório de medição.</p>	

<p>2. A medida está alinhada a objetivos da organização.</p>	<p><i>. Se a medida está registrada no repositório de medição, mas não consta no Plano de Medição</i>  - Rever o Plano de Medição e incluir a medida devidamente associada a objetivos registrados.  <i>. Se a medida está registrada no Plano de Medição, mas não consta no repositório de medição</i>  - Registrar a medida no repositório de medição e sua relação com os objetivos.  <i>. Se a medida está associada a um objetivo da organização, mas a relação não é explícita no repositório de medição</i>  - Identificar as relações da medida com objetivos e registrar no repositório de medição.  <i>Nota:</i> As inadequações em questão normalmente ocorrem quando a organização elabora o Plano de Medição em um documento e não armazena (ou armazena inadequadamente) seus dados no repositório de medição. É necessário manter consistência entre o Plano de Medição e as medidas definidas e coletadas na organização.</p>	
<p>3. Os resultados da análise da medida são relevantes à tomada de decisão.</p>	<p>Não há ações de adequação possíveis.</p>	
<p>4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processos.</p>	<p>Não há ações de adequação possíveis.</p>	
<p>5. A medida fornece informações sobre o desempenho de um processo.</p>	<p>Não há ações de adequação possíveis.</p>	
<p>6. A medida está relacionada a um processo crítico.</p>	<p>Não há ações de adequação possíveis.</p>	
<p>7. A medida possui baixa granularidade.</p>	<p><i>. Se a definição operacional da medida estabelece granularidade insatisfatória, mas há dados registrados com granularidade adequada</i>  a) Ajustar a definição operacional da medida para ficar consistente com os dados coletados com a granularidade adequada e registrar a nova definição operacional, relacionando a medida com os dados coletados com a granularidade adequada OU b) definir uma nova medida (a medida original é mantida) com a granularidade adequada, registrá-la adequadamente no Plano de Medição e relacionar os dados coletados com a granularidade adequada à nova medida definida.</p>	

## Instrumento para Avaliação de Repositório de Medição considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos



Copyright © 2015 Monalessa Perini Barcellos

**Organização:** <<nome da organização>>  
**Avaliador:** <<nome do avaliador>>  
**Data da avaliação:** <<data da avaliação>>

**Item avaliado:** **Dados Coletados**      **Medida :** <<nome da medida considerada>>

### Ações de Adequação Sugeridas

Requisitos	Ações de Adequação	
	Sugeridas pelo IARM (ações gerais)	Sugeridas pelo Avaliador (ações específicas para a avaliação realizada)
1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.	. <i>Se o acesso aos dados é ineficiente</i> - Reestruturar e/ou reorganizar a(s) fonte(s) dos dados da medida a fim de facilitar o acesso integral aos dados.	
2. Há volume suficiente de dados coletados.	Não há ações de adequação possíveis.	
3. Não há dados perdidos ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise.	. <i>Se há dados perdidos recuperáveis</i> - Implementar estratégias de recuperação de dados, incluindo, além de técnicas aplicadas diretamente sobre o repositório, a análise de documentos e realização de entrevistas com as pessoas envolvidas. Isso será especialmente útil na identificação de dados relacionados às informações de contexto de coleta das medidas.	
4. Os dados coletados são precisos.	. <i>Se há dados que apresentam desvios em relação à definição operacional, mas podem ser corrigidos</i> - Analisar os dados contidos no repositório de medição ou em documentos dos projetos e realizar entrevistas a fim de obter informações que permitam adequar os dados.	
5. Os dados coletados são consistentes.	. <i>Se há dados que apresentam inconsistências que podem ser tratadas</i> - Analisar os dados contidos no repositório de medição ou em documentos dos projetos e realizar entrevistas a fim de obter subsídios que permitam ajustar os dados.	

<p>6. Para cada medição, é possível identificar nos dados armazenados: o valor medido, a entidade medida, o momento da medição (processo e atividade nos quais a medição foi realizada e data da medição), o executor da medição, o contexto da medição (dados relevantes sobre o contexto em que a medição ocorreu) e, quando a medição é realizada em um projeto: o projeto no qual a medição foi realizada, a definição do processo executado no projeto e a relação dessa definição com a definição do processo no âmbito da organização.</p>	<p><b>. Se os dados são incompletos, mas é possível obter as informações necessárias para completá-los</b>  - Analisar os dados contidos no repositório de medição ou em documentos dos projetos e realizar entrevistas a fim de obter informações que permitam completar os dados armazenados.</p>	
<p>7. Os dados coletados para as medidas que compõem a medida foram adequadamente coletados e estão disponíveis (<i>se aplicável</i>).</p>	<p><b>. Se há problemas para acessar os dados das medidas que compõem a medida considerada</b>  - Reestruturar e/ou reorganizar a(s) fonte(s) dos dados da medida a fim de facilitar o acesso integral aos dados.  <b>. Se os dados coletados para as medidas que compõem a medida considerada são incompletos, imprecisos ou inconsistentes, mas é possível ajustá-los</b>  - Analisar os dados contidos no repositório de medição ou em documentos dos projetos e realizar entrevistas a fim de obter informações que permitam adequar os dados.  <b>. Se há dados perdidos nos dados coletados para as medidas que compõem a medida considerada e é possível recuperá-los</b>  - Implementar estratégias de recuperação de dados, incluindo, além de técnicas aplicadas diretamente sobre o repositório, a análise de documentos e realização de entrevistas com as pessoas envolvidas pode auxiliar na recuperação dos dados.</p>	
<p>8. Os dados coletados para as medidas capazes de apoiar as análises foram adequadamente coletados e estão disponíveis.</p>	<p><b>. Se há problemas para acessar os dados das medidas de apoio à análise da medida considerada</b>  - Reestruturar e/ou reorganizar a(s) fonte(s) dos dados da medida a fim de facilitar o acesso integral aos dados.  <b>. Se os dados coletados para as medidas de apoio à análise da medida considerada são incompletos, imprecisos ou inconsistentes, mas é possível ajustá-los</b>  - Analisar os dados contidos no repositório de medição ou em documentos dos projetos e realizar entrevistas a fim de obter informações que permitam adequar os dados.  <b>. Se há dados perdidos nos dados coletados para as medidas de apoio à análise da medida considerada e é possível recuperá-los</b></p>	

## **IV.7 Apoio para Verificação de Relacionamento entre Medidas**

Este modelo apoia a análise do relacionamento entre duas medidas relacionadas à subprocessos críticos da organização, por meio da geração automática do diagrama de dispersão e o cálculo do coeficiente de Pearson.

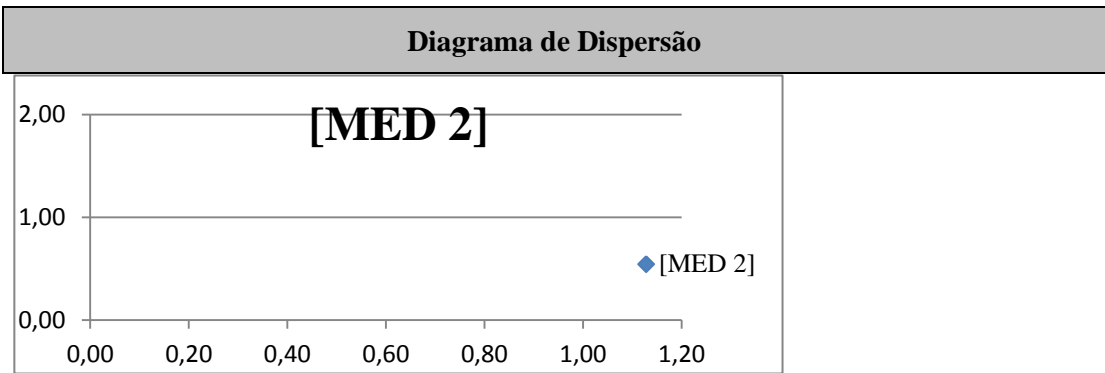
O modelo é composto por uma aba, “MED1 e MED2 – Dispersão e Pearson”, sendo MED1 e MED2 siglas das medidas que estão sendo analisadas. Esta aba se refere ao relacionamento de somente duas medidas; portanto, para cada par de medidas, uma nova aba deverá ser criada, a partir da cópia da aba já existente.



Preencher somente os campos em amarelo. Os demais campos e o gráfico são preenchidos automaticamente.

### Diagrama de dispersão e Coeficiente de Pearson para as medidas [MED1] e [MED2]

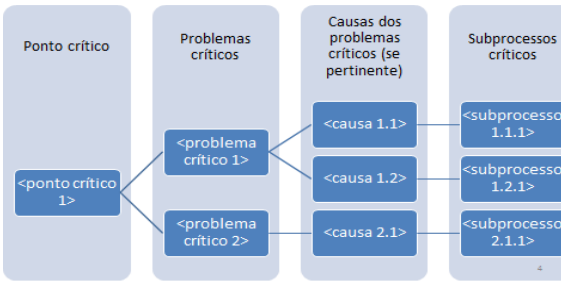
Valores	
Variável independente	Possível variável dependente
[MED 1]	[MED 2]



Coeficiente de Pearson	
<b>r =</b>	#DIV/0!
<b>Análise:</b>	<p>[Realizar a análise de acordo com o Diagrama de Dispersão e o coeficiente de Pearson.</p> <p>Com relação ao coeficiente de Pearson:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Se <math>r=0</math>, não há indícios de correlação</li> <li>. Se <math>r&lt;0</math>, há indícios de correlação negativa (ou seja, quanto maior MED1 menor MED2)</li> <li>. Se <math>r&gt;0</math>, há indícios de correlação positiva (ou seja, quanto maior MED1 maior MED2) ]</li> </ul>

## IV.8 Apresentação de Subprocessos Críticos

O modelo desta apresentação (*slides*) tem o objetivo de auxiliar o grupo de processos a relatar à alta direção como os subprocessos críticos foram identificados a partir das análises de causas realizadas, apresentando os vínculos entre pontos críticos, problemas críticos, causas dos problemas críticos (se pertinente) e os subprocessos relacionados. Esta apresentação também visa apresentar as medidas existentes para cada subprocesso crítico a fim de identificar, junto à alta direção, ações corretivas (se for necessário).

<p>1</p> <p style="text-align: center;"><b>Apresentação dos Subprocessos Críticos</b></p>	<p>2</p> <p style="text-align: center;"><b>Lista de pontos críticos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Listar os pontos críticos que foram identificados junto com a alta direção e que estão registradas no documento “Lista de Problemas e Subprocessos Críticos (aba “Pontos críticos)”&gt;</li> </ul> <p style="text-align: right;">2</p>												
<p>3</p> <p style="text-align: center;"><b>&lt;Instruções&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Para cada ponto crítico apresentar o desdobramento obtido por meio das análises de causas até a identificação dos subprocessos críticos.&gt;</li> <li>• Cada slide a seguir deve corresponder a um ponto crítico por vez e seus respectivos desdobramentos.&gt;</li> <li>• Substitua “ID Ponto crítico 1” pelo identificador do ponto crítico, e “Ponto crítico 1” pela descrição do ponto&gt;</li> </ul> <p style="text-align: right;">3</p>	<p>4</p> <p style="text-align: center;"><b>Subprocessos críticos identificados para ponto &lt;ID ponto crítico 1&gt;</b></p>  <p style="text-align: right;">4</p>												
<p>5</p> <p style="text-align: center;"><b>Diagrama de Ishikawa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;Apresente os diagramas de Ishikawa elaborados para a identificação dos problemas críticos e das suas causas&gt;</li> <li>• &lt;Cada slide deve conter somente um diagrama&gt;</li> </ul> <p style="text-align: right;">5</p>	<p>6</p> <p style="text-align: center;"><b>Subprocessos críticos</b></p> <table border="1" data-bbox="810 1624 1382 1910"> <thead> <tr> <th>Subprocessos críticos</th> <th>Medidas existentes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;subprocesso crítico 1&gt;</td> <td>&lt;medida 1&gt; &lt;medida 2&gt; &lt;medida n&gt;</td> </tr> <tr> <td>&lt;subprocesso crítico 2&gt;</td> <td>&lt;medida 1&gt; &lt;medida 2&gt; &lt;medida n&gt;</td> </tr> <tr> <td>&lt;subprocesso crítico 3&gt;</td> <td>&lt;medida 1&gt; &lt;medida 2&gt; &lt;medida n&gt;</td> </tr> <tr> <td>&lt;subprocesso crítico 4&gt;</td> <td>&lt;medida 1&gt; &lt;medida 2&gt; &lt;medida n&gt;</td> </tr> <tr> <td>&lt;subprocesso crítico n&gt;</td> <td>&lt;medida 1&gt; &lt;medida 2&gt; &lt;medida n&gt;</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">6</p>	Subprocessos críticos	Medidas existentes	<subprocesso crítico 1>	<medida 1> <medida 2> <medida n>	<subprocesso crítico 2>	<medida 1> <medida 2> <medida n>	<subprocesso crítico 3>	<medida 1> <medida 2> <medida n>	<subprocesso crítico 4>	<medida 1> <medida 2> <medida n>	<subprocesso crítico n>	<medida 1> <medida 2> <medida n>
Subprocessos críticos	Medidas existentes												
<subprocesso crítico 1>	<medida 1> <medida 2> <medida n>												
<subprocesso crítico 2>	<medida 1> <medida 2> <medida n>												
<subprocesso crítico 3>	<medida 1> <medida 2> <medida n>												
<subprocesso crítico 4>	<medida 1> <medida 2> <medida n>												
<subprocesso crítico n>	<medida 1> <medida 2> <medida n>												

## IV.9 Lista de Causas Especiais

Este modelo visa fornecer apoio para o registro e identificação das causas especiais que provocaram pontos de instabilidade no desempenho do subprocesso avaliado.

Há três abas que compõem este modelo, a saber:

- Informações de contexto: registra informações complementares relacionadas ao ponto de instabilidade que foi identificado por meio do gráfico de controle, com o objetivo de decidir sobre a necessidade de realizar uma análise de causas;
- Ishikawa-<ID an. estabilidade>: apresenta um modelo do diagrama de Ishikawa com o objetivo de analisar as causas de um determinado ponto de instabilidade. Foram adotadas as categorias do diagrama de Ishikawa sugeridas por (KALINOWSKI, 2011). Cada ponto de instabilidade selecionado para a análise deve possuir uma aba própria, informando o ID do ponto de instabilidade fornecido na aba “Informações de contexto”;
- Planos de ação: registra os planos de ação para as principais causas especiais identificadas.

*Preencha os campos em amarelo a seguir com relação às informações de contexto referentes ao ponto de instabilidade no subprocesso identificado a partir da análise dos gráficos de controle. Estas informações complementam as informações já registradas na Planilha de Medidas e devem ser utilizadas para verificar a necessidade de realizar análise de causas.*

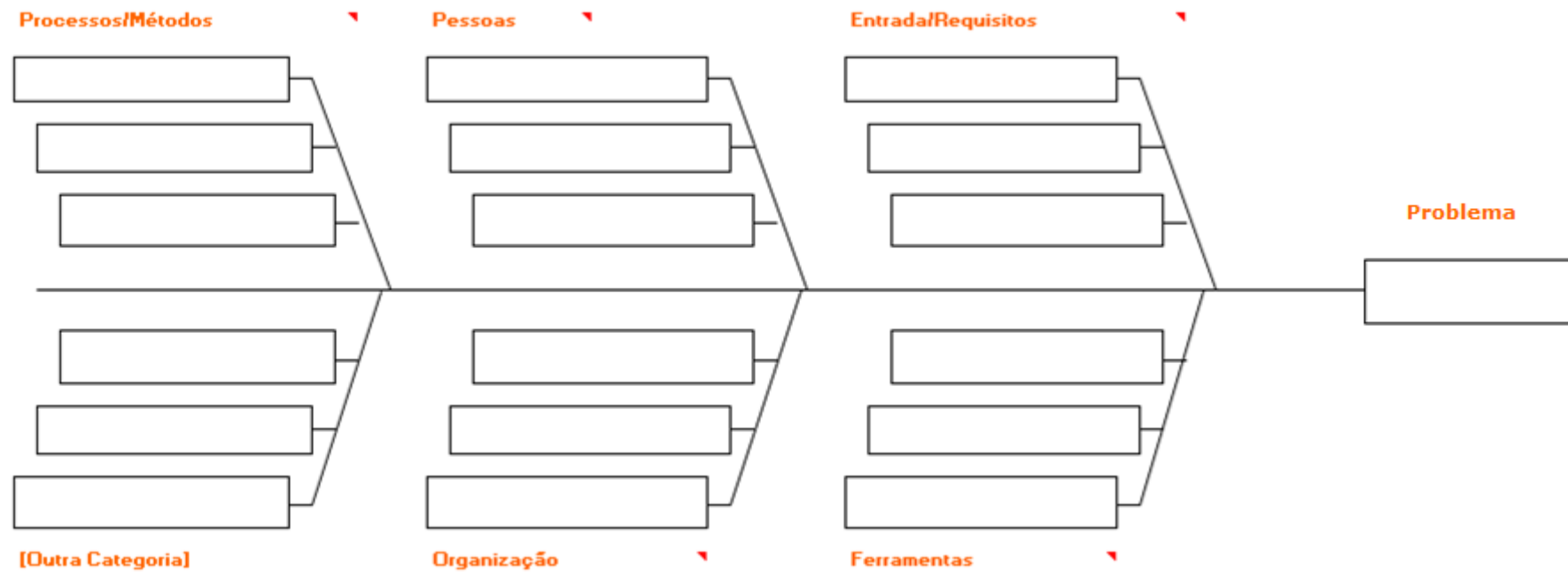
### Informações de contexto - Pontos de instabilidade

ID	ID da Análise da estabilidade	Informações	Representa um fato isolado? ▼	Justificativa

## Diagrama de Ishikawa para Identificar Causas Especiais

*Cada diagrama se refere a um único ponto de instabilidade do subprocesso crítico analisado. Desta forma, a cada novo ponto de instabilidade, uma nova aba deve ser criada, a partir da cópia desta aba.*

*Coloque a descrição do problema no quadrado indicado e escreva as causas relacionadas a cada uma das categorias a seguir. Se achar pertinente, crie uma nova categoria (ramo inferior à esquerda).*



## Planos de Ação

*Para cada instabilidade identificada nos subprocessos críticos, apresente as principais causas especiais e suas ações corretivas, preenchendo os campos em amarelo.*

ID da Análise da estabilidade	Principal(is) causa(s)	Ações para estabilidade medida do subprocesso	Ação realizada?

## **IV.10 Apoio para Modelo de Desempenho**

Este modelo tem o objetivo de registrar os modelos de desempenho estabelecidos pela organização. Cada modelo de desempenho deve ser registrado em uma aba própria. As medidas relacionadas a um modelo de desempenho devem ser informadas, juntamente com o ID da análise de desempenho a partir do qual sua estabilidade foi verificada.

O modelo é composto somente por uma aba, “Modelo <NOME>”, sendo NOME o nome ou a sigla do modelo de desempenho estabelecido. Esta aba se refere ao estabelecimento de somente um modelo de desempenho; portanto, para cada modelo de desempenho, uma nova aba deverá ser criada, a partir da cópia da aba já existente.

*Informe as medidas envolvidas para criar este modelo de desempenho, apresentando suas características e a sua respectiva análise de estabilidade. Pelo menos, duas medidas devem ser informadas.*

### Modelo de Desempenho [Nome]

Medida	Tipo da variável no modelo de desempenho ▼	Tipo da medida ▼	Escala da medida ▼	ID da análise de estabilidade

Modelo de desempenho gerado				
Data	Método utilizado ▼	Modelo	Válido/Confiável? ▼	Justificativa

Avaliação da assertividade do modelo de desempenho			
Valores de [Variável dependente]			Assertividade (%)
Data de coleta	Real	Calculado	
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!
			#DIV/0!



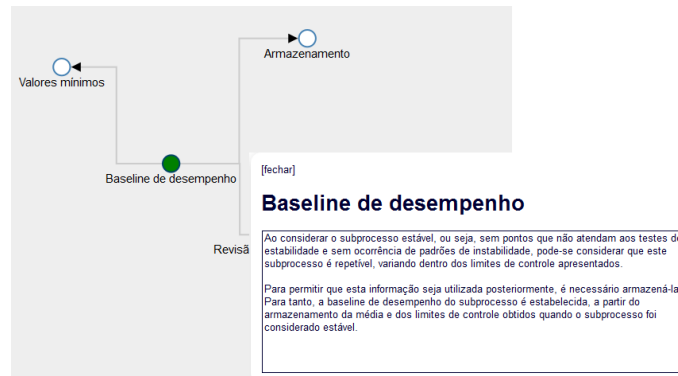
# **APÊNDICE V – REPOSITÓRIO DE CONHECIMENTO PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PROCESSOS DE SOFTWARE**

## **V.1 Introdução**

Este apêndice visa apresentar os itens de conhecimento que compõem o repositório de conhecimento proposto nesta tese. Conforme descrito no Capítulo 5, este repositório de conhecimento é uma organização inicial do conhecimento necessário para se executar a análise de desempenho de processos de software com apoio do ambiente SPEAKER. A partir da utilização do ambiente, novos itens de conhecimento podem ser adicionados ao repositório de conhecimento provido neste trabalho.

Nas subseções a seguir, os itens de conhecimento são apresentados categorizados pelas etapas do processo de análise de desempenho e suas respectivas atividades e tarefas, conforme apresentado no Capítulo 4. O repositório de conhecimento é apresentado neste apêndice seguindo a estrutura com a qual foi disponibilizado na ferramenta FAAD, ou seja, seguindo a estrutura dos mapas mentais disponibilizados na ferramenta. Cada mapa mental representa um item de conhecimento (IC) e é apresentado na subseção correspondente à tarefa ao qual está relacionado, conforme a organização da Tabela V.1. Vale ressaltar que nem todas as tarefas possuem um item de conhecimento relacionado e, portanto, esta tarefa não é apresentada no decorrer deste apêndice.

A descrição de cada nó é apresentada neste apêndice após os dois pontos de cada item do conhecimento. Na ferramenta FAAD, esta descrição é apresentada em uma tela à parte quando o usuário deseja obter detalhes sobre um determinado item, ao clicar sobre o nó correspondente, conforme demonstrado na Figura V.1.



**Figura V.1** – Tela de descrição de um nó do mapa mental no SPEAKER

**Tabela V.1 – Organização dos itens de conhecimento por tarefas do processo de análise de desempenho**

<b>Atividade</b>	<b>Tarefa</b>	<b>Item de conhecimento</b>
<b>Preparar para Análise de Desempenho</b>		
Identificar problemas críticos	Consultar medidas	-
	Elaborar lista inicial de pontos críticos	IC.1 – Análise de documentos
	Preparar questionário para colaboradores	IC.2 – Técnica Wideband Delphi
	Realizar reunião de apresentação do questionário	-
	Responder questionário	-
	Agregar respostas ao questionário (1ª fase)	-
	Gerar nova versão do questionário	-
	Realizar reunião de discussão	-
	Rever respostas ao questionário	-
	Agregar respostas ao questionário (2ª fase)	-
	Identificar pontos críticos	-
	Identificar problemas críticos	IC.3 – Análise de causas
	Verificar necessidade de identificar causas de problemas críticos	-
	Identificar causas dos problemas críticos	IC.3 – Análise de causas
Identificar subprocessos críticos	Identificar subprocessos relacionados aos problemas	IC.4 – Subprocessos
	Avaliar adequação das medidas	IC.5 – Avaliação de medidas
	Realizar testes estatísticos para confirmar relacionamentos	IC.6 – Tipos de variáveis IC.7 – Diagrama de dispersão IC.8 – Testes estatísticos
Rever/Priorizar subprocessos para análise de desempenho	Preparar apresentação para alta direção	-
	Priorizar subprocessos críticos	-
Realizar ações para adequação de medidas	Estabelecer planos de ação	IC.9 – Sugestões de medidas para análise de desempenho
	Executar planos de ação	-

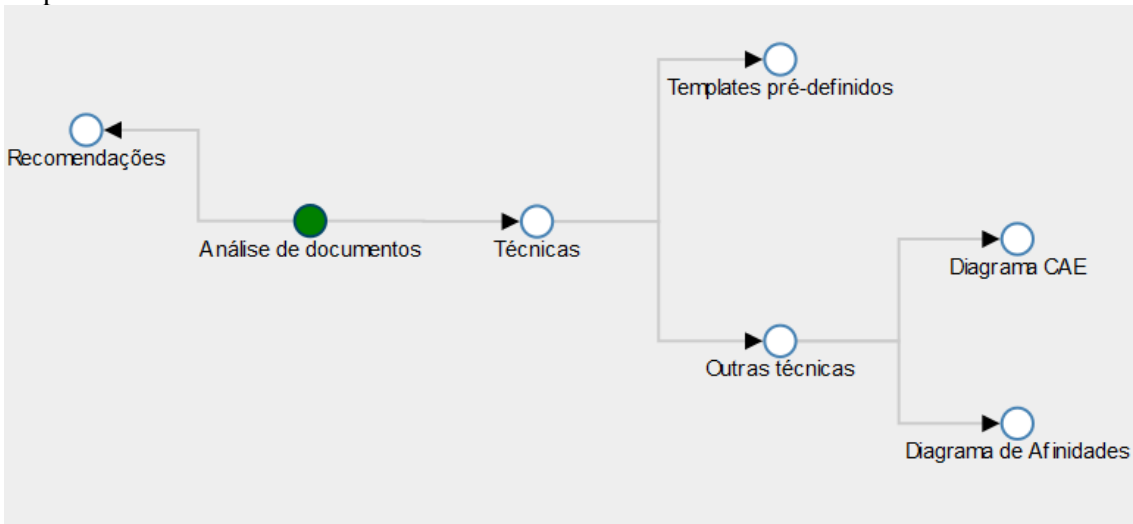
<b>Verificar Estabilidade</b>		
Selecionar gráfico de controle	Preparar planilha de medidas	-
	Identificar subgrupos homogêneos da medida	IC.10 – Subgrupos homogêneos
	Determinar características das medidas	IC.11 – Tipos de medida IC.12 – Distribuição de probabilidade
	Selecionar gráfico de controle apropriado	IC.13 – Gráfico de controle
Realizar testes de estabilidade	Construir gráficos de controle	-
	Aplicar testes de estabilidade	IC.14 – Testes de estabilidade
	Identificar padrões de instabilidade	IC.15 – Padrões de instabilidade
Realizar ações para estabilizar subprocesso (se necessário)	Coletar informações de contexto	IC.16 – Informações de contexto
	Eliminar <i>outliers</i>	-
	Identificar causas	IC.3 – Análise de causas IC.17 – Possíveis causas especiais
	Definir planos de ação	-
	Executar planos de ação	-
	Coletar medidas	-
Confirmar estabilidade (se pertinente)	Verificar necessidade de analisar novamente as medidas	IC.18 – Recomendações
Estabelecer <i>baseline</i> de desempenho	Armazenar informações	IC.19 – <i>Baseline</i> de desempenho
<b>Estabelecer Modelo de Desempenho</b>		
Construir modelo de desempenho	Selecionar método para estabelecer modelo de desempenho	IC.20 – Modelo de desempenho
	Gerar modelo de desempenho	-
Avaliar modelo de desempenho	Verificar validade do modelo de desempenho	IC.21 – Avaliação do modelo de desempenho
	Avaliar a assertividade do modelo de desempenho	-

## V.2 Preparar para a Análise de Desempenho

O conhecimento relacionado a esta etapa está organizado nas subseções a seguir, onde cada subseção é uma atividade que compõe esta etapa, conforme apresentado na Tabela V.1.

### V.2.1 Identificar problemas críticos

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

Elaborar lista inicial de pontos críticos
<b>IC.1 – Análise de documentos</b>
Mapa mental:  <p>O mapa mental mostra o processo de análise de documentos. No centro, há um círculo verde rotulado 'Análise de documentos'. Uma seta aponta para a esquerda para um círculo azul rotulado 'Recomendações'. Outra seta aponta para a direita para um círculo azul rotulado 'Técnicas'. De 'Técnicas', duas setas apontam para cima e para baixo para dois círculos azuis rotulados 'Templates pré-definidos' e 'Outras técnicas', respectivamente. De 'Templates pré-definidos', uma seta aponta para um círculo azul rotulado 'Diagrama CAE'. De 'Outras técnicas', uma seta aponta para um círculo azul rotulado 'Diagrama de Afinidades'.</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Análise de documentos:</b> A análise de documentos tem o objetivo de examinar documentos importantes da organização, tais como relatórios de medição, relatórios de auditorias de qualidade internas e externas, avaliações da satisfação dos clientes, relatórios de monitoração de projetos, relatórios de análise de <i>post mortem</i>, dentre outros. A partir desta análise, podem-se identificar os pontos críticos para a organização e, posteriormente, complementar estes achados com a percepção dos principais <i>stakeholders</i> por meio de questionários ou entrevistas. No contexto da análise de desempenho, os relatórios de medição da organização são importantes de serem analisados. A análise dos demais documentos de projeto e organizacionais é opcional e a decisão pela inclusão da análise destes documentos fica a critério do grupo de processos.<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Técnicas:</b> Geralmente, a análise de documento é realizada de acordo com a experiência individual e as políticas da organização. Quando somente os relatórios de medição são analisados, deve-se preencher <i>templates</i> pré-definidos, permitindo uma análise histórica de cada medida ao longo do tempo.<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Templates pré-definidos:</b> os <i>templates</i> pré-definidos devem ser utilizados quando os relatórios de medição da organização não apresentam os dados de uma medida em um único local, estruturando historicamente os resultados de cada medição ao longo do tempo. As coletas da medida, realizadas em cada projeto, devem ser dispostas de forma histórica, permitindo a comparação dos resultados ao longo do tempo. Um gráfico de barra é automaticamente construído a partir das coletas informadas, permitindo uma análise visual comparando as coletas entre si e com o valor de</li></ul></li></ul></li></ul>

referência (meta estabelecida). Além de estruturar as coletas de forma histórica, os *templates* também auxiliam na agregação das principais análises já realizadas anteriormente e das principais informações de contexto. A partir desta estruturação, é possível identificar com mais clareza os possíveis problemas indicados nos resultados de medição que estão fora do desempenho esperado.

- Outras técnicas: Além dos *templates*, há outras técnicas que podem auxiliar na estruturação dos achados, principalmente quando a análise de documentos inclui outros documentos, tais como relatórios de auditorias de qualidade internas e externas, avaliações da satisfação dos clientes, relatórios de monitoração de projetos, relatórios de análise de *post mortem*, dentre outros. Exemplos destas técnicas são: o Diagrama CAE e o Diagrama de Afinidades.

- Diagrama CAE: O Diagrama CAE (Conclusão - Análise - Evidência) visa associar as informações dispersas nos documentos e apresentá-las em um formato estruturado e compreensível. A construção deste diagrama pode auxiliar a análise quando há diversos tipos de documentos a serem analisados. Um diagrama CAE é construído em três passos: (i) listar todas as conclusões identificadas nos documentos analisados; (ii) identificar todas as linhas de análise que reforçam ou enfraquecem as conclusões apresentadas no passo i; e (iii) identificar evidências que reforçam ou enfraquecem cada uma das análises feitas no passo ii.

Mais informações sobre o Diagrama CAE podem ser encontradas em:

. CHOZOS, N., 2004, Using Conclusion, Analysis and Evidence Diagrams to Support Stakeholder Analysis in Accident Reports, disponível em: <http://repository.binus.ac.id/content/D0584/D058465375.pdf>

- Diagrama de Afinidades: O Diagrama de Afinidades, também denominado Método KJ ou Método LP (*language processing*), é a representação gráfica de grupos de dados afins que têm alguma relação natural entre si. Este diagrama normalmente é utilizado a partir da verbalização das ideias/questões em uma reunião, na qual é apresentado um tema, mas pode ser adaptado para informações que estão documentadas em diversas fontes. As ideias/questões coletadas sobre este tema são transcritas em cartões que, posteriormente, são agrupados segundo similaridade. A cada conjunto de cartões, um título é definido apresentando a ideia central do conjunto. Se possível, novos agrupamentos são realizados com os conjuntos similares, formando blocos que, posteriormente, terão um título. O Diagrama de Afinidades pode ser utilizado também como um primeiro passo para a análise de causas das questões que estão sendo analisadas.

Mais informações sobre o Diagrama de Afinidades podem ser encontradas em:

. GEORGE, M. L., ROWLANDS, D., PRICE, M., MAXEY, J., 2005, The Lean Six Sigma Pocket - 6 $\sigma$  Toolbook, The McGraw-Hill. – pág. 30.

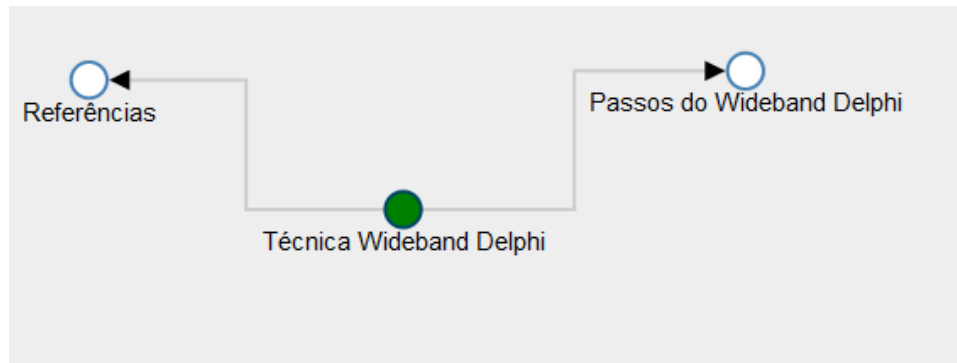
. ECKES, G., 2001, A Revolução Seis Sigma, 6ª Edição, Elsevier. – cap. 8

- Recomendações: Para que a análise de documentos seja coerente com o contexto atual da organização, é necessário verificar se os documentos a serem analisados são recentes ou, pelo menos, foram gerados em um contexto semelhante ao atual. Além disto, deve-se verificar a qualidade dos dados contidos nos documentos, analisando se estes dados foram coletados de forma consistente, por exemplo.

## Tarefa: Preparar questionário para colaboradores

### IC.2 – Técnica Wideband Delphi

Mapa mental:



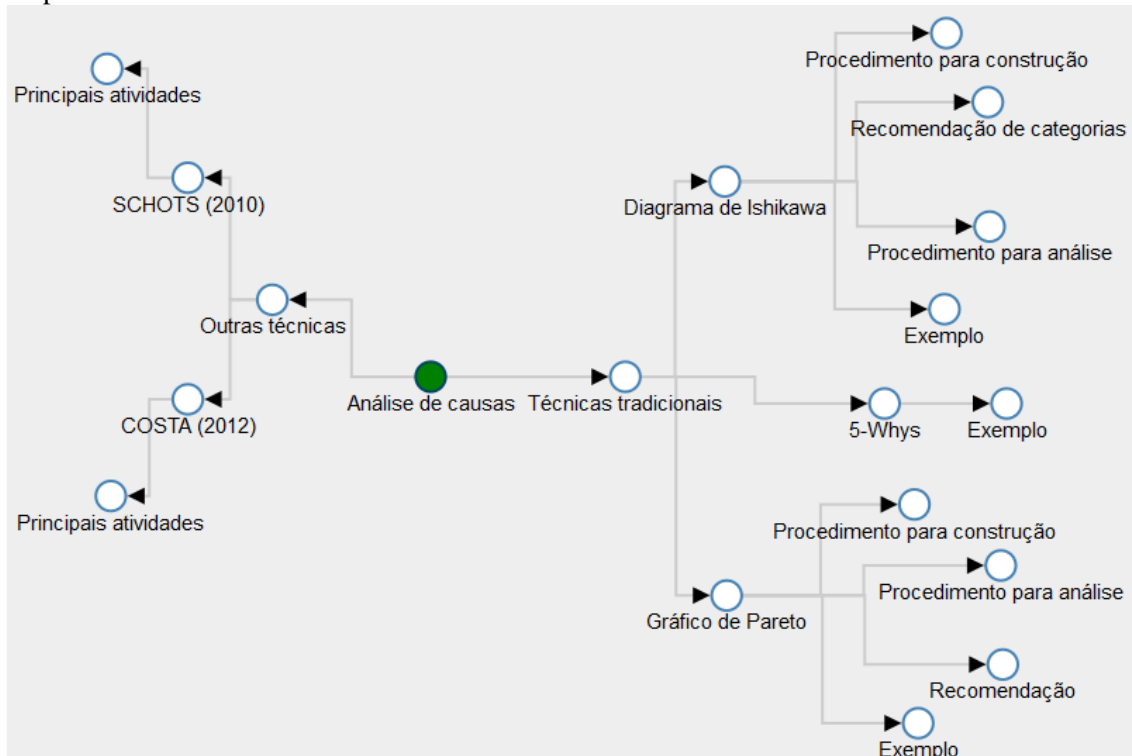
- **Técnica Wideband Delphi:** A técnica Delphi é um método para tomada de decisão em grupo no qual os membros apresentam suas ideias sem estarem fisicamente reunidos. Esta técnica busca deduzir, refinar e gerar uma opinião final a partir de um grupo de especialistas, possibilitando a redução dos efeitos negativos da interação das pessoas de um grupo. Uma das variações da Técnica Delphi é a Wideband Delphi, que tem sido mais aplicável à área de engenharia de software, pois não elimina completamente a interação entre os especialistas, mas mantém a independência e anonimato em algumas fases do processo de tomada de decisão.
  - **Passos do Wideband Delphi:** Foi realizada uma adaptação dos passos originais do Wideband Delphi para a identificação dos problemas críticos da organização no contexto da análise de desempenho. Os seguintes passos devem ser realizados (as tarefas correspondentes do processo estão indicadas entre parênteses no decorrer da descrição dos passos): (i) **Reunião de kickoff** (Realizar reunião de apresentação da consulta): os participantes que irão responder ao questionário são convocados para uma reunião para apresentar o objetivo da consulta, o questionário e o método de aplicação; (ii) **Obtenção das respostas** (Aplicar questionário): os participantes respondem ao questionário de forma anônima e independente por cada um dos participantes; (iii) **Análise das respostas** (Analisar respostas ao questionário (1ª fase)): o grupo de processos deve compilar as respostas e preparar uma apresentação com os resultados obtidos; (iv) **Discussão das respostas compiladas** (Realizar reunião de discussão): o grupo de processos deve apresentar as respostas obtidas com a primeira rodada do questionário e instigar a discussão entre os participantes; (v) **Obtenção de novas respostas** (Rever respostas ao questionário): o questionário é reenviado para cada participante com as respostas obtidas anteriormente e com a opção do participante alterar sua resposta inicial; e (vi) **Reavaliação das respostas** (Agregar respostas ao questionário (2ª fase)): o grupo de processos deve compilar as novas respostas obtidas.
  - **Referências:**
    - . BOEHM, B., 1981, “Software Engineering Economics”, Prentice Hall.
    - . FARIA, L., 2013, “Wideband Delphi e as estimativas ágeis”. Disponível em: <http://leandrofaria.com.br/wideband-delphi-e-as-estimativas-ageis>. Acesso em: março/2016.
    - . GREENE, J., STELLMAN, A., 2005, “Wideband Delphi Estimation Process”. Disponível em: [http://www.stellman-greene.com/about/applied-software-project-management/applied-software-project-management-software-project-planning-practices/#Wideband\\_Delphi\\_Estimation\\_Process](http://www.stellman-greene.com/about/applied-software-project-management/applied-software-project-management-software-project-planning-practices/#Wideband_Delphi_Estimation_Process). Acesso em: março/2016.
    - . STELLMAN, A., GREENE, J., 2005, “Applied Software Project Management”, 1st Edition, O’Reilly Media Inc. Chapter 3 – Estimation.
    - . THOMPSON, B., 2008, “Wideband Delphi”. Disponível em: <http://leansoftwareengineering.com/wideband-delphi/>. Acesso em: março/2016.
    - . TRENDOWICZ, A., JEFFERY, R., 2014, “Software Project Effort Estimation”, Springer International Publishing Switzerland. Chapter 12 – Wideband Delphi.

. VALERDI, R., 2011, “Convergence of Expert Opinion via the Wideband Delphi Method: An Application in Cost Estimation Models”, in 21st Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering (INCOSE), pp. 1238-1251.  
 . WIEGERS, K. E., 2000, “Stop Promising Miracles”, Software Development, vol. 8(2), February, pp. 49–54.  
 . WOUNDENBERG, F., 1991, An Evaluation of Delphi, Technological Forecasting and Social Hange, New York, v. 40, n. 2, pp. 131-150.

**Tarefa: Identificar problemas**  
**Tarefa: Identificar causas dos problemas críticos**  
**Tarefa: Identificar causas**

**IC.3 – Análise de causas**

Mapa mental:



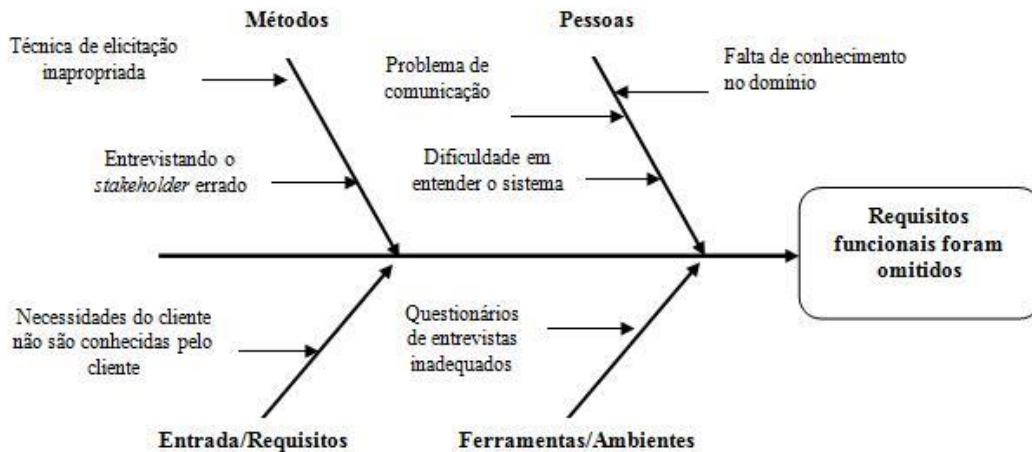
- **Análise de causas:** A análise de causas consiste em coletar e analisar dados a respeito de determinado evento e identificar suas causas para que, assim, torne-se possível desenvolver melhorias no processo e prevenir uma nova ocorrência deste evento no futuro. Há diversas técnicas que auxiliam a análise de causas, desde as técnicas tradicionais (tais como diagrama de Ishikawa, 5-Whys e gráfico de Pareto) até as técnicas propostas que visam minimizar as desvantagens das técnicas tradicionais (tais como as apresentadas em (SCHOTS, 2010) e (COSTA, 2012)).
  - **Técnicas tradicionais:** Há técnicas que auxiliam na análise de causas que são utilizadas com frequência, independentemente do contexto no qual a análise de causas é executada. Dentre estas técnicas, as mais utilizadas são o diagrama de Ishikawa, 5-Whys e o gráfico de Pareto.
    - **Diagrama de Ishikawa:** É uma forma gráfica usada para identificar e apresentar a relação existente entre determinado resultado de um processo (efeito) e os possíveis fatores (causas) que podem influenciar este resultado. Também é denominado “Diagrama de Causa e Efeito” ou “Diagrama de Espinha de Peixe”, (devido ao aspecto de espinha de peixe que adquire quando as causas de um resultado/problema vão sendo listadas de acordo com suas categorias; cada categoria é uma “espinha” do “peixe”).  
 Mais informações sobre o Diagrama de Ishikawa podem ser encontradas em:



- . FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, *Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement*, Addison Wesley.
  - . GEORGE, M. L., ROWLANDS, D., PRICE, M., MAXEY, J., 2005, *The Lean Six Sigma Pocket - 6 $\sigma$  Toolbook*, The McGraw-Hill.
  - . KALINOWSKI, M., 2011, *Uma Abordagem para Prevenção de Defeitos Provenientes de Inspeções para Apoiar a Melhoria dos Processos de Engenharia do Software*, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
  - . LATINO, R. J., LATINO, K. C., 2002, *Root Cause Analysis - Improving Performance for Bottom-Line Results*, Second Edition, CRC Press.
  - . ROTONDARO, R. G., 2006, *Seis Sigma – Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços*, Ed. Atlas.
  - . WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, *Understanding Statistical Process Control*, Second Edition, SPC Press, Inc.
- Procedimento para construção: Os procedimentos para construir o diagrama de Ishikawa são diversos dependendo da organização que o adota, mas é possível listar alguns procedimentos padrão, a saber: (i) Apresentar o problema ou o efeito que está sendo analisado para as pessoas que estão, direta e indiretamente, envolvidas; (ii) Escrever o problema (seu “título”) no final de uma linha horizontal; (iii) Definir as categorias nas quais as causas serão agrupadas. Para cada categoria, crie um “ramo” a partir da linha horizontal; (iv) Se necessário, subdividir cada ramo com tantos sub-ramos quanto forem necessários; (v) Coletar informações sobre o problema a partir de entrevistas, sessões de *brainstorming* etc.; e (vi) Listar as causas em sua respectiva categoria ou subcategorias. A construção do diagrama de Ishikawa deve ser auxiliada por pessoas de diferentes departamentos que influenciam (ou são influenciados) no processo que está sendo analisado. Desta forma, é mais provável que as reais causas do problema sejam identificadas.
  - Recomendação de categorias: O diagrama de Ishikawa pode ser construído com diferentes categorias, podendo ser adaptadas de acordo com o contexto e o evento sendo analisado. Originalmente, as causas dos problemas se enquadram em uma das quatro seguintes categorias: métodos, ferramentas/ambiente, pessoas, entradas/requisitos. No contexto da engenharia de software, as seguintes categorias são, geralmente, utilizadas: (i) **Entrada/Requisitos**: Esta categoria engloba causas relacionadas aos insumos do processo ou produto em questão. Por exemplo: conflitos políticos, tamanho e complexidade do domínio do problema, ambiguidade na descrição dos requisitos etc. (ii) **Pessoas**: Esta categoria está relacionada a causas que envolvem uma atitude dos colaboradores. Por exemplo: falta de conhecimento no domínio, falta de experiência, falta de treinamento, imprudência, distração etc. (iii) **Processos/Métodos**: Esta categoria envolve causas relacionadas à forma como o trabalho é conduzido. Por exemplo: quando há ausência de métodos formalizados ou estes são inadequados, incompletos ou não foram divulgados adequadamente, quando há má gestão, quando o método foi aplicado incorretamente, dentre outros. (iv) **Ferramentas**: Esta categoria engloba causas referentes a ferramentas ou à infraestrutura que são utilizadas para o trabalho. Por exemplo: *template* inapropriado, ferramenta de apoio limitada, falta de máquinas etc. e (v) **Organização**: Esta categoria está relacionada a causas organizacionais que transcendem a questão do processo. Por exemplo: políticas organizacionais inadequadas ou inexistentes, distribuição geográfica inapropriada das unidades organizacionais (problemas de comunicação ocasionados por diferentes fusos horários, etc.), estrutura organizacional inapropriada (nenhum funcionário responsável pela gerência de configuração, etc.), entre outros.
  - Procedimento para análise: Após a construção do diagrama de Ishikawa, a equipe deve analisar quais causas estão sob sua responsabilidade e são possíveis

de correção. Algumas questões podem auxiliar nesta análise, tais como: (i) há registros disponíveis sobre esta causa? (ii) há algum gráfico de controle que apresente o desempenho deste fator/característica? (iii) o fator/característica é um dado do tipo “variável” ou do tipo “atributo”? (iv) este fator/característica está relacionado com outro fator/característica?

- **Exemplo:** Um exemplo de diagrama de Ishikawa, a partir do qual foi possível identificar as possíveis causas para o problema dos requisitos funcionais terem sido omitidos em um projeto.



- **5-Whys:** O método 5-Whys foi originado dentro do Sistema Toyota de Produção e pode ser utilizado em vários contextos. O método consiste basicamente em perguntar (pelo menos) cinco vezes ‘por que’ um problema aconteceu. A sequência de perguntas deve continuar até que a causa raiz seja identificada, a partir de um consenso entre os indivíduos que estão aplicando o método.

Mais informações sobre o 5-Whys podem ser encontradas em:

. LATINO, R. J., LATINO, K. C., 2002, Root Cause Analysis - Improving Performance for Bottom-Line Results, Second Edition, CRC Press.

. ROBITAILLE, D., 2004, Root Cause Analysis: Basic Tools and Techniques. Chico, CA: Paton Press.

- **Exemplo:** Um exemplo da utilização do 5-Whys para um problema fictício é apresentado a seguir:

**Problema:** o grau de satisfação dos clientes em relação ao produto X diminuiu em relação aos meses anteriores

1) Por que houve diminuição do grau de satisfação dos clientes? R: Porque o produto X apresentou várias falhas.

2) Por que o produto X apresentou várias falhas? R: Porque as atividades de teste não foram executadas.

3) Por que as atividades de teste não foram executadas? R: Porque o projeto estava atrasado.

4) Por que o projeto estava atrasado? R: Porque se gastou mais tempo que o previsto na fase de desenvolvimento.

5) Por que se gastou mais tempo que o previsto na fase de desenvolvimento? R: Porque uma nova tecnologia foi utilizada, e os desenvolvedores não receberam o devido treinamento.

- **Gráfico de Pareto:** É um gráfico de barras que mostra a frequência de determinado evento em ordem decrescente. É indicado para estabelecer prioridade entre os itens que estão sendo analisados. O gráfico de Pareto apresenta de uma forma geral: (i) as classes de problemas ou de causas no eixo horizontal; (ii) a frequência de ocorrência de cada classe de problema ou de causa no eixo vertical; as colunas são dispostas em

ordem decrescente; e (iii) uma curva representativa da porcentagem acumulada das ocorrências. A análise do Gráfico de Pareto também é denominada como Princípio 20/80, segundo o qual 20% das causas geram 80% das consequências/efeitos. Desta forma, o gráfico de Pareto é uma técnica útil para separar os ‘poucos importantes’ dos ‘muitos triviais’.

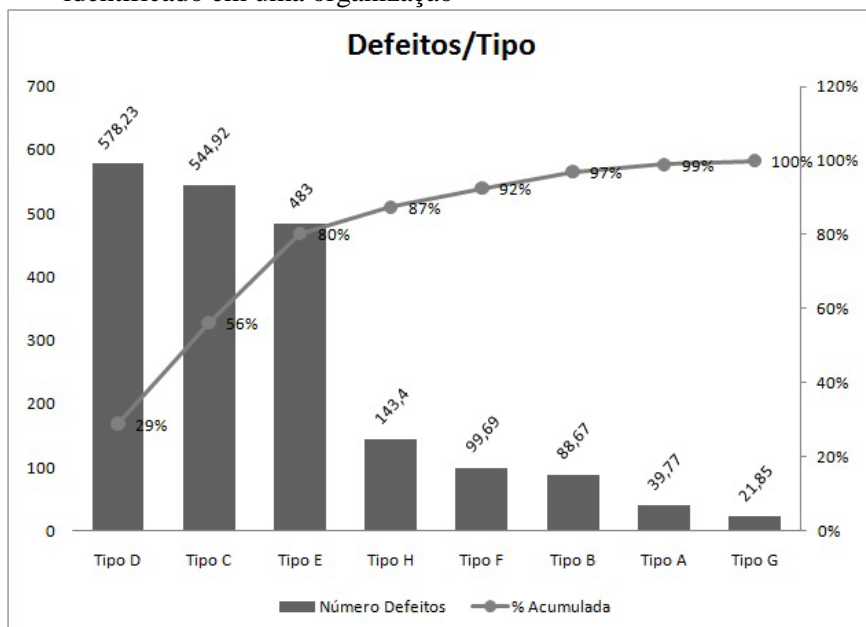
Mais informações sobre o Gráfico de Pareto podem ser encontradas em:

. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

. GEORGE, M. L., ROWLANDS, D., PRICE, M., MAXEY, J., 2005, The Lean Six Sigma Pocket - 6 $\sigma$  Toolbook, The McGraw-Hill.

. ROTONDARO, R. G, 2006, Seis Sigma – Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços, Ed. Atlas.

- Procedimento para construção: (i) Coletar dados de diversos problemas ou causas; (ii) Tabular a frequência ou o nível de impacto de cada problema ou causa por categoria; (iii) Determinar o número total de itens observados e contabilizar itens de cada categoria; (iv) Plotar o gráfico de barras por categoria, em ordem decrescente de frequência ou nível de impacto; (v) adicione uma linha de porcentagem acumulada (opcional).
- Procedimento para análise: Verificam-se quais os itens que estão mais à esquerda do diagrama; estes são os itens de maior impacto e que, portanto, representam as principais oportunidades de melhoria. A análise da curva da porcentagem acumulada é útil para decidir quantos itens devem ser tratados.
- Recomendação: Sempre que possível, construa mais de um gráfico de Pareto por conjunto de dados: um com relação à contagem ou frequência dos itens e outros com relação ao impacto em termos de qualidade, tempo ou custo. Desta forma, obtém-se uma visão melhor dos itens que são mais frequentes e causam maior impacto.
- Exemplo: Um exemplo de Gráfico de Pareto sobre o número de defeitos por tipo identificado em uma organização



- Outras técnicas: Além das técnicas tradicionais, há algumas abordagens propostas que possuem o objetivo de auxiliar na identificação de causas raiz de um problema, minimizando as desvantagens destas técnicas. Dois exemplos destas abordagens são propostas por SCHOTS (2010) e COSTA (2012).
  - SCHOTS (2010): A abordagem de SCHOTS (2010) possui o objetivo de auxiliar a identificação de causas de problemas relacionados ao desenvolvimento de software,

por meio do uso dos conceitos da *Grounded Theory*, um método de pesquisa qualitativa que permite fazer uma análise profunda dos dados e identificar as relações entre as informações coletadas. O uso da *Grounded Theory* permite melhorar a qualidade das informações coletadas sobre os problemas a serem objeto de uma análise de causas e, ao mesmo tempo, minimizar a subjetividade desta coleta e da análise dos dados (que é a principal desvantagem das técnicas tradicionais para identificação de causas).

Mais informações sobre esta abordagem podem ser encontradas em:

. SCHOTS, N. C. L., 2010, Uma Abordagem para a Identificação de Causas de Problemas Utilizando *Grounded Theory*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

. SCHOTS, N. C. L., ROCHA, A. R. C., SANTOS, G., 2010, “Uma Abordagem para a Identificação de Causas de Problemas utilizando *Grounded Theory*”. In: Anais da XXXVI Conferencia Latino-Americana de Informatica (CLEI’10), Asunción.

- Principais atividades: As principais atividades desta abordagem são: (i) Identificação do problema para a análise de causas: nesta atividade, o problema a ser analisado é selecionado, e as pessoas envolvidas fornecem as informações iniciais sobre o problema a partir do preenchimento de um formulário; (ii) Preparação para a análise de causas: com base nas informações iniciais sobre o problema, a análise de causas é planejada e informações complementares são capturadas por meio de formulários específicos sobre o problema; (iii) Execução da análise de causas: a partir das informações capturadas, a análise de causas é realizada de acordo com conceitos da *Grounded Theory*, com o objetivo de identificar uma ou mais possíveis causas para o problema. Um conjunto de passos é provido pela abordagem para auxiliar a aplicação da *Grounded Theory*; (iv) Validação do resultado da análise de causas: após a identificação das possíveis causas para o problema, esta atividade permite a validação do resultado pelas pessoas envolvidas no problema; e (v) Encerramento da análise de causas: nesta atividade, executam-se tarefas para armazenar o conhecimento obtido durante a execução da análise de causas.

- COSTA (2012): O objetivo da abordagem proposta por COSTA (2012) é apoiar a melhoria contínua de processo de software a partir da investigação de fatores que causam efeitos indesejáveis no desempenho do processo; para isso, são aplicados os conceitos dos Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições. Apesar do foco desta abordagem ser a melhoria contínua de processos de software, o seu uso pode ser realizado no contexto da análise de causas, pois auxilia na identificação de fatores que impedem uma determinada melhoria, que podem ser contextualizado para as causas de um determinado problema. Além de auxiliar na identificação das causas, esta abordagem também auxilia na elaboração e implantação da ação corretiva.

Mais informações sobre esta abordagem podem ser encontradas em:

. COSTA, T. M., 2012, Melhoria Contínua de Processo de Software Utilizando a Teoria das Restrições. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

. COSTA, T. M., ROCHA, A.R.C., SANTOS, G., 2013 “Melhoria Contínua de Processo de Software Utilizando a Teoria das Restrições”. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS’13).

- Principais atividades: Esta abordagem é composta pelas seguintes atividades: (i) Definir objetivo de melhoria: possui o objetivo de descrever a melhoria que se deseja alcançar; (ii) Preparar para análise: a melhoria é planejada e as informações de contexto necessárias são coletadas. A partir destas informações os fatores pertinentes são identificados; (iii) Identificar restrição: com base das informações e fatores identificados, um diagrama causal é definido, a partir do qual são explicitados os relacionamentos de causa e efeito entre os fatores de

influência que resultam em efeitos indesejáveis. Após a análise deste diagrama, a principal restrição é identificada; (iv) Elaborar proposta de melhoria: a proposta de solução para a principal restrição (causa) é elaborada e sua viabilidade é avaliada; (v) Implementar melhoria candidata: a proposta de solução é implementada e avaliada por meio de projetos-piloto; e (vi) Encerramento: os resultados e as lições aprendidas são registrados.

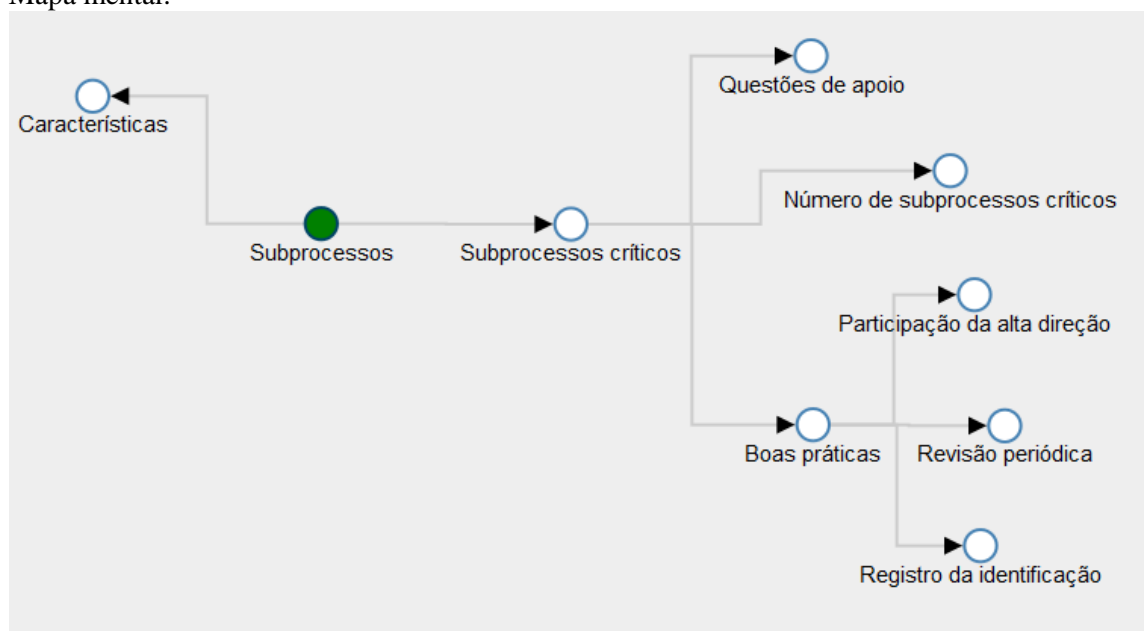
## V.2.2 Identificar subprocessos críticos

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

### Tarefa: Identificar subprocessos relacionados aos problemas

#### IC.4 – Subprocessos

Mapa mental:



- **Subprocessos:** Um subprocesso é uma unidade menor de um processo, ou seja, é um componente de um processo maior. O subprocesso também é denominado elemento de processo ou componente de processo. Um subprocesso é a unidade fundamental (atômica) de definição de processos e descreve as atividades e tarefas necessárias para realizar o trabalho de forma consistente.

Mais informações sobre o conceito de subprocessos podem ser encontradas em:

. BARRETO, A. S., 2011, Uma Abordagem para Definição de Processos Baseada em Reutilização visando à Alta Maturidade, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- **Características:** Normalmente, um subprocesso contém as seguintes características: (i) é um conjunto de atividades/tarefas que entrega um resultado bem definido e que pode se repetir ao longo do processo ou de outros processos; (ii) representa um conjunto de atividades/tarefas relevantes de um processo de mais alto nível, que pode ser realizado de uma ou várias maneiras; e (iii) é relevante para ser medido. Desta forma, o nível de granularidade dos subprocessos pode variar de acordo com o contexto da organização. De uma forma geral, um subprocesso tem o nível de granularidade do que normalmente se considera uma atividade. Alguns exemplos de subprocessos são: Estimar o tamanho do projeto, Avaliar produto de trabalho pelo auditor de qualidade, Testar o software.
- **Subprocessos críticos:** É um subconjunto dos subprocessos definidos pela organização que estão relacionados aos problemas críticos da organização e que, portanto, impactam

no atendimento dos objetivos estratégicos, na satisfação do cliente e no sucesso do negócio. Portanto, estes subprocessos são candidatos a serem objetos da análise de desempenho de processos, pois com estes subprocessos controlados e previsíveis, a organização alcança a melhoria contínua de seus processos de acordo com seus objetivos estratégicos. Para selecionar os subprocessos críticos, a organização deve levar em consideração os subprocessos que estão relacionados aos seus problemas críticos.

Mais informações sobre subprocessos críticos podem ser encontradas em:

. CMMI Product Team, 2010, CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/10tr033.cfm>.

. FERREIRA, A. I. F., 2009, Seleção de Processos de Software para Controle Estatístico, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

. GOH, T. N., XIE, M., XIE, W., 1998, Prioritizing Process in Initial Implementation of Statistical Process Control, IEEE Transactions on Engineering Management, Volume 45, Issue 1, pp. 66-72.

. SOFTEX, 2016, MPS.BR – Melhoria de Processo do Software Brasileiro – Guia de Implementação – Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS. Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>.

. TARHAN, A., DEMIRORS, O., 2006, Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control, Lectures Notes in Computer Science, Volume 4257/2006, pp. 88-99.

- Questões de apoio: Além do vínculo com os problemas críticos da organização, as seguintes questões podem auxiliar na identificação dos subprocessos críticos: (i) O que determina a qualidade do produto? O que determina o sucesso? O que o cliente quer? (ii) O que pode acontecer de errado? O que não está funcionando bem? O que pode assinalar futuros problemas? (iii) Onde estão os atrasos? Qual o tamanho do *backlog*? Onde está ocorrendo o *backlog*? (iv) O que é possível controlar? O que limita a capacidade da organização? O que limita o desempenho?
- Número de subprocessos críticos para análise de desempenho: Não há um número fixo de subprocessos que devem ser selecionados para a análise de desempenho de processos; no entanto, o CMMI-DEV sugere que sejam selecionados: (i) um subprocessos para cada fase do ciclo de vida (atividades referentes à engenharia de produto); (ii) um subprocesso para a gerência de projetos; e (iii) um subprocesso para os processos de apoio.
- Boas práticas: Algumas boas práticas relacionadas à seleção dos subprocessos críticos são: a participação da alta direção, a revisão periódica dos subprocessos selecionados e o registro do raciocínio que levou à seleção.
  - Participação da alta direção: O conjunto de subprocessos críticos poder ser identificado pelo grupo de processos, mas a participação da alta direção é desejável pela visão geral da organização que possui. Pelo menos, o conjunto de subprocessos identificados como críticos deveriam ser aprovados pela alta direção.
  - Revisão periódica: A identificação dos subprocessos críticos deve ser revisada periodicamente. Alguns motivos que podem levar a esta revisão são: (i) quando as predições realizadas pelos modelos de desempenho de processos possuem grande variação, tornando-os sem utilidade; (ii) quando os objetivos de qualidade e de desempenho de processos mudam; e (iii) quando o conjunto de processos padrão da organização sofre mudanças.
  - Registro da identificação: O raciocínio que levou à identificação dos subprocessos deve ser registrado, a fim de que seja possível avaliar a validade desta identificação, bem como facilitar as revisões futuras.

## Tarefa: Avaliar adequação das medidas

### IC.5 – Avaliação de medidas

Mapa mental:



- **Avaliação de medidas:** Para que a análise de desempenho seja adequada, é necessário que as medidas envolvidas atendam a algumas características necessárias de forma a garantir que as medidas são consistentes e, de fato, trazem informações sobre seus respectivos subprocessos.

Mais informações sobre medidas para análise de desempenho podem ser encontradas em:

. CMMI Product Team, 2010, CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Disponível em:

<http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/10tr033.cfm>

. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

- **Características de boas medidas:** Para que uma medida seja considerada adequada para a análise de desempenho as seguintes características devem ser atendidas: (i) **Estar relacionada a aspectos relevantes do processo:** as medidas devem estar fortemente relacionadas aos aspectos que se quer estudar e que são, em geral, relacionados à qualidade, ao consumo de recursos e ao tempo; (ii) **Fornecer grande conteúdo de informação:** as medidas mais adequadas são aquelas que são sensíveis ao maior número possível de aspectos dos resultados do processo; (iii) **Permitir coleta adequada:** a definição operacional da medida deve permitir uma coleta de dados simples e econômica, além de ser consistente; e (iv) **Medir variação:** a medida deve medir a variação, a fim de fornecer informação sobre o processo e permitir um diagnóstico capaz de apoiar na identificação de acontecimentos não usuais e de suas causas.

- **Checklists para avaliação:** Cada medida associada aos subprocessos críticos devem ser avaliadas para verificar se está adequada para análise de desempenho. Esta avaliação deve ser auxiliada por *checklists* a fim de que seja objetiva. Dois *checklists* são disponibilizados: (i) *checklist* para avaliação das medidas; e (ii) *checklist* para avaliação dos dados coletados. Estes *checklists* são utilizados a cada medida que está sendo avaliada. Para cada não conformidade identificada durante esta avaliação, sugestões de ações de adequação também são apresentadas nos *checklists*.

Mais informações sobre avaliação de medição podem ser encontradas em:

. BARCELLOS, M. P., 2009, Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

. BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R., FALBO, R. A., 2010, “IABM: Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software”. In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS’10), pp. 119-133, Belém.

. BARCELLOS, M. P., FALBO, R. A., ROCHA, A. R., 2013, “A Strategy for Preparing Software Organizations for Statistical Process Control, Journal of the Brazilian

Computer Society (Impresso), v. 19, p. 1-31.

- Checklist para avaliação das medidas: Possui o objetivo de avaliar se cada medida está adequada para a análise de desempenho, verificando se sua definição operacional está completa, se sua granularidade está adequada, se os resultados da análise são relevantes etc. Este *checklist* deve ser aplicado para cada medida relacionada a um subprocesso crítico.
- Checklist para avaliação dos dados coletados: Possui o objetivo de avaliar se os dados (valores) coletados para cada medida estão adequados para a análise de desempenho, verificando se há quantidade de dados suficientes, se os dados são consistentes etc. Este *checklist* deve ser aplicado para cada medida relacionada a um subprocesso crítico.

### Tarefa: Realizar testes estatísticos para confirmar relacionamentos

#### IC.6 – Tipos de variáveis

Mapa mental:



- **Tipos de variáveis:** Ao verificar o relacionamento entre as medidas dos subprocessos críticos, deve-se verificar qual o tipo de variáveis envolvidas. Há dois tipos de variáveis: variável dependente e variável independente. Mais informações sobre os tipos de variáveis podem ser encontradas em:
  - . CMMI Product Team, 2010, CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/10tr033.cfm>.
  - . SOFTEX, 2016, MPS.BR – Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia de Implementação - Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS. Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>.
  - . STODDARD, 2008, Tools Supporting CMMI High Maturity for Small Organizations, SEI. Congreso Internacional en Ingeniería de Software y sus Aplicaciones.
- Variável dependente: Também denominada variável Y, é a característica de subprocesso que se deseja prever. Normalmente, é representada por uma das medidas dos subprocessos críticos relacionados a um ponto crítico da organização, ou a um problema crítico da organização que tenha tido suas causas identificadas.
  - Exemplos: Alguns exemplos de variáveis dependentes normalmente identificadas na área de software: esforço de retrabalho, custo de uma tarefa ou de um conjunto de tarefas, prazo de entrega de um produto intermediário ou final.
- Variável independente: Também denominada variável X, é a características de subprocesso com o qual Y será estimado, ou seja, é a variável que possui um possível relacionamento com a variável dependente e permite sua previsão. Normalmente, é representada por uma das medidas dos subprocessos críticos relacionados a um problema crítico (quando a variável dependente está relacionada a um ponto crítico), ou relacionados a uma das causas de um problema crítico (quando a variável dependente

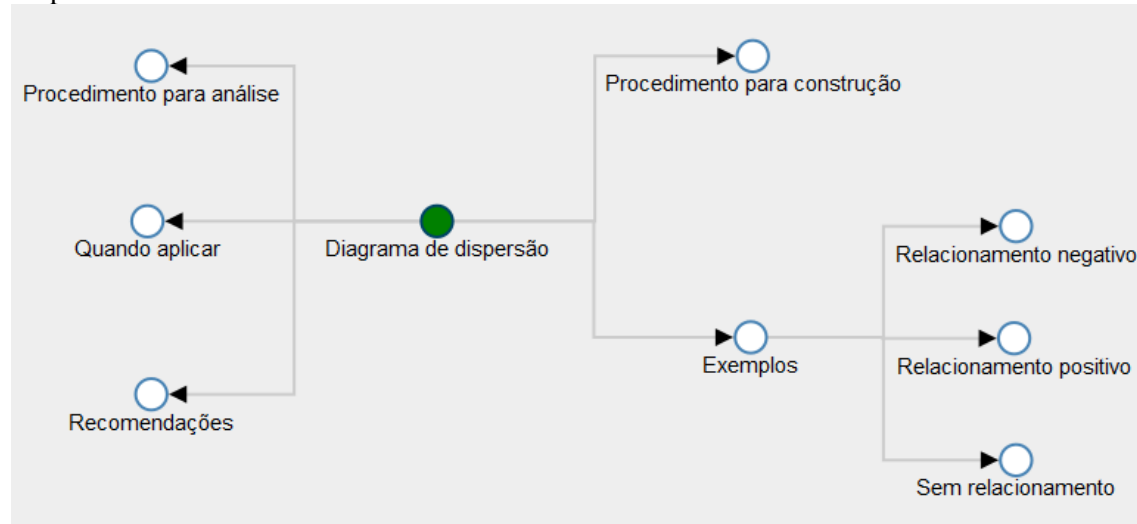


está relacionada a um problema crítico).

- **Exemplos:** Alguns exemplos de variáveis independentes normalmente identificadas na área de software são: esforço dispendido em uma determinada atividade, número de profissionais que revisaram um mesmo artefato, nível de experiência/produtividade dos profissionais em uma atividade.

## IC.7 – Diagrama de dispersão

Mapa mental:



- **Diagrama de dispersão:** É um gráfico no qual os valores são plotados de forma a mostrar como uma variável influencia outra; em outras palavras, o diagrama de dispersão busca mostrar o relacionamento entre duas medidas de processo. Geralmente, o diagrama de dispersão é a primeira técnica utilizada para avaliar se duas medidas possuem algum relacionamento. Os dados de duas medidas são coletados em pares  $(y_i, x_i)$  para  $i=1, 2, \dots, n$ . Então  $y_i$  é plotado contra o correspondente  $x_i$ .

Mais informações sobre o diagrama de dispersão podem ser encontradas em:

. EBERT, C., DUMKE, R. 2007, "Improving Processes and Products" in: Software Measure, pp. 329-434).

. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

. MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

- **Quando aplicar:** O diagrama de dispersão pode ser aplicado tanto para medidas do tipo "variável" (fenômenos contínuos) como do tipo "atributo" (fenômenos discretos), sempre considerando 2 variáveis.
- **Procedimento para construção:** Para construir o diagrama de dispersão, basta plotar o par formado por duas variáveis, conhecendo o valor de uma variável pelo eixo y contra o valor da outra variável no eixo x.
- **Procedimento para análise:** Ao plotar os dados no diagrama de dispersão, analisa-se a forma como os dados aparecem dispostos: (i) se os valores tendem a formar uma reta com sentido crescente, pode-se afirmar que as variáveis analisadas possuem uma correlação positiva, ou seja, se x aumenta seu valor, o valor de y também tende a aumentar; (ii) se os valores tendem a formar uma reta com sentido decrescente, pode-se afirmar que as variáveis analisadas possuem uma correlação negativa, ou seja, se x aumenta seu valor, o valor de y tende a diminuir; (iii) se não é possível identificar um padrão nos dados plotados, pode-se afirmar que as variáveis não possuem correlação entre si, ou seja, são independentes uma da outra.

- Recomendações: Algumas recomendações sobre o uso do diagrama de dispersão, são:
  - (i) **Confirmar relacionamento:** O diagrama de dispersão só sugere que há um relacionamento entre duas variáveis. Para confirmar se este relacionamento realmente existe e é significativo, é necessário utilizar métodos mais formais, tais como os testes estatísticos teste Qui-Quadrado, teste de correlação de Pearson e teste de correlação de Spearman.
  - (ii) **Causalidade:** O relacionamento identificado pelo diagrama de dispersão não significa que há um relacionamento de causa e efeito entre as duas variáveis analisadas. Este diagrama só sugere que existe uma correlação entre as variáveis, o que não implica em causalidade.
- Exemplos: Alguns exemplos de diagrama de dispersão são apresentados nos subtópicos. As variáveis envolvidas podem ser esforço versus tamanho do software, defeitos identificados versus tamanho do software, defeitos identificados versus esforço de inspeção.
  - Relacionamento negativo: O diagrama indica que as variáveis possuem um relacionamento negativo, ou seja, são inversamente proporcionais, conforme apresentado na figura a seguir. Caso o diagrama sugira que o relacionamento é linear, o teste de correlação de Pearson pode ser aplicado para confirmar o relacionamento existente entre estas variáveis. Se o diagrama sugere que o relacionamento entre as variáveis não é linear, o teste de correlação de Spearman pode ser utilizado.



- Relacionamento positivo: O diagrama indica que as variáveis possuem um relacionamento positivo, ou seja, são proporcionais, conforme apresentado na figura a seguir. Caso o diagrama sugira que o relacionamento é linear, o teste de correlação de Pearson pode ser aplicado para confirmar o relacionamento existente entre estas variáveis. Se o diagrama sugere que o relacionamento entre as variáveis não é linear, o teste de correlação de Spearman pode ser utilizado.

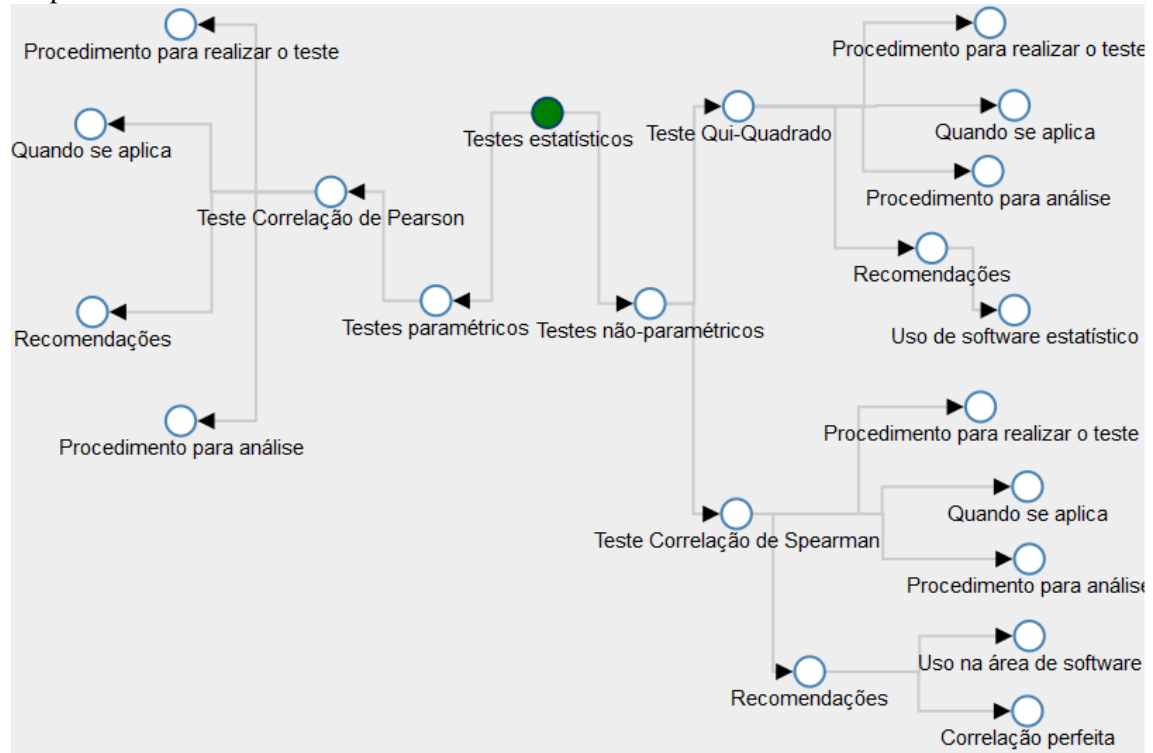


- Sem relacionamento: O diagrama indica que há indícios de que as variáveis não possuem algum relacionamento, ou seja, as variáveis parecem ser independentes. Um exemplo de um diagrama de dispersão representando variáveis independentes é apresentado na figura a seguir. Para confirmar que as variáveis não possuem qualquer relacionamento, o teste Qui-Quadrado pode ser aplicado.



## IC.8 – Testes estatísticos

Mapa mental:



- **Testes estatísticos:** Os testes estatísticos são utilizados para confirmar se há ou não um relacionamento entre duas medidas, após os indícios apresentados no diagrama de dispersão. Cada teste estatístico deve ser aplicado de acordo com as características das variáveis envolvidas. Estes testes são classificados em testes paramétricos ou testes não-paramétricos.

Mais informações sobre testes estatísticos podem ser encontradas em:

. ARAÚJO, M. A. P., TRAVASSOS, G. H., 2009, A Utilização de Métodos Estatísticos no Planejamento e Análise de Estudos Experimentais em Engenharia de Software, Minicurso do VIII Experimental Software Engineering Latin American Workshop, ESELAW 2009, Rio de Janeiro.

. MAXWELL, K. D., 2006, What You Need To Know About Statistics, in Mendes, E., Mosley, N., Web Engineering, Springer Berlin Heidelberg, pp 365-408.

- **Testes paramétricos:** Os testes paramétricos são aplicados em variáveis intervalares ou razões e que satisfazem aos seguintes pressupostos: (i) os dados seguem uma distribuição normal; (ii) a variabilidade dos dados é homogênea; e (iii) os intervalos são contínuos e iguais.

- **Teste Correlação de Pearson:** O teste correlação de Pearson é uma medida de correlação paramétrica, que permite quantificar a força de associação linear entre duas variáveis. O uso do teste de correlação de Pearson é indicado quando os valores em um diagrama de dispersão se apresentam como uma nuvem em forma de elipse, o que indica que os dados seguem uma distribuição normal.

- **Quando se aplica:** O teste de correlação de Pearson pode ser aplicado tanto para dados do tipo "variável" (fenômenos contínuos) como do tipo "atributo" (fenômenos discretos) que sejam intervalares ou razões, sempre considerando 2 variáveis. Os dados envolvidos devem seguir a distribuição normal.

- **Procedimento para realizar o teste:** (i) Calcular a média aritmética de cada variável, ou seja, calcular  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  e  $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$ , onde n é o número de

observações; (ii) Calcular o desvio padrão de cada variável, ou seja, calcular  $s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$  e  $s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$ ; (iii) Calcular o coeficiente de Pearson  $r$  com a seguinte fórmula:  $r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y}$ .

- Procedimento para análise: (i) Se  $r = 1$ , então há indícios de que as variáveis possuem correlação linear positiva perfeita, ou seja, as variáveis são proporcionais (quanto maior o valor de X, maior será o valor de Y); (ii) Se  $r = -1$ , então há indícios de que as variáveis possuem correlação linear negativa perfeita, ou seja, as variáveis são inversamente proporcionais (quanto maior o valor de X, menor será o valor de Y); (iii) Se  $r = 0$ , então há indícios de que as variáveis não possuem correlação linear. Mas é possível que as variáveis possuem uma correlação não-linear e, portanto, este resultado deve ser investigado por outros meios; (iv) Se  $r < 0$ , indica que as variáveis possuem uma correlação negativa; (v) Se  $r > 0$ , indica que as variáveis possuem uma correlação positiva; (vi)  $|r|$ : Quanto maior o valor de  $|r|$  mais forte é a associação entre as variáveis.
- Recomendações: Algumas recomendações para o uso e entendimento do teste de Pearson.
  - Correlação perfeita: Na prática, é difícil identificar uma correlação e uma não correlação perfeita entre as variáveis. Ou seja,  $r$  varia entre 1 e -1, mas geralmente não apresenta estes valores. Desta forma, a análise deve ser realizada verificando quão próximo  $r$  se encontra destes valores.
  - Escala intervalar ou razão: Quando os dados possuem escala intervalar ou razão, o coeficiente de Pearson é mais exato que o coeficiente de Spearman.
  - Correlação linear: A correlação de Pearson assume que as variáveis possuem um relacionamento linear; portanto, quando  $r = 0$  não é possível concluir que as variáveis não possuem correlação, mas que elas não possuem correlação linear.
- Testes não-paramétricos: Os testes não-paramétricos são aplicados em variáveis ordinais, intervalares e razões e que não satisfazem aos pressupostos dos testes paramétricos.
  - Teste Qui-Quadrado: É um teste não-paramétrico e compara as frequências observadas e esperadas do conjunto de dados para analisar se há independência entre eles. Também denominado Chi-Square ou  $\chi^2$ , este teste visa avaliar se dois conjuntos de valores são independentes ou se possuem dependência.
    - Quando se aplica: O teste Qui-Quadrado é aplicável para dados do tipo "atributo" (fenômenos discretos) que sejam nominais ou ordinais, sempre considerando 2 variáveis (cada uma com, pelo menos, 5 valores). As observações devem ser independentes.
    - Procedimento para realizar o teste: (i) Determinar a hipótese nula  $H_0$ : "As variáveis são independentes"; (ii) Determinar o nível de significância  $\mu$ : normalmente,  $\mu = 0,05$ ; (iii) Preparar dados: Colocar os dados das duas variáveis em uma tabela com  $i$  linhas e  $j$  colunas; (iv) Determinar o valor dos graus de liberdade: *degrees of freedom*  $n$ , sendo:  $n = (L-1)(C-1)$ ; onde:  $L$  é o número de linhas da tabela e  $C$  é o número de colunas da tabela; (v) Obter o valor do Qui-Quadrado tabulado  $\chi_c^2$  a partir da seguinte tabela a partir do valor dos graus de liberdade  $n$  e do nível de significância  $\mu$  estabelecido; (vi) Calcular o valor esperado da frequência: Calcular o valor esperado da frequência ( $E$ ) de cada valor tabelado  $X_{ij}$ , por meio da fórmula:  $E_{ij} = \frac{(\text{soma da linha } i)(\text{soma da coluna } j)}{\text{total das observações}}$ ; (vii) Calcular o Qui-Quadrado: Calcular o Qui-Quadrado  $\chi_c^2$  por meio da fórmula:  $\chi_c^2 = \sum \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$ , onde,  $O_{ij}$  é o valor observado e  $E_{ij}$  é o valor esperado (calculado no passo anterior).

n	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	
1	3,93E-05	0,000157	0,000982	0,003932	0,016	0,102	0,455	1,323	2,706	3,841	5,024	6,635	7,879	1
2	0,010	0,020	0,051	0,103	0,211	0,575	1,386	2,773	4,605	5,991	7,378	9,210	10,597	2
3	0,072	0,115	0,216	0,352	0,584	1,213	2,366	4,108	6,251	7,815	9,348	11,345	12,838	3
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	1,923	3,357	5,385	7,779	9,488	11,143	13,277	14,860	4
5	0,412	0,554	0,831	1,145	1,610	2,675	4,351	6,626	9,236	11,070	12,832	15,086	16,750	5
6	0,676	0,872	1,237	1,635	2,204	3,455	5,348	7,841	10,645	12,592	14,449	16,812	18,548	6
7	0,989	1,239	1,690	2,167	2,833	4,255	6,346	9,037	12,017	14,067	16,013	18,475	20,278	7
8	1,344	1,647	2,180	2,733	3,490	5,071	7,344	10,219	13,362	15,507	17,535	20,090	21,955	8
9	1,735	2,088	2,700	3,325	4,168	5,899	8,343	11,389	14,684	16,919	19,023	21,666	23,589	9
10	2,156	2,558	3,247	3,940	4,865	6,737	9,342	12,549	15,987	18,307	20,483	23,209	25,188	10
11	2,603	3,053	3,816	4,575	5,578	7,584	10,341	13,701	17,275	19,675	21,920	24,725	26,757	11
12	3,074	3,571	4,404	5,226	6,304	8,438	11,340	14,845	18,549	21,026	23,337	26,217	28,300	12
13	3,565	4,107	5,009	5,892	7,041	9,299	12,340	15,984	19,812	22,362	24,736	27,688	29,819	13
14	4,075	4,660	5,629	6,571	7,790	10,165	13,339	17,117	21,064	23,685	26,119	29,141	31,319	14
15	4,601	5,229	6,262	7,261	8,547	11,037	14,339	18,245	22,307	24,996	27,488	30,578	32,801	15
16	5,142	5,812	6,908	7,962	9,312	11,912	15,338	19,369	23,542	26,296	28,845	32,000	34,267	16
17	5,697	6,408	7,564	8,672	10,085	12,792	16,338	20,489	24,769	27,587	30,191	33,409	35,718	17
18	6,265	7,015	8,231	9,390	10,865	13,675	17,338	21,605	25,989	28,869	31,526	34,805	37,156	18
19	6,844	7,633	8,907	10,117	11,651	14,562	18,338	22,718	27,204	30,144	32,852	36,191	38,582	19
20	7,434	8,260	9,591	10,851	12,443	15,452	19,337	23,828	28,412	31,410	34,170	37,566	39,997	20
21	8,034	8,897	10,283	11,591	13,240	16,344	20,337	24,935	29,615	32,671	35,479	38,932	41,401	21
22	8,643	9,542	10,982	12,338	14,041	17,240	21,337	26,039	30,813	33,924	36,781	40,289	42,796	22
23	9,260	10,196	11,689	13,091	14,848	18,137	22,337	27,141	32,007	35,172	38,076	41,638	44,181	23
24	9,886	10,856	12,401	13,848	15,659	19,037	23,337	28,241	33,196	36,415	39,364	42,980	45,558	24
25	10,520	11,524	13,120	14,611	16,473	19,939	24,337	29,339	34,382	37,652	40,646	44,314	46,928	25
26	11,160	12,198	13,844	15,379	17,292	20,843	25,336	30,435	35,563	38,885	41,923	45,642	48,290	26
27	11,808	12,878	14,573	16,151	18,114	21,749	26,336	31,528	36,741	40,113	43,195	46,963	49,645	27
28	12,461	13,565	15,308	16,928	18,939	22,657	27,336	32,620	37,916	41,337	44,461	48,278	50,994	28
29	13,121	14,256	16,047	17,708	19,768	23,567	28,336	33,711	39,087	42,557	45,722	49,588	52,335	29
30	13,787	14,953	16,791	18,493	20,599	24,478	29,336	34,800	40,256	43,773	46,979	50,892	53,672	30
40	20,707	22,164	24,433	26,509	29,051	33,660	39,335	45,616	51,805	55,758	59,342	63,691	66,766	40
50	27,991	29,707	32,357	34,764	37,689	42,942	49,335	56,334	63,167	67,505	71,420	76,154	79,490	50
60	35,534	37,485	40,482	43,188	46,459	52,294	59,335	66,981	74,397	79,082	83,298	88,379	91,952	60
70	43,275	45,442	48,758	51,739	55,329	61,698	69,334	77,577	85,527	90,531	95,023	100,425	104,215	70
80	51,172	53,540	57,153	60,391	64,278	71,145	79,334	88,130	96,578	101,879	106,629	112,329	116,321	80

- **Procedimento para análise:** Compara-se o Qui-Quadrado tabulado  $\chi^2_t$  com o Qui-Quadrado calculado  $\chi^2_c$  e realiza-se a seguinte análise: (i) Se  $\chi^2_c > \chi^2_t$ , então rejeita-se a hipótese nula  $H_0$ , ou seja, não há indícios de que as variáveis sejam independentes; (ii) Se  $\chi^2_c < \chi^2_t$ , então aceita-se a hipótese nula  $H_0$ , ou seja, há indícios de que as variáveis sejam independentes.
- **Recomendações:** Algumas recomendações para o uso e entendimento do teste Qui-Quadrado.
  - **Uso de software estatístico:** Caso um software estatístico seja utilizado para realizar o teste Qui-Quadrado, não é necessário realizar os cálculos apresentados. No entanto, é importante estabelecer o nível de significância desejado e, a partir deste valor, comparar com o nível de significância obtido pelo software ao analisar os dados. Se o nível de significância obtido pelo software for menor que o nível de significância estabelecido, então a hipótese nula  $H_0$  pode ser rejeitada. Se o nível de significância obtido pelo software for maior que o nível de significância estabelecido, então a hipótese nula não pode ser rejeitada.
- **Teste Correlação de Spearman:** É uma medida de correlação não-paramétrica, que permite avaliar quantitativamente o relacionamento entre duas variáveis de uma mesma observação. O coeficiente de Spearman é calculado levando em consideração a ordem (*ranking*) dos dados e não o seu valor.
  - **Quando se aplica:** O teste de Spearman pode ser aplicado tanto para dados do tipo “variável” (fenômenos contínuos) como para dados do tipo “atributo” (fenômenos discretos) que sejam ordinais, intervalares ou razões, sempre considerando 2 variáveis.
  - **Procedimento para realizar o teste:** (i) Ordenar os valores das duas variáveis  $x$  e  $y$  em ordem crescente; (ii) Para cada variável, atribuir um posto (*rank*), sendo 1 para o menor valor até  $n$  para o maior valor; assim haverá posto  $x_i$  e posto  $y_i$ , com  $i$  variando de 1 a  $n$ , sendo  $n$  o número de observações; (iii) Calcular a diferença entre os postos (*ranks*) das variáveis  $D_i = \text{posto } x_i - \text{posto } y_i$ ; (iv) Calcular  $D_i^2$ ; (v) Calcular o coeficiente de Spearman  $\rho$  com a seguinte fórmula: 
$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_1^n D_i^2}{n(n^2-1)}$$
, onde:  $n$  = número de observações.
  - **Procedimento para análise:** Após calcular o coeficiente de Spearman  $\rho$ , realiza-se a seguinte análise: (i) Se  $\rho = 1$ , então há indícios de que as variáveis possuem

correlação positiva perfeita, ou seja, as variáveis são proporcionais (quanto maior o valor de  $x$ , maior será o valor de  $y$ ); (ii) Se  $\rho = -1$ , então há indícios de que as variáveis possuem correlação negativa perfeita, ou seja, as variáveis são inversamente proporcionais (quanto maior o valor de  $x$ , menor será o valor de  $y$ ); (iii) Se  $\rho = 0$ , então há indícios de que as variáveis não possuem correlação; (iv) Se  $\rho < 0$ , indica que as variáveis possuem uma correlação negativa; (v) Se  $\rho > 0$ , indica que as variáveis possuem uma correlação positiva; (vi) Quanto maior o valor de  $|\rho|$  mais forte é a associação entre as variáveis.

- **Recomendações:** Algumas recomendações para o uso e entendimento do teste de Spearman.
  - **Correlação perfeita:** Na prática, é difícil identificar uma correlação e uma não correlação perfeita entre as variáveis. Ou seja,  $\rho$  varia entre 1 e -1, mas geralmente não apresenta estes valores. Desta forma, a análise deve ser realizada verificando quão próximo  $\rho$  se encontra destes valores.
  - **Uso na área de software:** Em software, a correção de Spearman normalmente é utilizada quando os dados possuem escala ordinal ou quasi-intervalar (escala de Likert).

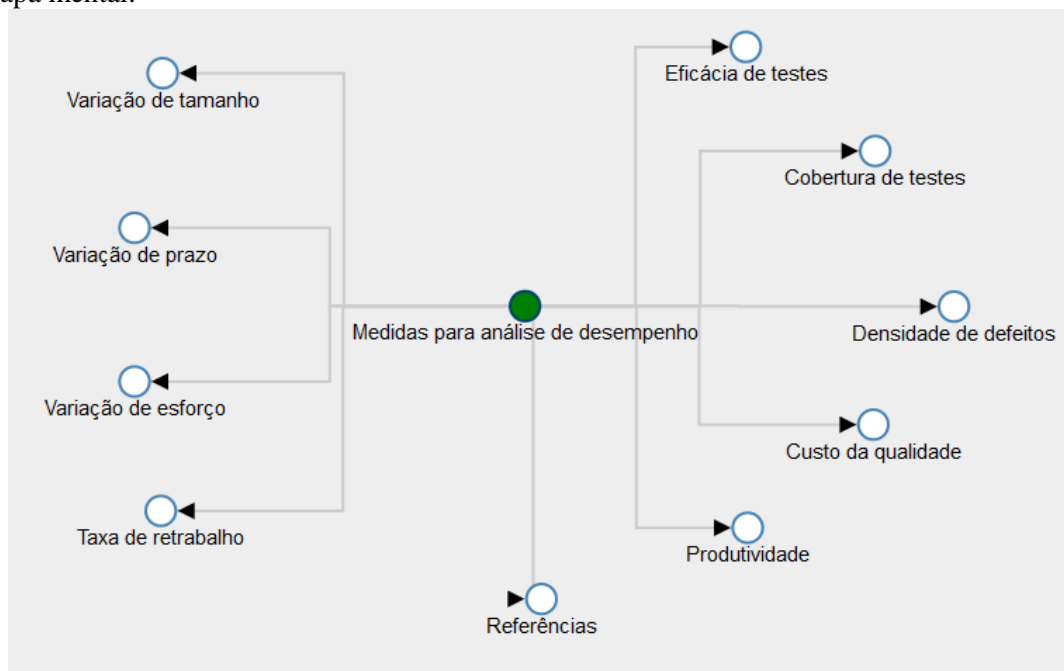
### V.2.3 Realizar ações para adequação de medidas

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

#### Tarefa: Estabelecer planos de ação

#### IC.9 – Sugestões de medidas para análise de desempenho

Mapa mental:



- **Sugestões de medidas para análise de desempenho:** Um dos possíveis planos de ação a ser realizado nas organizações que estão se preparando para a alta maturidade é a definição de novas medidas que estejam adequadas a seus objetivos estratégicos e que possam avaliar/monitorar seus subprocessos críticos. A definição de medidas depende do contexto organizacional, no entanto, há algumas medidas que são recomendadas na literatura e podem ajudar a definir as medidas da organização. Algumas destas medidas são: análise do valor agregado, cobertura de testes, densidade de defeitos, eficácia de testes, custo da qualidade, produtividade, taxa de remoção de defeitos e taxa de retrabalho.

- Cobertura de testes: Mede o percentual de um software que foi efetivamente testado, a partir da quantidade de linhas de código, pontos de função, quantidade de requisitos ou quantidade de casos de testes executados. É calculado a partir da divisão entre o tamanho do produto de software testado e o tamanho total do produto de software. Esta medida está relacionada ao atributo de qualidade do produto e pode servir de indicador para os subprocessos relacionados à verificação e à validação de software.
- Densidade de defeitos: É a quantidade de defeitos identificados (totais ou por tipo) com relação ao tamanho do software (medido por linhas de código, pontos de função, requisitos ou páginas de documento). Esta medida avalia a qualidade do produto que está sendo avaliado, sendo utilizado tanto para avaliar a qualidade de documentos (especificação de requisitos, plano de projeto etc.) como a qualidade do código-fonte. Esta medida pode estar relacionada a qualquer subprocesso que produza algum produto que, posteriormente, avaliado por meio de revisões (inspeções) ou testes.
- Eficácia de testes: É o número total de defeitos encontrados nos testes internos versus aqueles encontrados pelo cliente ou usuário final após a entrega. O cálculo desta medida é realizado a partir da razão entre o número de defeitos identificados pela equipe do projeto e o número total de defeitos identificados, incluindo aqueles identificados pelo cliente durante o teste de aceitação do sistema. Esta medida está relacionada ao atributo de qualidade do produto e pode servir de indicador para os subprocessos relacionados à verificação e à validação de software.
- Custo da qualidade: É a determinação dos custos incorridos para garantir a qualidade do produto, incluindo o custo da conformidade e o custo da não conformidade. O custo da conformidade envolve os custos relacionados ao planejamento da qualidade, controle da qualidade e garantia da qualidade para assegurar a conformidade dos requisitos (ou seja, custos de treinamento, ferramentas para controle da qualidade etc.). O custo da não conformidade incluem os custos relacionados ao retrabalho e à perda de reputação. Esta medida deve fornecer a informação de qual é o custo total para garantir a qualidade do produto de software e para corrigir eventuais falhas de qualidade apresentadas no produto entregue.
- Produtividade: Mede a produtividade para a realização das atividades do projeto, por meio da relação entre esforço e tamanho do software. A partir desta medida se tem a informação sobre qual é a capacidade de entrega da equipe executando o atual processo de desenvolvimento da organização. Esta medida pode servir de indicador para todos os subprocessos nos quais as medidas esforço e tamanho são coletadas.
- Taxa de retrabalho: É o percentual de esforço de retrabalho executado no projeto em relação à quantidade total de esforço do projeto. Esta medida está relacionada ao atributo de qualidade e pode servir de indicador para qualquer subprocesso.
- Variação de esforço: Variação do esforço atual em relação ao esforço planejado para o projeto. A partir desta medida se pode avaliar a precisão do processo de planejamento dos projetos e identificar sinais de desvios a partir do esforço realizado no projeto.
- Variação de prazo: Variação da duração atual em relação à duração planejada para o projeto. A partir desta medida se pode avaliar a precisão do processo de planejamento dos projetos e identificar sinais de desvios a partir do prazo realizado no projeto.
- Variação de tamanho: Variação do tamanho atual em relação ao tamanho planejado para o projeto. A partir desta medida se pode avaliar a precisão dos processos de estimativa de escopo para fins de planejamento das atividades do projeto e gerenciamento de mudanças no escopo do projeto.
- Referências:
  - . MCGARRY, J., CARD, D., JONES, C., LAYMAN, B. *et al.*, 2001, Practical Software Measurement - Objective Information for Decision Makers, Addison-Wesley.
  - . MONTEIRO, L. F. S., 2008, Definição de um Catálogo de Medidas para a Análise de Desempenho de Processos de Software, dissertação de mestrado, Universidade Católica de Brasília.
  - . PUTMAN, L. H., MYERS, W., 2003, Five Core Metrics - The Intelligence behind Successful Software Management, Dorset House Publishing.

### V.3 Verificar Estabilidade

O conhecimento relacionado a esta etapa está organizado nas subseções a seguir, onde cada subseção é uma atividade que compõe esta etapa, conforme apresentado na Tabela V.1.

#### V.3.1 Selecionar gráfico de controle

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

Tarefa: Identificar subgrupos homogêneos da medida
<b>IC.10 – Subgrupos homogêneos</b>
Mapa mental: 
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Subgrupos homogêneos:</b> São subconjuntos dos valores coletados da medida, categorizados a fim de permitir que cada conjunto de valores a ser analisado seja homogêneo, ou seja, que os valores estejam sob a influência de um mesmo sistema de causas. A partir desta categorização, o gráfico de controle tende a ter os limites mais estreitos e maior confiabilidade na detecção das variações anormais, diminuindo os alarmes falsos. Para identificar os subgrupos homogêneos, dois princípios devem ser verificados: a amostra racional e o agrupamento racional. A amostra racional deve ser realizada em primeiro lugar, pois define um conjunto homogêneo de valores de um mesmo contexto; este princípio deve ser aplicado em todos os cenários. Já o agrupamento racional deve ser realizado em alguns cenários, nos quais os valores sejam coletados em curto intervalo de tempo e, portanto, podem ser analisados em conjunto. Ao iniciar a análise de desempenho de uma medida, deve-se evitar criar muitos conjuntos e subgrupos homogêneos, pois isto diminui o número de valores em cada conjunto/subgrupo o que pode comprometer a análise. Desta forma, recomenda-se inicialmente analisar a medida de uma forma mais geral e, se houver necessidade, criar mais conjuntos/subgrupos para entender melhor o subprocesso posteriormente. Mais informações sobre subgrupos homogêneos podem ser encontradas em:<ul style="list-style-type: none"><li>. CMMI Product Team, 2010, CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Disponível em: <a href="http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/10tr033.cfm">http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/10tr033.cfm</a>.</li><li>. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.</li><li>. SOFTEX, 2016, MPS.BR – Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia de Implementação - Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS. Disponível em: <a href="http://www.softex.br/mpsbr">http://www.softex.br/mpsbr</a>.</li><li>. WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control,</li></ul></li></ul>



- Amostra racional: É uma categorização das medidas em conjuntos de dados homogêneos, a partir da análise de similaridade entre os projetos envolvidos. Também é denominada *rational sampling*. A similaridade dos projetos pode ser identificada a partir da análise dos dados de execução de projetos, e a partir das informações de contexto dos projetos, tais como: domínio de aplicação, tamanho estimado total, complexidade, linguagem de programação utilizada, perfil da equipe do projeto, ambiente de desenvolvimento e versão do processo utilizado.

Há técnicas que auxiliam na identificação da similaridade dos projetos, tais como a matriz de similaridade de TARHAN e DEMIRÖRS (2006) e o conjunto de atributos de projeto (BARRETO, 2011).

- Matriz de similaridade: Técnica para categorização das medidas baseada na avaliação da consistência nas execuções do subprocesso que está sendo analisado. A consistência nas execuções é verificada pela identificação de similaridades nos valores dos atributos do subprocesso executado, tais como: artefatos/resultados de entrada, artefatos/resultados de saída, atividades, papéis, técnicas e ferramentas. De acordo com esta técnica, se os valores dos atributos se repetem nas diversas execuções do subprocesso, então o subprocesso é considerado consistente e, portanto, os diversos projetos que executaram este subprocesso podem ser considerados similares.

Mais informações podem ser encontradas em:

. TARHAN, A., DEMIRORS, O., 2006, Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control, Lectures Notes in Computer Science, Volume 4257/2006, pp. 88-99.

- Conjunto de atributos de projeto: Um conjunto de 22 atributos importantes para verificar a similaridade entre projetos foi proposto. Deste conjunto é apresentado a seguir 15 destes atributos que são aplicáveis ao contexto da análise de desempenho: i) **Clientes**: Clientes do projeto. ii) **Experiência da equipe**: Grau de experiência da equipe. iii) **Experiência do gerente**: Grau de experiência do gerente. iv) **Natureza do projeto**: Natureza do projeto, por exemplo: novo desenvolvimento, manutenção, customização, etc. v) **Complexidade do software**: Grau de complexidade do software desenvolvido. vi) **Tipo de software**: Tipo de software desenvolvido, por exemplo: sistema de informação, software embutido, etc. vii) **Estabilidade dos requisitos**: Grau de estabilidade dos requisitos. viii) **Tamanho do projeto**: Tamanho do projeto, conforme uma escala intervalar pré-definida. ix) **Inovação tecnológica**: Grau de inovação tecnológica adotado. x) **Tecnologias**: Tecnologias utilizadas no desenvolvimento, por exemplo: linguagem Java, banco de dados Oracle, etc.. xi) **Domínio de aplicação**: Domínio da aplicação relacionado ao software desenvolvido, por exemplo: petróleo, energia, educacional, RH, etc. xii) **Tamanho da equipe**: Tamanho da equipe, conforme uma escala intervalar pré-definida. xiii) **Duração do projeto**: Duração do projeto, conforme uma escala intervalar pré-definida. xiv) **Modelo de ciclo de vida**: Modelo de ciclo de vida adotado, por exemplo: cascata, incremental, etc. xv) **Paradigma**: Paradigma adotado, por exemplo: orientado a objetos, estruturado, etc.

Mais informações podem ser encontradas em:

. BARRETO, A. O. S., 2011, Definição e Gerência de Objetivos de Software Alinhados ao Planejamento Estratégico, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- Agrupamento racional: Esta prática também é chamada de *rational subgrouping* e possui duas características básicas: (i) a homogeneidade do subgrupo, ou seja, deve-se garantir que as medidas do subgrupo foram coletadas sob as mesmas condições ou sob o mesmo sistema de causas, e (ii) a organização das medidas responde ao objetivo da

análise, ou seja, deve-se garantir que as medidas agrupadas não perdem significado para responder à questão inicialmente estabelecida para a análise (por exemplo, ao agrupar por semana medidas coletadas diariamente, as variações de um dia para outro são perdidas e, portanto, a análise com este agrupamento não responderá perguntas do tipo ‘A variação do dia X foi normal?’).

A criação de subgrupos racionais depende das medidas serem coletadas em pequeno espaço de tempo ou espaço, pois assim é mais provável que as medidas estejam sob as mesmas causas de variação. Como em software, as medições normalmente são espaçadas no tempo, é difícil garantir a homogeneidade dos dados. Portanto, na maioria das vezes, as medidas para a análise de desempenho em software são tomadas individualmente, não sendo possível a criação de subgrupos.

- **Recomendações:** Algumas recomendações para realizar o agrupamento racional são: i) Não coloque no mesmo subgrupo dados de subprocessos diferentes; ii) Minimize a variação dentro de cada subgrupo, buscando subgrupos mais homogêneos; iii) Maximize a oportunidade para variação entre subgrupos; se o intuito é verificar a diferença entre duas equipes, por exemplo, coloque os dados referentes a estas equipes em dois subgrupos diferentes; iv) Crie subgrupos de acordo com a frequência de coleta e uso dos dados; se um único valor é coletado por vez, então subgrupos de tamanho um pode ser mais apropriado; se múltiplos valores são coletados no mesmo tempo, então estes valores podem ser agrupados juntos; e v) Estabeleça definições operacionais para o procedimento de coleta das medidas e para a criação de subgrupos.
- **Exemplos:** FLORAC e CARLETON (1999) apresentam um exemplo de diferentes análises realizadas em um mesmo conjunto de dados de acordo com a forma como o subgrupo é criado. Em (FLORAC *et al.*, 2000) também há um exemplo de diferentes análise para diferentes subgrupos.

A descrição dos exemplos pode ser encontrada em:

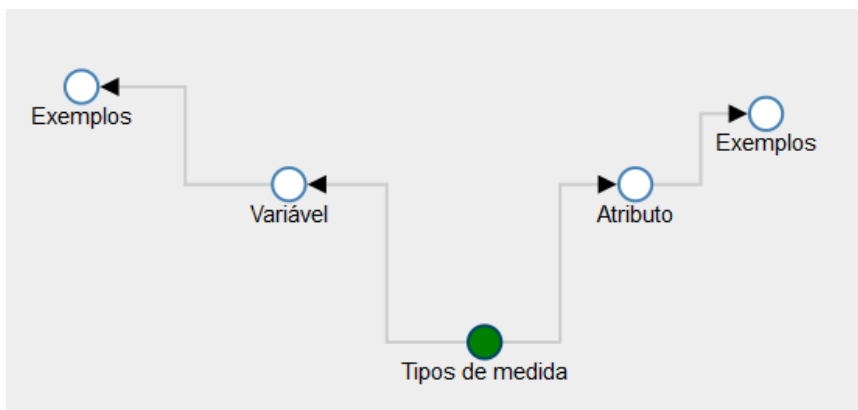
. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, *Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement*, Addison Wesley.

. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., BARNARD, J. R., 2000, *Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process*, IEEE Software, v. 17(4), pp. 97-106.

### Tarefa: Determinar características das medidas

#### IC.11 – Tipos de medida

Mapa mental:



- **Tipos de medida:** No contexto da análise de desempenho, há dois tipos básicos de medidas: variável e atributo. O tipo da medida influencia a escolha do gráfico de controle adequado para sua análise.

Mais informações sobre os tipos de medida podem ser encontradas em:

. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, *Measuring the Software Process: Statistical*

Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

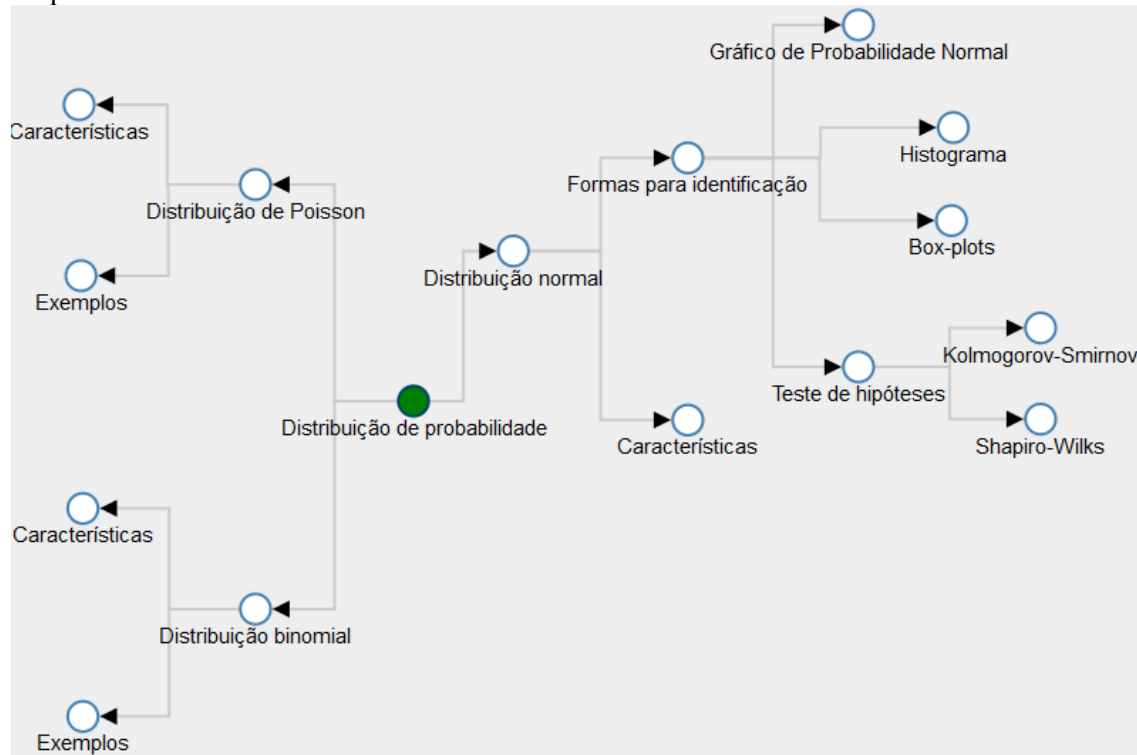
. ROCHA, A. R. C., SOUZA, G. S., BARCELLOS, M. P., 2012, Medição de Software e Controle Estatístico de Processos, PBQP Software, Brasília.

. STAPENHURST, T., 2005, Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases, Elsevier Butterworth-Heinemann.

- Variável: Uma medida do tipo variável está normalmente relacionada à medição de fenômenos contínuos. São medidas que podem assumir qualquer valor dentro de um intervalo de interesse; também são denominadas **contínuas**.
  - Exemplos: Na área de software, medidas do tipo variável são: esforço gasto, tempo de experiência, tempo decorrido, custo, dentre outros.
  
- Atributo: Uma medida do tipo atributo é aquela que só é registrada quando atende a determinado critério; atributos são normalmente contagens. São medidas que só podem assumir valores inteiros dentro de um intervalo de interesse; também são denominadas **discretas**.
  - Exemplos: Na área de software, medidas do tipo atributo são: número de defeitos encontrados em um módulo durante os testes, número de pessoas com determinada habilidade, número de reclamações de clientes prioritários, porcentagem de não conformidades identificadas em um produto de uma atividade ou processo etc.

## IC.12 – Distribuição de probabilidade

Mapa mental:



- **Distribuição de probabilidade**: Uma distribuição de probabilidade mostra quais valores uma determinada medida pode assumir e a probabilidade de ocorrência de cada um destes valores. Há vários modelos de distribuição de probabilidade, sendo os mais comuns: distribuição normal, distribuição de Poisson e distribuição binomial. Dependendo do tipo de distribuição, um determinado gráfico de controle pode ser mais preciso que outros. Mais informações sobre distribuição de probabilidade em geral podem ser encontradas em:  
. ARAÚJO, M. A. P., TRAVASSOS, G. H., 2009, A Utilização de Métodos Estatísticos no Planejamento e Análise de Estudos Experimentais em Engenharia de Software, Minicurso do VIII Experimental Software Engineering Latin American Workshop, ESELAW 2009,

Rio de Janeiro.

. MAXWELL, K. D., 2006, What You Need To Know About Statistics, in Mendes, E., Mosley, N., Web Engineering, Springer Berlin Heidelberg, pp 365-408.

. MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

. NIST/SEMATECH, 2013, e-Handbook of Statistical Methods. Disponível em: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>.

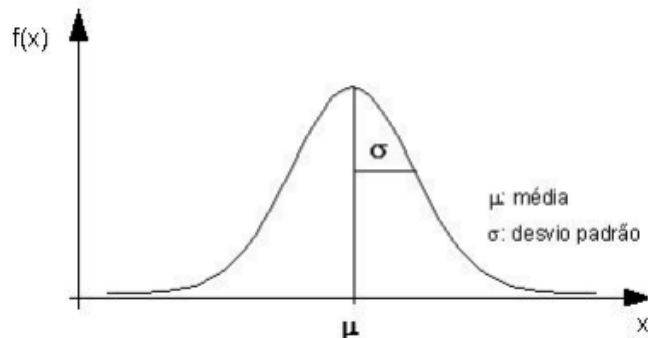
. ROTONDARO, R. G, 2006, Seis Sigma – Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços, Ed. Atlas.

. STAPENHURST, T., 2005, Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases, Elsevier Butterworth-Heinemann.

. TAVARES, M., 2007, Estatística Aplicada à Administração, Sistema Universidade Aberta do Brasil.

. WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, Inc.

- Distribuição normal: Também conhecida por “curva do sino” devido ao formato característico do gráfico produzido por esta distribuição. A distribuição normal é mais comum para medidas do tipo variável (contínuas). Caso um conjunto de dados tenha uma distribuição normal, a maioria dos seus valores (cerca de 68%) está centralizada em torno da média (dentro de um desvio padrão da média), enquanto que, ao se afastar da média, menos valores são observados. Nesta distribuição, a média, a mediana e a moda possuem o mesmo valor, devido à simetria apresentada no gráfico. A curva normal pode ser descrita matematicamente em termos de dois parâmetros, a média  $\mu$  e o desvio padrão  $\sigma$ . Como mostra a figura a seguir, a média da distribuição normal é apresentada no centro da curva, enquanto o desvio padrão é representado pela largura da curva (quanto maior o desvio padrão, mais larga é a distribuição).



Mais informações específicas sobre a distribuição normal podem ser encontradas em:

. PAES, A. T., 2009, O que fazer quando a distribuição não é normal?, Einstein, São Paulo, v. 7, p. 3-4.

. ROLKE, W. A, 2014, Checking for Normality. Disponível em: <http://academic.uprm.edu/wrolke/esma3101/normalcheck.htm>.

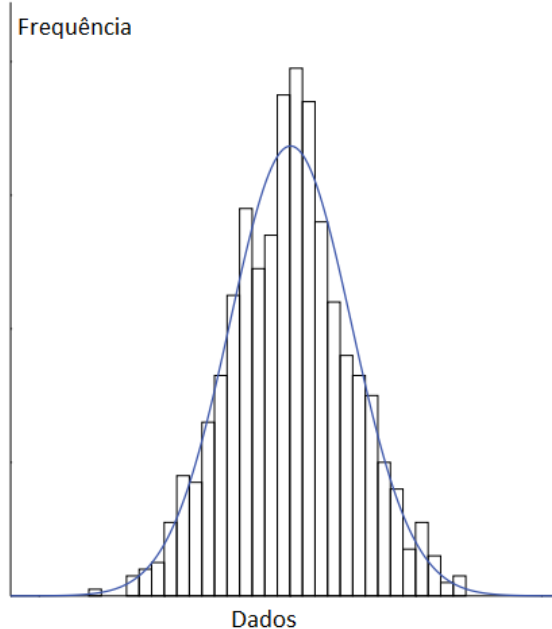
. TORMAN, V. B. L, COSTER, R., RIBOLDI, J., 2012, Normalidade de Variáveis: Métodos de Verificação e Comparação de Alguns Testes Não-Paramétricos por Simulação, Revista Hospital de Clínicas de Porto Alegre, v 32(2), pp. 227-234.

. TOTTON, N., WHITE, P., 2011, The Ubiquitous Mythical Normal Distribution, University of the West of England, North Bristol.

- Características: As características de uma distribuição normal podem ser sintetizadas nas seguintes propriedades: (i) A distribuição normal é um exemplo de distribuição para valores do tipo variáveis (contínuas), ou seja, que possuem infinitos valores em um intervalo infinito; (ii) A distribuição normal é simétrica em torno da média (ou seja, média = mediana = moda); (iii) O grau de dispersão de uma curva normal é quantificado pelo desvio padrão; e (iv) Tecnicamente, a curva

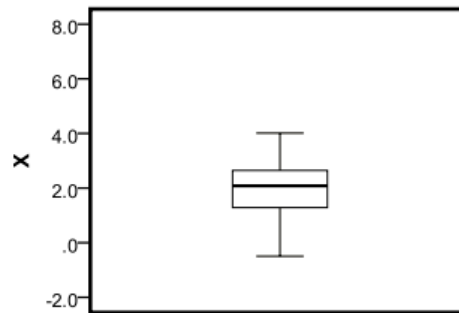
normal se estende sobre todos os números reais percorrendo de menos infinito até mais infinito.

- **Formas para identificação:** Para identificar se um conjunto de dados segue uma distribuição normal, pode-se adotar tanto métodos descritivos (histogramas e box-plots, por exemplo) como testes de hipóteses (tais como: teste de Kolmogorov-Smirnov e teste de Shapiro-Wilks). É recomendável que a identificação da normalidade dos dados seja realizada adotando mais de um tipo de método, ou seja, que se utilize tanto métodos descritivos como os testes de hipóteses. Vale ressaltar que, dado um conjunto de  $n$  valores, de acordo como Teorema do Limite Central, quando  $n$  é muito grande, a distribuição de probabilidade deste conjunto aproxima-se da distribuição normal. Segundo MONTGOMERY (2009), a quantidade de  $n$  necessária para que a distribuição seja considerada normal varia de acordo com o contexto. Em alguns casos, é possível considerar que uma distribuição é normal quando  $n$  é igual a 3 ou 4. Em outros casos,  $n$  precisa ser maior que 100 para que esta aproximação à distribuição normal seja satisfatória. No contexto da engenharia de software, MAXWELL (2006) informa que quando  $n$  é maior ou igual a 30 já é possível obter uma distribuição normal deste conjunto.
- **Histograma:** É uma representação gráfica da distribuição de frequência de determinado evento. Normalmente, é um gráfico de barras verticais, no qual as variáveis de interesse são plotadas no eixo horizontal e a frequência de ocorrência de cada variável é plotada no eixo vertical. O histograma permite verificar a forma da distribuição, o valor central e a dispersão dos dados. Para um conjunto de dados que segue uma distribuição normal, ao plotar o histograma se observará a forma de sino, ou seja, quando os dados se comportam praticamente de forma simétrica, conforme exemplificado na figura a seguir.

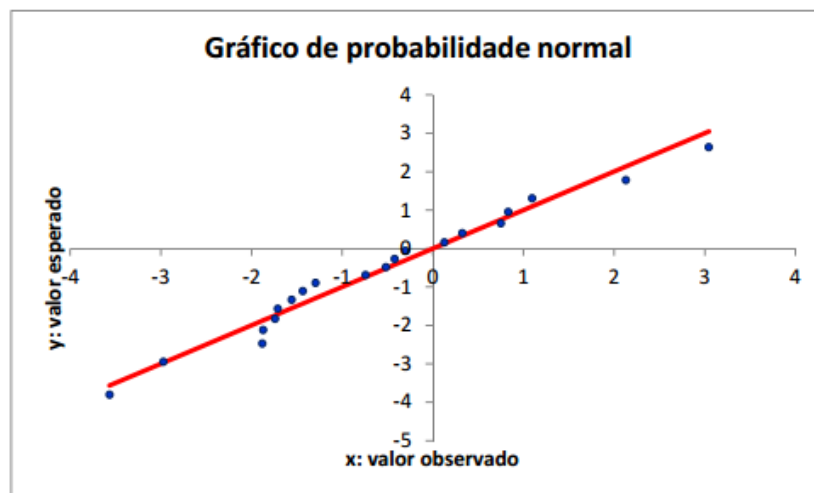


- **Box-plots:** O *box-plot* (ou gráfico de caixa) auxilia na análise da simetria de uma distribuição, o espalhamento das observações e a presença de observações discrepantes. Este gráfico é composto pelos seguintes elementos: (i) Uma caixa (*box*) que representa a região entre o primeiro (25%) e o terceiro (75%) quartis; (ii) Uma linha dentro da caixa que representa a posição da mediana (segundo quartil, 50%); (iii) Linhas que se prolongam a partir da caixa até no máximo 1,5 vezes a distância interquartil (diferença entre o primeiro e terceiro quartis); e (iv) As observações que passarem essa distância são representadas individualmente por pontos (são os chamados *outliers*). Ao se elaborar um *box-plot* para um conjunto de dados que possuem distribuição normal, as seguintes características

são identificadas, conforme exemplificado na figura a seguir: (i) há poucos *outliers* e os existentes estão próximos à caixa; e (ii) as linhas superior e inferior e a caixa são igualmente espaçadas.



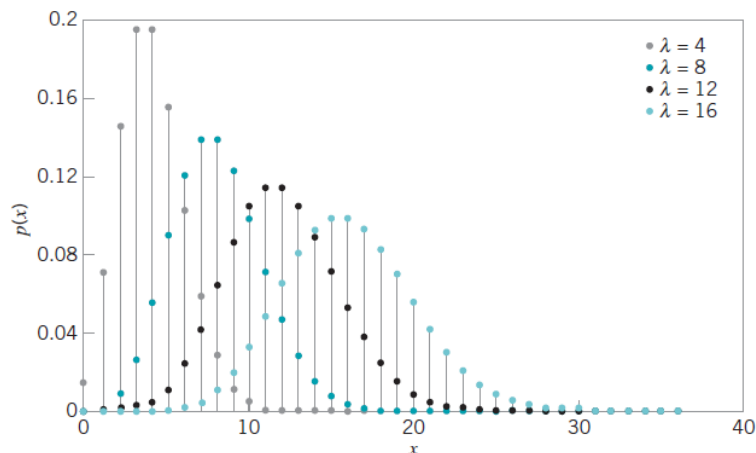
- **Gráfico de Probabilidade Normal:** É um tipo de Gráfico Quantil-Quantil (*Q-Q plot*). Um gráfico Quantil-Quantil possui a finalidade de confrontar os dados de uma amostra que possui uma distribuição de probabilidade desconhecida com os dados de outra amostra com distribuição de probabilidade conhecida; desta forma, este gráfico avalia se estas amostras seguem a mesma distribuição de probabilidade. No Gráfico de Probabilidade Normal, os dados de um conjunto são confrontados com uma reta que representa dados que seguem uma distribuição normal; se estes dados são apresentados próximos a esta uma reta, pode-se afirmar que este conjunto segue uma distribuição normal. A figura a seguir apresenta um exemplo do Gráfico de Probabilidade Normal com dados que seguem distribuição normal.



- **Teste de hipóteses:** Os testes de hipótese são mais objetivos que os métodos descritivos, pois estes dependem da interpretação visual dos gráficos. Nos testes de hipótese supõe-se que um conjunto de dados possui distribuição normal, a partir da definição de uma hipótese nula “Os dados seguem uma distribuição normal”. Os testes de hipótese buscam verificar se a hipótese pode ser estatisticamente rejeitada ou não. Os testes de hipótese mais utilizados para este fim são os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilks.
  - **Kolmogorov-Smirnov:** Este teste é adequado para conjuntos grandes, com mais de 30 valores. Ao executar o teste de Kolmogorov-Smirnov, obtém-se um valor denominado *p-value* que indica o nível de significância estatística para rejeitar a hipótese nula (Os dados seguem uma distribuição normal); se o *p-value* for menor que o nível de significância adotado para o teste, a hipótese nula pode ser rejeitada; caso contrário, não há indícios para rejeitar a hipótese nula e, portanto, pode-se assumir a hipótese alternativa. No contexto da Engenharia de Software, o nível de significância normalmente

adotado nos testes estatísticos é 5% (com uma confiabilidade de 95% dos testes), ou seja, o  $p$ -value deve ser menor que 0,05 para que a hipótese nula possa ser rejeitada.

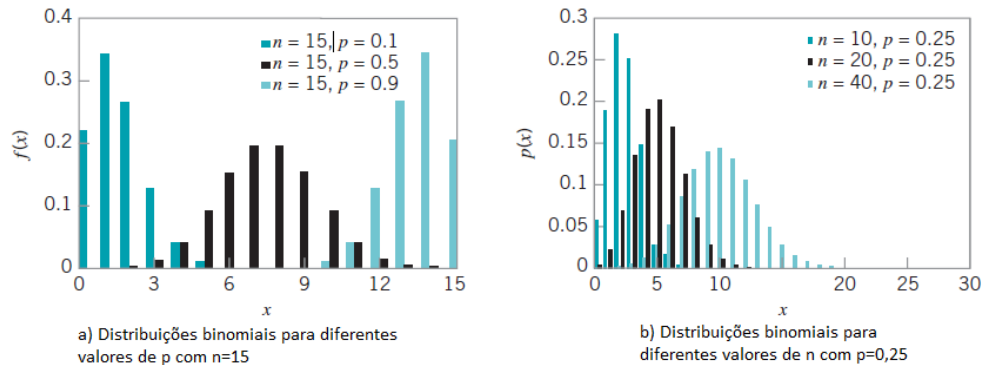
- Shapiro-Wilks: O teste de Shapiro-Wilks é semelhante ao teste de Kolmogorov-Smirnov: é necessário estabelecer a hipótese nula (Os dados seguem uma distribuição normal) e a hipótese alternativa (Os dados não seguem uma distribuição normal) e verificar se há ou não indícios para rejeitar a hipótese nula. No entanto, a variável estatística é diferente; deve-se calcular o valor de  $W$  e compará-lo como nível de significância estabelecida. O teste de Shapiro-Wilks é mais preciso quando o conjunto analisado é pequeno, com menos de 50 valores.
- Distribuição de Poisson: A distribuição de Poisson é utilizada para descrever o número de ocorrência de eventos aleatórios em um dado intervalo de tempo ou em uma determinada área espacial. O número de ocorrências de eventos é sempre um número inteiro. A distribuição de Poisson é uma distribuição positivamente inclinada, ou seja, não é simétrica e está inclinada para a esquerda, sugerindo que uma maior frequência dos valores se encontra nos valores mais baixos do intervalo, como sugere a figura a seguir. Uma característica da distribuição de Poisson é que as estatísticas de distribuição (média e variância) apresentam o mesmo valor  $\lambda$ . Na figura, é possível verificar que quanto maior o valor de  $\lambda$  mais a distribuição se assemelha a uma distribuição normal (como se pode observar na figura com  $\lambda=16$ ).



- Características: As condições que caracterizam uma distribuição de Poisson são: (i) Os valores inteiros representam contagem de eventos discretos; (ii) O evento discreto ocorre dentro de uma região de espaço, tempo ou produto finita e bem definida. Esta região finita é denominada “área de oportunidade” para a contagem; (iii) Os eventos ocorrem de forma independente um do outro (ou seja, o resultado de um não interfere no resultado do outro); e (iv) A probabilidade de um evento é proporcional ao tamanho da área de oportunidade. Uma forma de avaliar se uma distribuição é uma distribuição de Poisson é tentar contar as não conformidades e as conformidades do evento: se for possível contar as não conformidades, mas não for possível contar as conformidades, então há indícios de que se trata de uma distribuição de Poisson.
- Exemplos: Uma típica aplicação desta distribuição é o número de defeitos ou não conformidades que ocorrem na unidade de um produto. Qualquer fenômeno aleatório que ocorra em uma unidade (por unidade de área, por unidade de volume, por unidade de tempo etc.) pode ser aproximado a uma distribuição de Poisson. De acordo com STAPENHURST (2005), normalmente a distribuição de Poisson está associada a medidas que podem ser pensadas como “taxas”. Em software, exemplos de medidas que tendem a seguir a distribuição de Poisson são: número de defeitos identificados durante a inspeção ou teste, defeitos por linha de código, defeitos por

pontos de função, número de falhas no sistema por dia etc. (FLORAC e CARLETON, 1999).

- **Distribuição binomial:** A distribuição binomial está associada com situações que envolvem dois resultados; por exemplo: sim/não, sucesso/falha, desenvolver um efeito colateral ou não, etc. Geralmente, é mais encontrada em medidas do tipo atributo (discretas). A distribuição binomial é caracterizada por dois parâmetros: **n** representa o número de tentativas ou repetições do evento, e **p** é a probabilidade de sucesso. Graficamente, a distribuição binomial não é assimétrica. No entanto, quando **n** é grande ( $n > 20$ ) ou quando **p** se aproxima de 0,5, o formato se aproxima da simétrica, portanto, se aproximando de uma distribuição normal, conforme mostra a figura a seguir.



- **Características:** Uma distribuição é binomial desde que atenda às seguintes condições: (i) Há um número fixo  $n$  de repetições (tentativas); (ii) Cada tentativa possui somente dois resultados possíveis; (iii) A probabilidade  $p$  de sucesso (variável de interesse) em cada tentativa é constante; e (iv) As tentativas são independentes, ou seja, o resultado de uma tentativa não influencia a outra. Se uma situação atende a estas quatro condições, então a variável de interesse  $X$  (sendo  $X$  o número de sucessos obtidos em  $n$  tentativas) terá uma distribuição binomial, com  $n$  tentativas e  $p$  probabilidade de sucesso.
- **Exemplos:** Um exemplo clássico de distribuição binomial é o lançamento de uma moeda. Ao lançar uma moeda 10 vezes e contar o número de caras obtidas ( $X$ ), pode-se observar as condições necessárias para a distribuição binomial, conforme apresentado a seguir: (i) O lançamento é realizado 10 vezes, ou seja, há um número fixo de tentativas com  $n = 10$ ; (ii) Cada lançamento da moeda só possui dois resultados possíveis: cara (sucesso) ou coroa (falha); (iii) A probabilidade de sucesso (ter uma cara) é constante, com  $p=1/2$  para cada lançamento; e (iv) O resultado de um lançamento da moeda não impacta no resultado do lançamento seguinte. De acordo com FLORAC e CARLETON (1999), este tipo de distribuição não é muito comum no contexto de processos de desenvolvimento de software. No entanto, WANG *et al.* (2006) sugerem que o indicador “taxa de mudança de requisitos” segue uma distribuição binomial.

Os exemplos podem ser encontrados em:

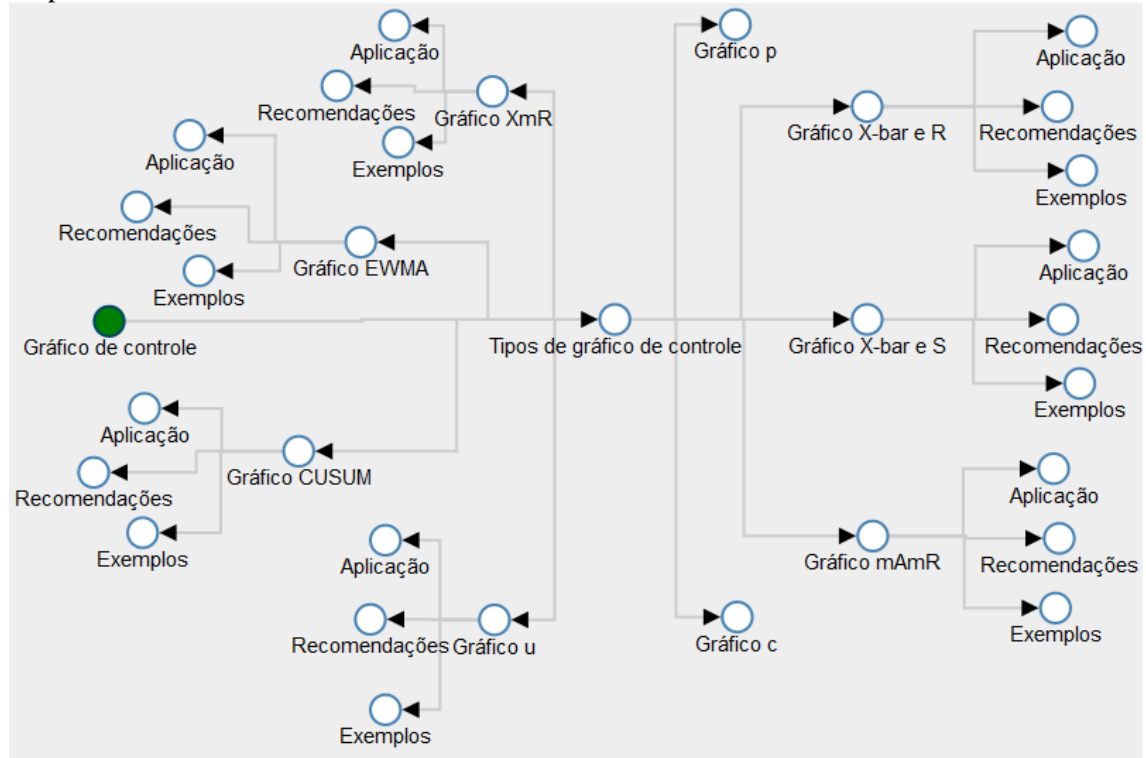
- . FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.
- . WANG, Q., JIANG, N., GOU, L., *et al.*, 2006, BSR: A Statistic-based Approach for Establishing and Refining Software Process Performance Baseline, In: 28th International Conference on Software Engineering (ICSE 2006), Shanghai, China.



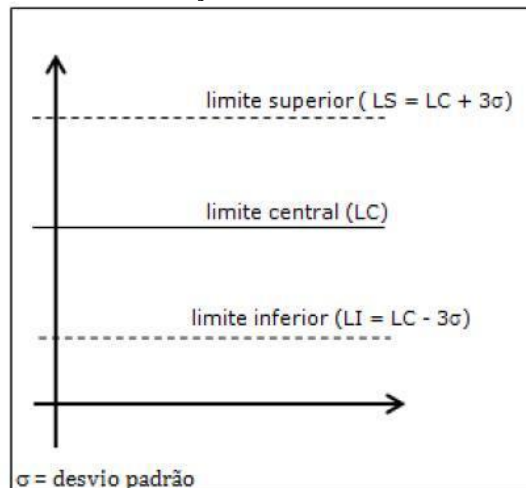
**Tarefa: Selecionar gráfico de controle apropriado**

**IC.13 – Gráfico de controle**

Mapa mental:



- **Gráfico de controle:** O gráfico de controle - também chamado de gráfico de comportamento do processo - é um tipo de gráfico de frequência no qual os dados de uma determinada característica de um subprocesso são plotados em ordem temporal e limites (superior e inferior) são apresentados. Estes limites são calculados a partir dos dados do próprio subprocesso e, portanto, permitem caracterizar a extensão da variação rotineira (produzida naturalmente pelo subprocesso), diferenciando-a da variação excepcional (causada por um evento externo ao subprocesso). A estrutura padrão de um gráfico de controle é constituída de uma linha central e dois limites de controle, apresentados um acima da linha central e o outro abaixo à linha central, conforme apresentado na figura a seguir. A linha central, geralmente, representa a visualização da média do subprocesso observado (algumas vezes representa outras estatísticas, tais como a mediana) e serve como referência visual para detectar mudanças ou tendências.



Mais informações sobre gráficos de controle no geral podem ser encontradas em:  
. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical

Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

. FONSECA, P. C., 2010, Modelo para Controle Estatístico de Processos de Desenvolvimento de Software (CEP-S), Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

. MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

. ROCHA, A. R. C., SOUZA, G. S., BARCELLOS, M. P., 2012, Medição de Software e Controle Estatístico de Processos, PBQP Software, Brasília.

. STAGLIANO, A. A., Rath & Strong's Six Sigma Advanced Tools Pocket Guide, McGraw-Hill.

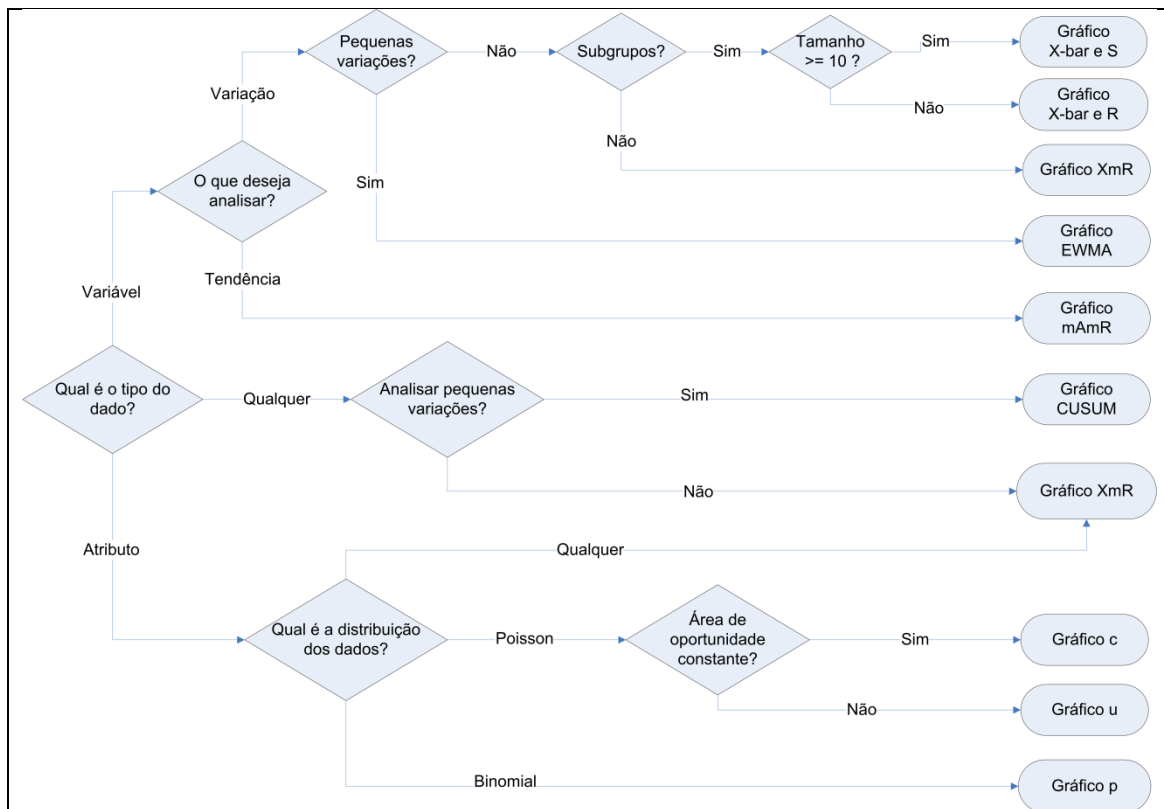
. STAPENHURST, T., 2005, Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases, Elsevier Butterworth-Heinemann.

. WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, Inc.

. WHEELER, D. J., 2008, Entendendo a Variação: A Chave para Administrar o Caos, QualityMark Ed., Rio de Janeiro.

- Tipos de gráfico de controle: Existem diversos tipos de gráficos de controle aplicáveis para diferentes contextos e problemas. Antes da construção de um gráfico de controle é necessário verificar, entre outros aspectos: (i) o problema que se deseja analisar, (ii) o tipo dos dados (medidas) que estão disponíveis, (iii) o tamanho dos subgrupos de dados (se houver), e (iv) o modelo de distribuição dos dados. A partir destas características é que o tipo de gráfico mais adequado deve ser selecionado. A escolha incorreta do tipo de gráfico de controle pode levar a enganos na análise, como por exemplo, mostrar que o processo é estável, quando na verdade não é, ou vice-versa. De uma forma geral, a seleção do tipo de gráfico de controle, a partir das características dos dados, pode ser representada pelo fluxograma da figura a seguir.

No fluxograma, o primeiro ponto de decisão é com relação ao tipo da medida que está sendo analisado (atributo ou variável). Se a medida for do tipo variável, deve-se verificar o objetivo da análise: analisar a variação entre as medidas ou analisar se as medidas seguem alguma tendência. Geralmente, a primeira análise do conjunto de medidas é realizada para verificar a variação entre as medidas e, posteriormente, caso seja dado indícios de alguma tendência, uma nova execução da análise pode ter o objetivo de entender melhor a tendência indicada anteriormente. Ao analisar a variação das medidas, pode-se querer analisar pequenas variações; esta opção normalmente é selecionada após uma análise anterior do conjunto de dados. Outro ponto de decisão se refere ao tamanho do subgrupo, caso tenha sido criado. Se a medida for do tipo atributo, deve-se verificar a distribuição de probabilidade do conjunto de medidas; para cada distribuição de probabilidade há um gráfico de controle mais apropriado. Caso as medidas tenham a distribuição de Poisson, deve-se verificar se a área de oportunidade é constante ou não. O conceito de área de oportunidade está relacionado com a oportunidade (chance) de um evento ser registrado; por exemplo, no contexto da medida de defeitos identificados em um módulo de software, a área de oportunidade é o tamanho do módulo.



- **Gráfico XmR:** Também denominado Gráfico de Controle do Valor Individual e Amplitudes Móveis ou *Individuals and Moving Range Chart*, é o gráfico mais utilizado na área de software. É utilizado quando há impossibilidade de formar subgrupos com os dados disponibilizados, ou seja, os dados são analisados individualmente. O gráfico XmR é composto por dois gráficos:

- **Gráfico X:** também é denominado gráfico I, *individuals chart* ou gráfico para valores individuais. Este gráfico, no qual os valores das medidas são plotados individualmente, possui o propósito de monitorar as médias do desempenho do processo. É o gráfico principal para identificar as causas especiais de variação.

- **Gráfico mR:** também é denominado *moving range chart* ou gráfico de amplitudes móveis. É utilizado para monitorar a variação do processo, a partir da diferença entre dois valores individuais consecutivos.

Cada gráfico possui uma linha central e limite superior, que são calculados a partir dos dados, sendo que somente o gráfico X possui limite inferior.

- **Aplicação:** É utilizado quando não há necessidade ou quando não é possível formar subgrupos com os dados disponibilizados, seja porque as medidas são coletadas esparsamente no tempo ou porque é impossível agrupar dados homogêneos em determinado contexto. É o gráfico de controle mais adequado para dados do tipo variável, mas que também pode ser utilizado para dados do tipo atributo. Outra característica que faz com que o gráfico XmR seja o gráfico de controle mais utilizado, é que não é necessário que os dados sigam uma distribuição de probabilidade específica (como é exigido em outros gráficos de controle). No entanto, nos casos em que os dados sigam uma distribuição específica, o gráfico XmR pode ser utilizado, mas perderá em eficiência com relação ao gráfico de controle apropriado para aquela distribuição. O gráfico XmR busca analisar situações nas quais a variação entre valores individuais é importante, como por exemplo, avaliar a variação diária do esforço gasto em determinada atividade.

- **Recomendações:** (i) Antes de analisar o gráfico X é necessário que o gráfico mR

esteja sob controle; (ii) Segundo STAGLIANO (2004), para afirmar que um processo está sob controle estatístico são necessários 50 valores ou mais plotados no gráfico; (iii) Quando as amplitudes móveis possuem valores muito grandes em relação aos demais é mais apropriado utilizar uma variação do Gráfico XmR que difere no modo de calcular os limites, utilizando a mediana ao invés da média.

- **Exemplos:** O Gráfico XmR é o mais utilizado em software. A maioria dos relatos sobre aplicação do CEP em software envolve o uso do Gráfico XmR. Alguns destes relatos podem ser encontrados em:
  - . BALDASSARRE T., BOFFOLI N., CAIVANO D., VISAGGIO G., 2004, Managing Software Process Improvement through Statistical Process Control, In: Proceedings of PROFES 2004, Lecture Notes in Computer Science, pp. 30-46.
  - . BALDASSARRE, M.T.; BOFFOLI, N.; CAIVANO, D.; VISAGGIO, G.; 2005, Improving Dynamic Calibration Through Statistical Process Control, Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM'05), pp. 273-282.
  - . BALDASSARRE, M. T., BOFFOLI, N., CAIVANO, D., 2010, Statistical Process Control for Software: Fill de Gap, in COSKUN, A., Quality Management and Six Sigma, pp. 135-153.
  - . KOMURO, M., 2006, Experiences of Applying SPC Techniques to Software Development, In: Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering - ICSE'06, Shanghai, China, pp. 577-584.
  - . SARGUT, K. U., DEMIRORS, O., 2006, Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions, Software Quality Journal, v. 14, n. 5, pp. 135-157.

A seguir é apresentada um exemplo completo descrito em (Florac e Carleton, 1999):

Uma organização de testes de sistema reporta, semanalmente, a quantidade de problemas críticos que permanecem não resolvidos. No final da semana 31, o gerente, ao observar o alto número de problemas não resolvidos quando comparado às semanas anteriores, deseja analisar o processo Resolução de Problemas para verificar se este valor (28) é resultado normal do processo ou não. Para tanto, o histórico de problemas não resolvidos não reportados durante o ano é tabulado, conforme apresentado na tabela a seguir.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1º trimestre	19	27	20	16	18	25	22	24	17	25	15	17
2º trimestre	20	22	19	16	22	19	25	22	18	20	16	17
3º trimestre	20	15	27	25	17	19	28					

Já que somente um valor é obtido por semana, o tamanho do subgrupo mais apropriado é 1. Desta forma, o gráfico XmR é o gráfico mais apropriado para esta situação.

Para a definição dos limites do gráfico, o gerente optou por utilizar os dados do 1º e 2º trimestre. Assim, as equações são computadas da seguinte forma:

i) Para o gráfico X:

$$\text{Linha Central} = \bar{x} = 20,04$$

$$\text{Limite Superior} = \bar{x} + E_2 \cdot \overline{mR} = 20,04 + 2,66 \cdot 4,35 = 31,61$$

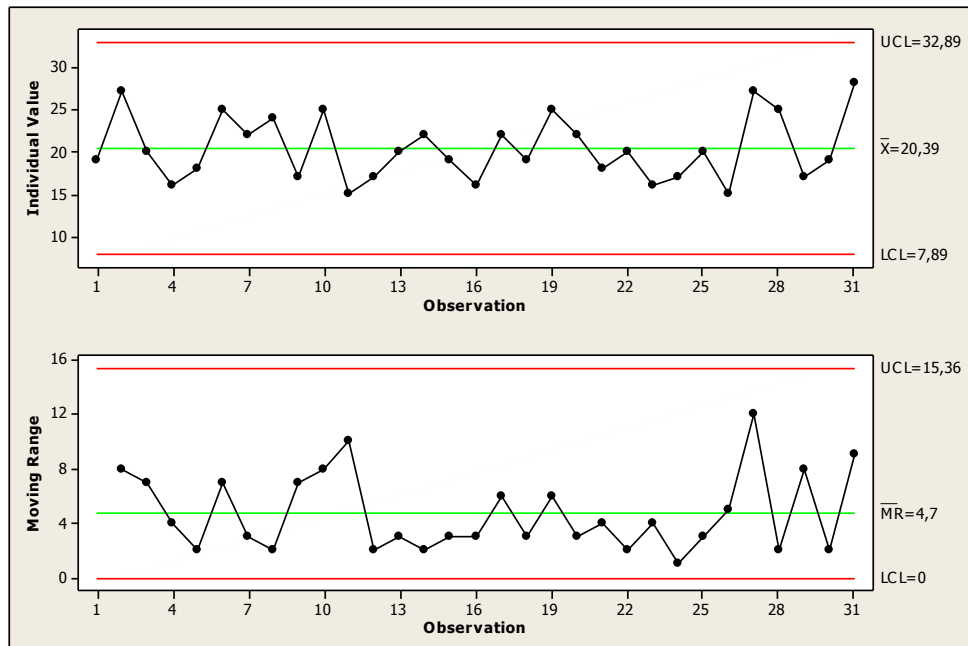
$$\text{Limite Inferior} = \bar{x} - E_2 \cdot \overline{mR} = 20,04 - 2,66 \cdot 4,35 = 8,49$$

ii) Para o gráfico mR:

$$\text{Linha Central} = \overline{mR} = 4,35$$

$$\text{Limite Superior} = D_4 \cdot \overline{mR} = 3,26 \cdot 4,35 = 14,18$$

Após o cálculo dos limites, os valores obtidos no 3º trimestre são adicionados no gráfico, conforme apresentado na figura a seguir. Ao analisar o gráfico, o gerente observou que a quantidade de problemas não resolvidos na semana 31 está dentro dos limites esperados para o processo Resolução de Problemas.



- **Gráfico X-bar e R:** Também denominado Gráfico de Controle de Média e Amplitude ou *Average and Range Chart*, é um gráfico de controle para dados do tipo variável. É utilizado quando há a opção de coletar múltiplas medições em um curto intervalo de tempo e sob as mesmas condições de execução do processo, sendo, portanto, possível agrupá-los em subgrupos homogêneos. Portanto, o gráfico X-bar e R organiza os dados em  $k$  subgrupos de tamanho  $n$  e plota as  $k$  médias e amplitudes dos subgrupos. É composto por dois gráficos:

. Gráfico X-bar: também denominado gráfico de média ou *average chart*. Neste gráfico, são plotadas as médias dos subgrupos, permitindo analisar a variação entre os subgrupos. A partir deste gráfico, é possível analisar a tendência central do processo.

. Gráfico R: também denominado gráfico de amplitude ou *range chart*. Neste gráfico, as amplitudes dos subgrupos são plotadas, indicando a variação (dispersão) dentro dos subgrupos.

Cada gráfico possui uma linha central, limite superior e limite inferior, que são calculados a partir das observações realizadas.

- **Aplicação:** O gráfico X-bar e R é utilizado quando a medida é do tipo variável e é possível agrupar os valores em subgrupos homogêneos de tamanho entre 2 e 10. Não há um consenso, mas alguns autores afirmam a necessidade dos dados seguirem a distribuição normal para que o gráfico X-bar e R possa ser utilizado adequadamente. Há outros autores que afirmam que o resultado obtido é parecido mesmo quando não há distribuição normal e, portanto, o gráfico pode ser utilizado independente da distribuição que os dados possuem.

- **Recomendações:** (i) Deve-se ter atenção especial ao selecionar o tamanho do subgrupo a partir do qual a análise será realizada. De acordo com FLORAC e CARLETON (1999), para selecionar o tamanho dos subgrupos adequadamente é necessário observar dois requisitos: a homogeneidade dos subgrupos e a questão que se deseja analisar a partir dos dados. (ii) Antes de analisar o gráfico X é

necessário que o gráfico R esteja sob controle. (iii) Segundo (STAGLIANO, 2004), para afirmar que um processo está sob controle estatístico são necessários 50 valores ou mais plotados no gráfico.

- **Exemplos:** O gráfico X-bar e R busca responder questões do tipo “qual é a tendência central do processo?” e “quanto é a variação que ocorre entre os subgrupos ao longo do tempo?”. Na área de software, este gráfico é pouco utilizado, devido à condição de formação de subgrupos homogêneos. No entanto, este gráfico poderia ser utilizado para analisar algumas situações, tais como (MONTEIRO, 2008): média de esforço realizado diariamente com retrabalho por semana (neste caso, o subgrupo é de 1 semana ou 5 dias úteis); produtividade média de projeto Java por mês (neste caso, o subgrupo é o conjunto de projetos Java finalizados no mês).

Mais informações sobre o uso do gráfico X-bar e R podem ser encontradas em:  
 . FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.  
 . MONTEIRO, L. F. S., 2008, Definição de um Catálogo de Medidas para a Análise de Desempenho de Processo de Software, Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Brasília.

A seguir é apresentado um exemplo de aplicação do Gráfico X-bar e R descrito em (FLORAC e CARLETON, 1999).

Um gerente deseja analisar o esforço diário gasto nas requisições de serviço de suporte de sua organização, a fim de verificar se o esforço excede o planejado durante um tempo razoável o que prejudicaria o andamento do desenvolvimento. O registro do esforço diário despendido pela equipe durante 16 semanas é apresentado na tabela a seguir. Para analisar a variabilidade dos dados, o gerente agrupou os valores por semana, calculando as médias de horas diárias por semana (cada semana é um subgrupo).

Semana	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Média	Amplitude
1	50,5	43,5	45,5	39,8	42,9	44,44	10,7
2	44,3	44,9	42,9	39,8	39,3	42,24	5,6
3	48,8	51,0	44,3	43,0	51,3	47,68	8,3
4	46,3	45,2	48,1	45,7	44,1	45,88	4
5	40,6	45,7	51,9	47,3	46,4	46,38	11,3
6	44,4	49,0	47,9	45,5	44,8	46,32	4,6
7	46,0	41,1	44,1	41,8	47,9	44,18	6,8
8	44,9	43,4	49,0	45,5	47,4	46,04	5,6
9	50,0	49,0	42,6	41,7	38,5	44,36	11,5
10	44,5	46,5	41,7	42,6	41,7	43,40	4,8
11	43,8	41,8	45,5	44,5	38,6	42,84	6,9
12	43,2	43,8	44,8	43,5	40,9	43,24	3,9
13	50,0	43,4	48,3	46,4	43,4	46,30	6,6
14	52,3	45,2	42,2	44,8	42,8	45,46	10,1
15	50,0	46,2	47,4	42,2	47,0	46,56	7,8
16	47,3	49,7	48,0	42,0	41,0	45,60	8,7
<b>Média das Médias (Grand Averages)</b>						<b>45,06</b>	<b>7,33</b>

A partir do cálculo das médias realizado nesta tabela, é possível calcular os limites de controle da seguinte forma:

i) Para o gráfico X-bar:

$$\text{Linha Central} = \bar{\bar{X}} = 45,06 \text{ horas}$$

$$\text{Limite Superior} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} = 45,06 + 0,577 \cdot 7,33 = 49,28$$

$$\text{Limite Inferior} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} = 45,06 \text{ e Inferior} = 40,83$$

Note que, neste caso, o tamanho do subgrupo  $n=5$  e, portanto, a constante  $A_2$ , de acordo com a Tabela 3, possui o valor 0,577, conforme utilizado no cálculo mostrado.

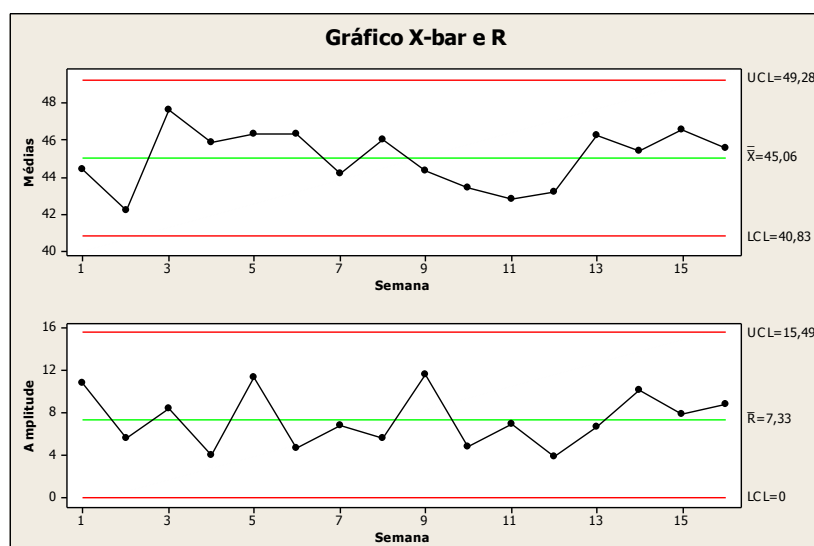
ii) Para o gráfico R:

Linha Central =  $\bar{R} = 7,33$  horas

Limite Superior =  $D_4 \cdot \bar{R} = 2,114 \cdot 7,33 = 15,49$

Limite Inferior =  $D_3 \cdot \bar{R} = \text{indefinido}$ , pois  $n$  R: ela 3, possui o  $D_3$  para  $n = 5$

Após o cálculo dos limites, os valores são plotados no gráfico, conforme exibido na figura a seguir.



Ao analisar o gráfico, o gerente verificou que o processo está dentro dos limites de controle e, portanto, está de acordo com o primeiro requisito para o controle estatístico (teste 1). O gerente ainda quis analisar o processo de acordo com outros testes para se certificar de que não há causas especiais atuando sobre o processo.

O gerente quis verificar os testes 2, 3 e 4. Para tanto, é necessário calcular estimar o valor do desvio padrão da média de um subgrupo, o  $\text{Sigma}_{\bar{x}}$ , a partir da seguinte equação:

$$\text{Sigma}_{\bar{x}} = \frac{A_2 \bar{R}}{3}$$

Para este exemplo,  $n=5$ , então  $A_2 = 0,577$ . Desta forma:

$$\text{Sigma}_{\bar{x}} = \frac{0,577 \cdot 7,33}{3} = 1,41$$

Ao plotar os intervalos de 1-sigma, conforme o cálculo realizado, no gráfico (conforme apresentado na Figura 3) o gerente notou que nenhum dos padrões descritos nos testes 2, 3 e 4 foram identificados. Portanto, o processo está estável em relação ao esforço diário despendido.

- Gráfico X-bar e S: Também denominado Gráfico de Controle de Média e Desvio Padrão ou *Average and Standard Deviation Chart*, é um gráfico de controle para

dados do tipo variável. Este gráfico é mais eficiente que o Gráfico X-bar e R quando o tamanho do subgrupo é maior que 10. É composto por dois gráficos:

. **Gráfico X-bar:** é o mesmo utilizado no gráfico X-bar e R.

. **Gráfico S:** também denominado gráfico de desvio padrão ou *standard deviation chart*. Neste gráfico são plotados os desvios padrões de cada subgrupo, indicando a variação (dispersão) dentro dos subgrupos.

Cada gráfico possui uma linha central, limite superior e limite inferior, que são calculados a partir das observações realizadas.

O gráfico X-bar e S é muito semelhante ao gráfico X-bar e R, somente se diferenciando sobre a estatística utilizada para avaliar a dispersão dos subgrupos: enquanto no X-bar e R é utilizada a amplitude, no gráfico X-bar e S é utilizado o desvio padrão.

- **Aplicação:** O gráfico X-bar e S é utilizado quando a medida é do tipo variável e é possível agrupar os valores em subgrupos homogêneos de tamanho maior que 10.

- **Recomendações:** (i) Deve-se ter atenção especial ao selecionar o tamanho do subgrupo a partir do qual a análise será realizada. Para selecionar o tamanho dos subgrupos adequadamente é necessário observar dois requisitos: a homogeneidade dos subgrupos e a questão que se deseja analisar a partir dos dados. Como no Gráfico X-bar e S o tamanho do subgrupo supõe ser maior (maior que 10), a preocupação em se manter a homogeneidade do subgrupo deve ser redobrada. (ii) Segundo (STAGLIANO, 2004), para afirmar que um processo está sob controle estatístico são necessários 50 valores ou mais plotados no gráfico.

- **Exemplos:** A seguir é apresentado um exemplo de aplicação do Gráfico X-bar e S descrito em (FLORAC e CARLETON, 1999).

Um gerente do grupo de processo de uma organização deseja analisar o processo de inspeção de código-fonte a fim de melhorar o processo para aumentar a efetividade da inspeção. Para tanto, o gerente analisou o tempo gasto em inspeção durante os quatro últimos *releases* do software desenvolvido pela organização. Como o tamanho do código-fonte a ser inspecionado varia de inspeção para inspeção, o gerente precisou normalizar os dados, dividindo o número de linhas de código-fonte pelas horas gastas na inspeção deste código; desta forma, obteve uma taxa de inspeção.

A partir do seu conhecimento sobre o processo de inspeção, o gerente decidiu estabelecer subgrupos que agrupassem as taxas de inspeção de cada *release*. Como cada subgrupo possuía mais de 10 observações, o Gráfico X-bar e S foi escolhido para plotar a variação entre as *releases*.

Os registros das taxas de inspeção de cada *release* são apresentados na tabela a seguir, bem como a média ( $\bar{x}$ ) das taxas por *release* e o desvio padrão (S) de cada *release* (subgrupo).



# da inspeção	Release 1	Release 2	Release 3	Release 4
1	171,6	100,0	27,5	18,1
2	40,5	45,9	27,6	27,1
3	98,0	28,7	39,5	65,4
4	48,9	60,0	37,7	27,5
5	145,7	79,4	79,9	26,5
6	92,1	63,2	37,1	26,9
7	47,0	26,7	32,2	76,0
8	86,8	39,7	11,0	14,3
9	92,5	79,2	20,9	15,2
10	26,0	27,7	26,0	72,2
11	77,6	58,3	56,8	9,2
12	129,2	13,4	46,9	33,1
13	73,8	129,5	17,4	20,5
14	24,0	22,1	41,4	33,5
15	46,9	18,5	32,2	25,3
$\bar{x}$	<b>80,0</b>	<b>52,8</b>	<b>35,6</b>	<b>32,7</b>
S	<b>43,6</b>	<b>33,3</b>	<b>16,9</b>	<b>21,1</b>

Os limites de controle são calculados da seguinte forma:

i) Para o gráfico X-bar:

$$\text{Linha Central} = \bar{\bar{X}} = 50,29$$

$$\text{Limite Superior} = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{S} = 50,29 + 0,789 \cdot 28,72 = 72,95$$

$$\text{Limite Inferior} = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{S} = 50,29 - 0,789 \cdot 28,72 = 27,63$$

Note que, neste caso, o tamanho do subgrupo  $n=15$  e, portanto, a constante  $A_3$  possui o valor 0,789. O mesmo raciocínio se apresenta para as constantes  $B_3$  e  $B_4$  utilizados a seguir.

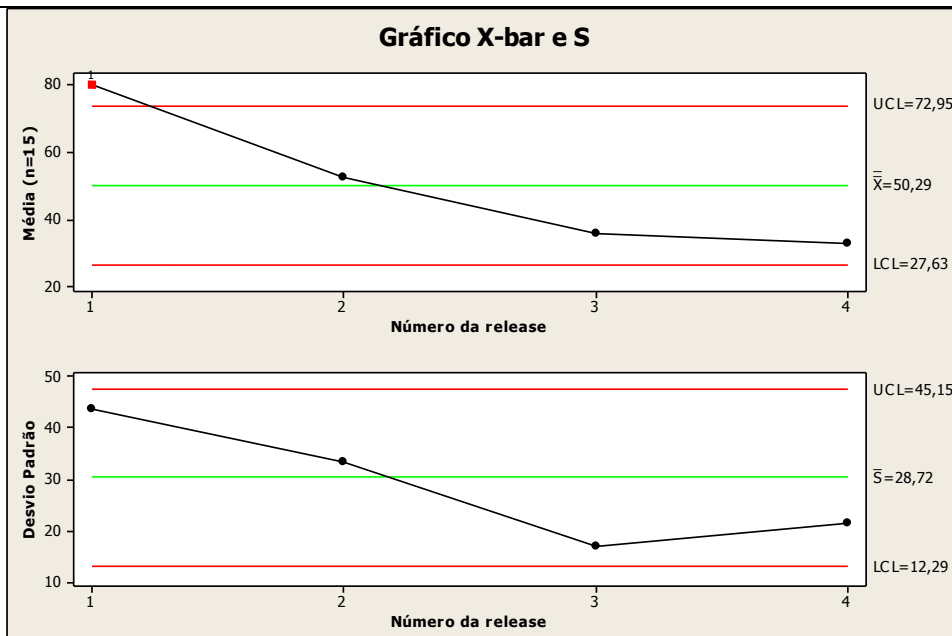
ii) Para o gráfico S:

$$\text{Linha Central} = \bar{\bar{S}} = 28,72$$

$$\text{Limite Superior} = B_4 \cdot \bar{S} = 1,572 \cdot 28,72 = 45,15$$

$$\text{Limite Inferior} = B_3 \cdot \bar{S} = 0,428 \cdot 28,72 = 12,29$$

O Gráfico X-bar e S é exibido na figura a seguir. O gráfico revela que a variação da taxa de inspeção de código entre os *releases* não é inteiramente devido a causas comuns, mas é resultado de uma mudança gradual no processo. O papel do gerente será, portanto, identificar a causa especial que ocasionou a instabilidade no processo, e tratá-la, se for possível.



- **Gráfico mAmR:** Também denominado Gráfico de Controle de Médias Móveis e Amplitudes Móveis ou *Moving Average and Moving Range Chart*, é um gráfico de controle para dados do tipo variável. Este gráfico é útil quando se deseja analisar a tendência do desempenho do processo ao longo do tempo, ao invés da variação entre as medições individuais dos subgrupos. É composto por dois gráficos:
  - . **Gráfico mA:** também denominado gráfico de médias móveis ou *moving average chart*. Neste gráfico, são plotadas as médias móveis dos subgrupos, ou seja, a média entre dois valores consecutivos de cada subgrupo.
  - . **Gráfico mR:** é o mesmo utilizado no gráfico XmR.
- **Aplicação:** O gráfico mAmR é útil para detectar uma mudança persistente ou uma tendência no processo, mas é menos sensível que o gráfico XmR. Portanto, o gráfico mAmR é recomendado quando o processo muda aos poucos. Este tipo de gráfico, além de ser útil para monitorar a estabilidade do processo, também é útil para o gerenciamento do projeto, quando utilizado em conjunto com gráficos de tendência, uma vez que provê informações sobre a situação do projeto relacionado ao que foi planejado e o realizado. É recomendável utilizar o gráfico mAmR quando os subgrupos possuem tamanho menor ou igual a 10.
- **Recomendações:** (i) Deve-se ter atenção especial ao selecionar o tamanho do subgrupo a partir do qual a análise será realizada. Para selecionar o tamanho dos subgrupos adequadamente é necessário observar dois requisitos: a homogeneidade dos subgrupos e a questão que se deseja analisar a partir dos dados. (ii) Segundo (STAGLIANO, 2004), para afirmar que um processo está sob controle estatístico são necessários 50 valores ou mais plotados no gráfico. (iii) O Gráfico mAmR pode ser utilizado em conjunto com o Gráfico de Tendências para detectar mudanças no comportamento do subprocesso.
- **Exemplos:** Exemplos de situações nos quais o gráfico mAmR pode ser utilizado: análise do andamento dos módulos de design necessários para o produto que está sendo desenvolvido, e análise do progresso do desenvolvimento de componentes reutilizáveis em uma organização.

A seguir é apresentado um exemplo de aplicação do Gráfico mAmR descrito em (FLORAC e CARLETON, 1999).

Um gerente de projeto está analisando o andamento dos módulos de design necessários para o produto que está sendo desenvolvido. O registro dos módulos de design finalizados por mês e o acumulado durante o projeto é apresentado na tabela a seguir.

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Produção mensal	5	5	10	15	30	15	20	35	25
Produção acumulada	5	10	20	35	65	80	100	135	160

Para calcular a média móvel da produção mensal, decidiu-se criar subgrupos móveis com tamanho  $n=2$ , conforme apresentado na tabela a seguir.

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
n-1	5	5	10	15	30	15	20	35	25	
n		5	5	10	15	30	15	20	35	25
$\overline{mX}$		5	7,5	12,5	22,5	22,5	17,5	27,5	30	
mR		0	5	5	15	15	5	15	10	

Destes dados, obtém-se:

$$\overline{\overline{mX}} = \sum_{k=n}^{k=N} \frac{\overline{mX}_k}{N - n + 1} = \sum_{k=2}^{k=9} \frac{\overline{mX}_k}{8} = 18,125$$

$$\overline{mR} = \sum_{k=n}^{k=N} \frac{mR_k}{N - n + 1} = \sum_{k=2}^{k=9} \frac{mR_k}{8} = 8,75$$

Sendo assim, os limites de controle são calculados da seguinte forma:

i) Para o gráfico mX:

$$\text{Linha Central} = \overline{\overline{mX}} = 18,125$$

$$\text{Limite Superior} = \overline{\overline{mX}} + A_2 \cdot \overline{mR} = 18,125 + 1,880 \cdot 8,75 = 34,575$$

$$\text{Limite Inferior} = \overline{\overline{mX}} - A_2 \cdot \overline{mR} = 18,125 - 1,880 \cdot 8,75 = -5,325$$

ii) Para o gráfico mR:

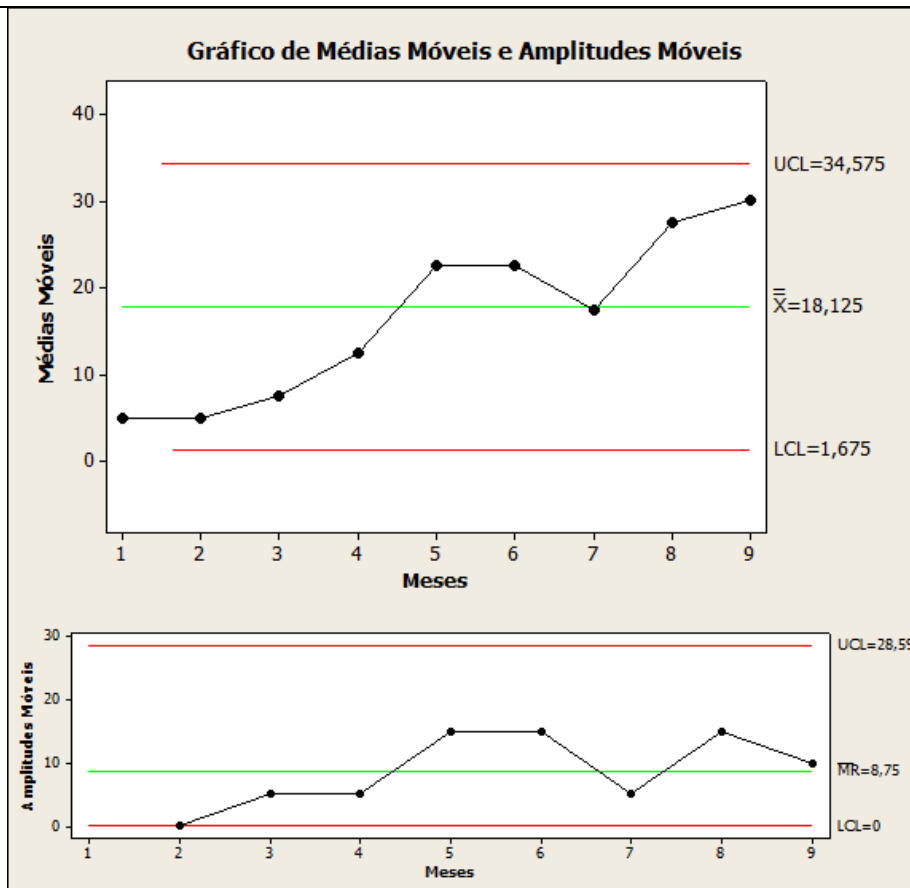
$$\text{Linha Central} = \overline{mR} = 8,75$$

$$\text{Limite Superior} = D_4 \cdot \overline{mR} = 3,268 \cdot 8,75 = 28,595$$

$$\text{Limite Inferior} = D_3 \cdot \overline{mR} = \text{indefinido, pois não existe valor para } D_3 \text{ para } n=2.$$

Note que, neste caso, o tamanho do subgrupo  $n=2$  e, portanto, as constantes  $A_2$  e  $D_3$ , de acordo com a Tabela I.3, possuem o valor 1,880 e 3,268, respectivamente, conforme utilizado nos cálculos.

Após o cálculo dos limites, os valores são plotados no gráfico, conforme exibido na figura a seguir.



O Gráfico mX reflete o crescimento da taxa de módulos de design finalizados nos nove meses passados. Este crescimento parece estar estável, pois encontra-se dentro dos limites de controle.

Este tipo de gráfico, além de ser útil para monitorar a estabilidade do processo, também é útil para o gerenciamento do projeto, uma vez que provê informações sobre a situação do projeto relacionado ao que foi planejado e o realizado.

Desta forma, os limites de controle servem como um mecanismo de alerta para o gerente de projeto que consegue estimar valores futuros. No exemplo apresentado, o gráfico informa que a taxa de módulos de design finalizados por mês deve ser, em média, 18,125. Se, durante a execução do projeto, este número for muito diferente em um mês, o gerente necessitará analisar uma possível mudança no projeto para evitar problemas futuros.

- Gráfico CUSUM:** Também denominado Gráfico de Controle de Soma Acumulada ou *Cumulative Sum Control Charts*, é um gráfico que incorpora todas as informações de uma amostra, plotando a soma acumulada dos desvios dos valores da amostra de um valor alvo. Ao contrário dos gráficos de Shewhart ( $\bar{X}$ -bar e R,  $\bar{X}$ -bar e S e XmR) (que consideram observações isoladas na amostra), o gráfico CUSUM considera um valor como uma função do resultado atual e dos resultados anteriores, permitindo detectar pequenos e contínuos desvios. Em outras palavras, o gráfico CUSUM utiliza todos os dados históricos, sendo cada valor plotado no gráfico uma função com todos os pontos anteriores.

Para alguns autores, o gráfico CUSUM por si só não é considerado um gráfico de controle, pois não apresenta os elementos estatísticos e não possui os limites de controle. No entanto, as formas que o gráfico CUSUM pode assumir são consideradas gráfico de controle; as principais formas são: Tabular e Máscara V.

. **Gráfico CUSUM Tabular**: utiliza um algoritmo de soma acumulada para calcular as somas acumuladas unilaterais que por meio do gráfico são comparadas com o intervalo de decisão H (calculado a partir do desvio padrão). Este procedimento é utilizado para monitorar a média de um processo cujas observações sejam individuais ou médias de subgrupos.

. **Gráfico CUSUM Máscara V**: é uma forma para interpretar o gráfico a partir do uso de máscaras, que são molduras visuais cujas dimensões são calculadas a partir do desvio padrão. Estas molduras auxiliam a análise sobre a inclinação do gráfico. A análise do gráfico é realizada a partir da determinação de um alvo (normalmente, a média do conjunto de valores) e a verificação da inclinação do gráfico com relação a este alvo.

Mais informações sobre o gráfico CUSUM podem ser encontradas em:

. ALVES, C. C., 2003, Gráficos de Controle CUSUM: um Enfoque Dinâmico para a Análise Estatística de Processos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), PPGEP/UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

. MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

. MOREIRA, P. D. O. ; PINHEIRO, L. ; RIBEIRO, J. ; SOUZA, C. ; QUITES, R., 2008, Aplicação dos Gráficos de Controle CUSUM Tabular para Avaliação da Aderência dos Projetos ao Processo de Software. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, Florianópolis.

- **Aplicação**: O uso do gráfico CUSUM pode ser realizado tanto para dados do tipo variável como do tipo atributo, sendo este último mais raro de se observar na prática. Este gráfico é mais eficiente quando o subgrupo tem tamanho = 1, mas pode ser utilizado com subgrupos maiores.

Este gráfico é indicado quando se deseja analisar pequenas variações no desempenho do processo, sendo utilizado em conjunto com outros gráficos de controle (os gráficos de Shewhart são melhores para identificar outros tipos de instabilidades). De acordo com MONTGOMERY (2009), o gráfico CUSUM é mais eficiente para monitorar o desempenho do processo, após sua estabilização, do que os gráficos de Shewhart. No entanto, apesar de o gráfico CUSUM ser mais eficiente em algumas situações, sua construção e interpretação é mais difícil que os gráficos de Shewhart; portanto, é necessário avaliar a relação custo-benefício para seu uso.

- **Recomendações**: (i) Ao ser utilizado em conjunto com os gráficos de controle de Shewhart, o gráfico CUSUM pode auxiliar na identificação de quando o processo começou a mostrar instabilidade, auxiliando desta forma a análise das possíveis causas da variação. (ii) A escolha do valor das variáveis H (intervalo de decisão) e K (valor de referência) são importantes para a eficácia do Gráfico CUSUM Tabular. Montgomery (2009) sugere a utilização dos seguintes valores:

.  $H = h\sigma$ , com  $h = 4$  ou  $h = 5$

.  $K = k\sigma$ , com  $k=1/2$

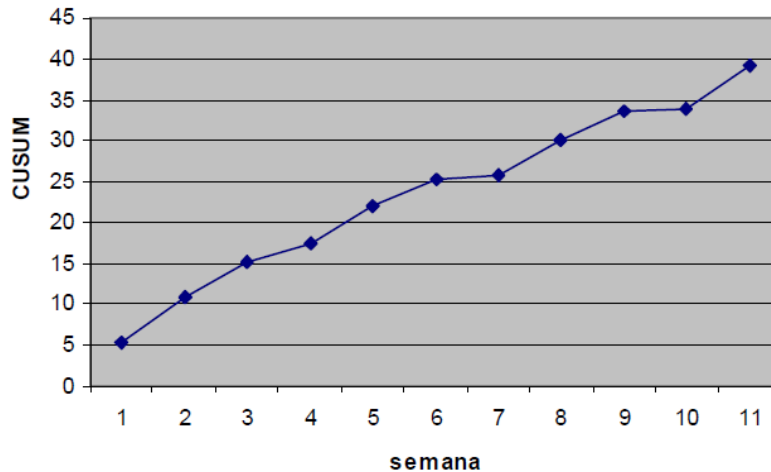
- **Exemplos**: Há alguns relatos da aplicação do Gráfico CUSUM Tabular na análise de processos de software, tal como o apresentado em (MOREIRA *et al.*, 2008).

A seguir é apresentado um exemplo de aplicação do Gráfico CUSUM descrito em (BARCELLOS, 2008).

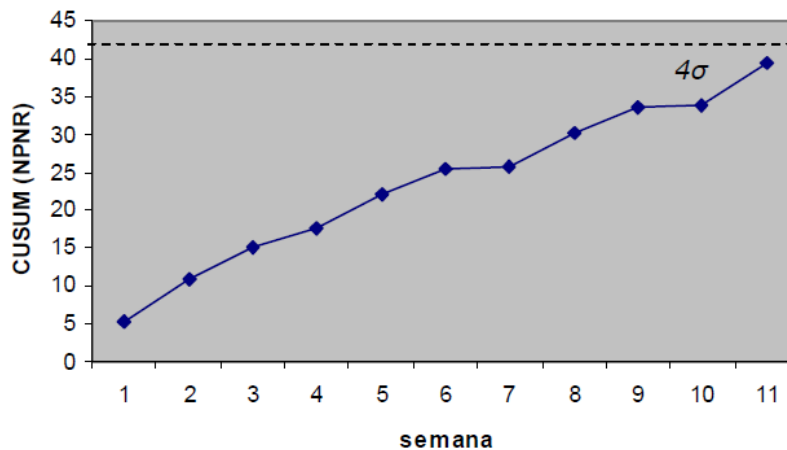
Em uma organização de desenvolvimento de software, o processo Resolução de Problema encontra-se estável. Ao realizar o monitoramento do número de problemas não resolvidos nas últimas 11 semanas, o gerente encontra a situação apresentada na tabela a seguir.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nº de Problemas	15	15	16	18	16	17	20	16	17	20	15

A média para o processo, baseada nos dados históricos, é 20,4 problemas não resolvidos por semana. A figura a seguir apresenta o gráfico CUSUM gerado.



Ao analisar o gráfico, o gerente percebe uma tendência no comportamento do processo, o que pode caracterizar uma desestabilização. Para analisar melhor o gráfico, o gerente considera o desvio padrão dos dados ( $\sigma=10,5$ ) para calcular os limites de controle do gráfico, considerando  $\pm 4\sigma$ . O gráfico com os limites de controle é apresentado na figura a seguir.



Ao analisar o gráfico, o gerente percebe que o comportamento do processo ainda se encontra dentro dos limites de variação e, portanto, ainda está estável. Mas, como o comportamento do processo tende a sair do limite superior, o gerente pode identificar a causa desta tendência e tomar uma ação preventiva.

- **Gráfico EWMA:** Também é denominado Gráfico de Controle Média Móvel Exponencialmente Ponderada ou *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) ou ainda *Geometric Moving Average* (GMA). Da mesma forma que o gráfico CUSUM, o gráfico EWMA acumula a informação mais recente com informações anteriores e, com isso, detecta melhor pequenos desvios. De acordo com MONTGOMERY (2009), o Gráfico EWMA é mais fácil de estabelecer e operar do que o Gráfico CUSUM. O Gráfico EWMA é construído plotando o valor  $z_i$  (a média ponderada dos valores anteriores) versus o valor da amostra  $i$  ou o tempo.

Mais informações sobre o gráfico EWMA podem ser encontradas em:  
. FEHLMANN, T. M, KRANICH, E., 2014, Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Prediction in the Software Development Process, in: 2014 Joint Conference of the International Workshop on Software Measurement and the International Conference on Software Process and Product Measurement, Rotterdam, pp. 263-270.  
. MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

- **Aplicação:** O gráfico EWMA é aplicável a dados do tipo variável e independe da distribuição de dados. Este gráfico é mais eficiente para valores individuais, mas também pode ser utilizado com subgrupos que possuam tamanho maior que 1. É indicado quando se deseja analisar pequenas variações no desempenho do processo.
- **Recomendações:** (i) A escolha do valor das variáveis  $\lambda$  e  $L$  é importante para a eficácia do Gráfico EWMA. MONTGOMERY (2009) sugere a utilização dos seguintes valores:  
.  $\lambda$  no intervalo entre  $0,05 \leq \lambda \leq 0,25$ , sendo os valores mais utilizados,  $\lambda = 0,05$ ,  $\lambda = 0,10$  e  $\lambda = 0,20$ .  
.  $L = 3$ .  
(ii) Para detectar mudanças menores, utiliza-se o valor da constante  $\lambda$  menor.

- **Exemplos:** Um exemplo de uso do gráfico EWMA no contexto de processo de software pode ser encontrado em:  
. FERNANDEZ-CORRALES, C., JENKINS, M., VILLEGAS, J., 2013, Application of Statistical Process Control to Software Defect Metrics: An Industry Experience Report, in: 7th International Symposium Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM 2013), Baltimore, MD, pp. 323-331.  
Neste exemplo, o gráfico foi utilizado para analisar porcentagens de defeitos identificados em atividades de teste.  
Este gráfico também pode ser utilizado para auxiliar na predição do processo, tal como apresentado em (FEHLMANN e KRANICH, 2014).

- **Gráfico c:** Também denominado Gráfico de Controle para Não Conformidades  $c$ , é um gráfico de controle para dados do tipo atributo. Este gráfico é utilizado quando os dados de contagem seguem uma distribuição de Poisson e as amostras possuem tamanho constante, ou seja, possui a área de oportunidade fixa. Assim como a maioria dos gráficos de controle, este gráfico possui uma linha central e limites (superior e inferior) que são calculados a partir dos dados.
  - **Aplicação:** É utilizado quando a medida é do tipo atributo (contagens discretas) e os valores coletados seguem a distribuição de Poisson. De acordo com ROCHA *et al.* (2012), para que o gráfico  $c$  possa ser utilizado corretamente, a taxa de ocorrência de defeitos na área de observação deve ser relativamente baixa quando comparada as oportunidades de ocorrência de defeitos nesta área. O uso do gráfico  $c$  é indicado para analisar número de defeitos (ou não conformidades) encontrados em comprimentos, áreas ou volumes de tamanho fixo (constante).  
De acordo com STAPENHURST (2005), o gráfico  $c$  também é recomendado em situações nas quais a medida monitorada é em decorrência de um evento raro, como na monitoração de número acidentes; nestes casos, espera-se ter vários valores iguais a zero e alguns valores diferentes de zero. No entanto, STAPENHURST (2005) ressalta que, quando o evento possui uma média de

frequência menor que 1, o gráfico c não é apropriado. Nestas situações, recomenda-se converter os valores em taxas (por ano, por exemplo) e utilizar o gráfico XmR.

- Recomendações: (i) Para que o Gráfico c seja eficiente, é necessário examinar cuidadosamente se os dados seguem a distribuição de Poisson, verificando a validade das premissas, se possível, por meio de evidências empíricas. (ii) Segundo (STAGLIANO, 2004), para afirmar que um subprocesso está sob controle estatístico são necessários 25 valores ou mais plotados no gráfico.
- Exemplos: Alguns exemplos de medidas relacionadas a processos de software que podem ser analisadas a partir do Gráfico c são: número de defeitos encontrados durante inspeção ou testes (quando o tamanho dos pacotes para inspeção ou testes seja fixo), número de *shutdowns* não planejados no servidor de aplicação (quando o período de observação for constante), número de erros reportados diariamente pelo cliente, dentre outros.

Alguns exemplos de aplicação do gráfico c no contexto de processo de software podem ser encontrados nos seguintes trabalhos:

. EICKELMANN, N., ANANT, A., 2003, Statistical Process Control: What You Don't Measure Can Hurt You!, IEEE Software, v. 20 (2), pp. 49-51.

. MANLOVE, D., KAN, S. H., 2007, Practical Statistical Process Control for Software Metrics, Software Quality Professional, v. 9(4), pp. 15-26.

. ZHANG, H., KIM, S., 2010, Monitoring Software Quality Evolution for Defects, IEEE Software, v. 27(4), pp. 58-64.

A seguir é apresentado um exemplo de aplicação descrito em (FLORAC e CARLETON, 1999).

O número de *shutdowns* não planejados de um sistema de computador utilizado como apoio para uma equipe de desenvolvimento é registrado de 12 em 12 horas (período de observação constante). O registro de *shutdowns* não planejados durante um mês (21 dias de trabalho) é apresentado na tabela a seguir.

Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
n° de <i>shutdowns</i>	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	1	0	2	0	1	0	0

Desta forma:

$$\bar{c} = \frac{\text{Quantidade de defeitos contados na amostra}}{\text{Quantidade total de eventos na amostra}} = \frac{13}{21} = 0,62$$

Linha Central =  $\bar{c} = 0,62$

Limite Superior =  $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 0,62 + 3\sqrt{0,62} = 2,98$

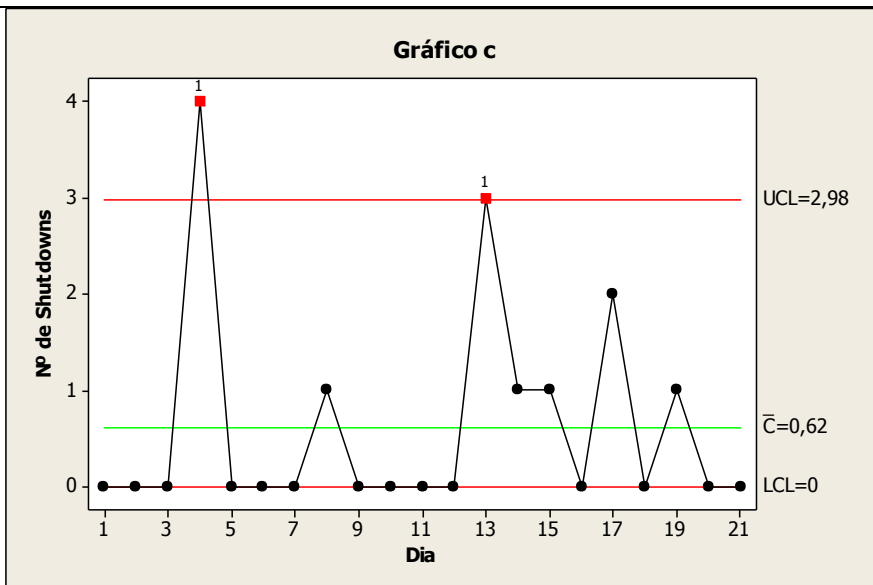
Limite Inferior =  $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 0,62 - 3\sqrt{0,62} = -2,74 = 0$

Observe que, quando o cálculo do limite inferior der negativo, o limite não aparece no gráfico.

Desta forma, obtém-se o gráfico apresentado na figura a seguir.

O gráfico gerado indica que há duas causas especiais. Ações devem ser tomadas para identificar a situação que gerou estas causas especiais e eliminá-la, se possível.





- **Gráfico u:** Também denominado Gráfico de Controle para Não Conformidades por Unidade  $u$ , é um gráfico de controle para dados do tipo atributo. Este gráfico é utilizado quando os dados de contagem seguem uma distribuição de Poisson e as amostras não possuem tamanho constante.

Assim como a maioria dos gráficos de controle, este gráfico possui uma linha central e limites (superior e inferior) que são calculados a partir dos dados.

- **Aplicação:** O gráfico  $u$  é utilizado quando a medida é do tipo atributo (contagens discretas), os valores coletados seguem uma distribuição de Poisson e a área de oportunidade (ou seja, as amostras) não possui tamanho constante. Nestes casos, é necessário converter a contagem em taxas – tais como: defeitos por linhas de código ou defeitos por procedimentos de código – antes que estes valores sejam comparados.

No Gráfico  $u$  a ocorrência de defeitos deve ser baixa na área de oportunidade quando comparada com as oportunidades de ocorrência dos defeitos nesta área. De acordo com MONTEIRO (2008), o Gráfico  $u$  é mais flexível que o Gráfico  $c$ , pois permite a normalização dos dados (conversão para taxas), já que o tamanho da amostra não é constante; e, portanto, este gráfico é o mais aplicável para processos de software quando os dados são atributos e seguem a distribuição de Poisson.

- **Recomendações:** (i) Para que o Gráfico  $u$  seja eficiente, é necessário examinar cuidadosamente se os dados seguem a distribuição de Poisson, verificando a validade das premissas, se possível, por meio de evidências empíricas. (ii) Segundo (STAGLIANO, 2004), para afirmar que um subprocesso está sob controle estatístico são necessários 25 valores ou mais plotados no gráfico.
- **Exemplos:** Na área de desenvolvimento de software, o Gráfico  $u$  é adequado para analisar atividades de garantia da qualidade (tais como inspeções, testes e revisões por pares), pois as amostras têm tamanhos variados.

A seguir é apresentado um exemplo de aplicação do Gráfico  $u$  descrito em (FLORAC e CARLETON, 1999).

Uma organização de desenvolvimento de software deseja analisar se equipe que executa as inspeções no código de software possui um desempenho estável quanto à identificação de defeitos.

Para tanto, o registro das últimas 26 inspeções em módulos de software será analisado. Este registro é apresentado na tabela a seguir, informando o identificador do módulo, o número de defeitos identificados em cada módulo, o tamanho do módulo e a densidade de defeitos por milhares de linhas de código.

Nº do módulo	Nº de defeitos	Tamanho do módulo (KSLOC)	Defeitos por KSLOC
1	19	0,430	44,2
2	8	0,380	21,1
3	3	0,134	22,4
4	6	0,369	16,3
5	9	0,436	20,6
6	4	0,165	24,2
7	2	0,112	17,9
8	4	0,329	12,2
9	12	0,500	24,0
10	8	0,324	24,7
11	6	0,391	15,3
12	6	0,346	17,3
13	2	0,125	16,0
14	8	0,503	15,9
15	8	0,250	32,0
16	3	0,312	9,6
17	12	0,419	28,6
18	6	0,403	14,9
19	3	0,150	20,0
20	6	0,344	17,4
21	11	0,396	27,8
22	2	0,204	9,8
23	8	0,478	16,7
24	2	0,132	15,2
25	5	0,249	20,1
26	10	0,435	23,0
<b>Total</b>	<b>173</b>	<b>8,316</b>	-

Desta forma,

$$\bar{u} = \frac{\sum c_i}{\sum a_i} = \frac{173}{8,316} = 20,8 \text{ defeitos por KSLOC}$$

Para calcular os limites superiores e inferiores do Gráfico u, é necessário calcular os limites individualmente para cada ponto. Os cálculos dos limites para o primeiro ponto são apresentados a seguir.

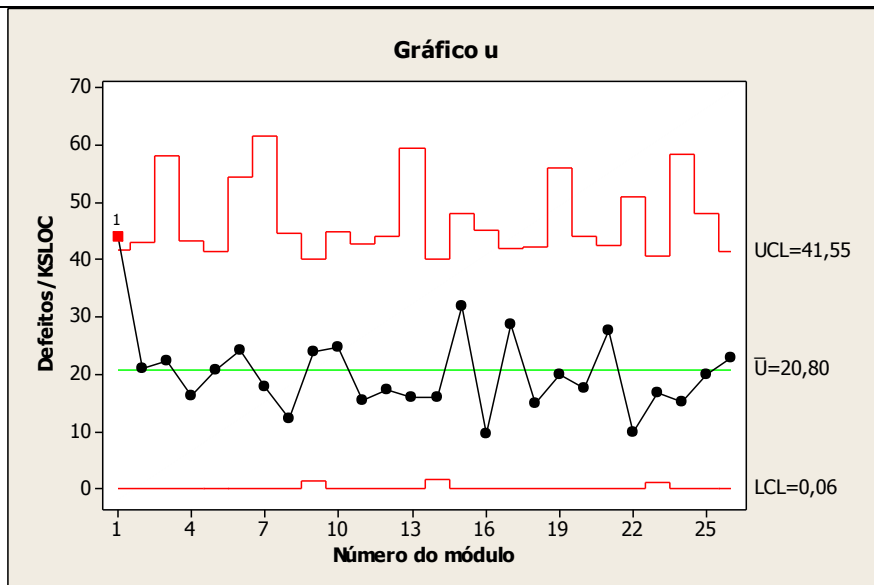
$a_1 = 0,430$  KSLOC

$$\text{Limite Superior} = 20,8 + 3 \sqrt{\frac{20,8}{0,430}} = 41,7$$

$$\text{Limite Inferior} = 20,8 - 3 \sqrt{\frac{20,8}{0,430}} = ,430e I$$

Da mesma forma os limites superior e inferior devem ser calculados para todos os 26 pontos.

Desta forma, obtém-se o gráfico apresentado na figura a seguir. O gráfico gerado indica que há uma causa especial. Ações devem ser tomadas para identificar a situação que gerou esta causa especial e eliminá-la, se possível.



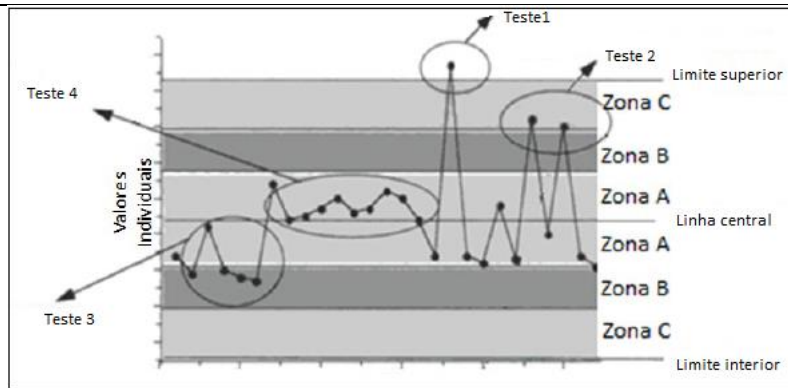
- **Gráfico p:** Também denominado Gráfico de Proporção de Não Conformos (ou Itens Defeituosos), é um gráfico de controle para medidas do tipo atributo. Este gráfico é utilizado quando os valores coletados seguem uma distribuição Binomial e as amostras não possuem tamanho constante. Em geral, o gráfico p é utilizado quando as medidas se apresentam em forma de porcentagens, representando a proporção entre a quantidade de itens não conformes e a quantidade total produzida. Assim como a maioria dos gráficos de controle, este gráfico possui uma linha central e limites (superior e inferior) que são calculados a partir dos dados.

  - **Aplicação:** É utilizado quando a medida é do tipo atributo (contagens discretas), os valores coletados seguem a distribuição Binomial e as amostras possuem tamanho variável. Seu uso é indicado para analisar porcentagens.
  - **Recomendações:** (i) Para que o Gráfico p seja eficiente, é necessário examinar cuidadosamente se os dados seguem a distribuição Binomial, verificando a validade das premissas, se possível, por meio de evidências empíricas.
  - **Exemplos:** No contexto de software, o gráfico p é pouco utilizado. No entanto, este tipo de gráfico pode ser adequado quando se deseja estudar práticas de codificação, quando, por exemplo, uma boa prática é caracterizada pela porcentagem de código no módulo que contém uma determinada estrutura (um comentário, o uso de uma determinada expressão etc.) (FLORAC e CARLETON, 1999).  
MANLOVE e KAN (2007) apresentam o uso do gráfico p para analisar a porcentagem da cobertura de revisão do design de uma determinada versão de software.  
Outro exemplo é apresentado em (EBERT e DUMKE, 2007), no qual é avaliada a porcentagem de defeitos identificados por teste de regressão em diferentes projetos.  
Mais informações sobre os exemplos podem ser encontradas em:  
. EBERT, C., DUMKE, R. 2007, "Improving Processes and Products" in: Software Measure, pp. 329-434).  
. MANLOVE, D., KAN, S. H., 2007, Practical Statistical Process Control for Software Metrics, Software Quality Professional, v. 9(4), pp. 15-26.

### V.3.2 Realizar testes de estabilidade

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

Tarefa: Aplicar testes de estabilidade
<b>IC.14 – Testes de estabilidade</b>
Mapa mental: 
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Testes de estabilidade:</b> A aplicação dos testes de estabilidade, também chamados <i>run tests</i>, permite analisar o gráfico de controle a fim de identificar instabilidade no subprocesso. Na área de software, geralmente são apresentados 8 testes de estabilidade, sendo 4 deles mais conhecidos (chamados Testes de Western Electric). Mais informações sobre os testes de estabilidade podem ser encontradas em:<ul style="list-style-type: none"><li>. BALDASSARRE, M. T., BOFFOLI, N., CAIVANO, D., 2010, Statistical Process Control for Software: Fill de Gap, in COSKUN, A., Quality Management and Six Sigma, pp., 135-153.</li><li>. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.</li><li>. MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley &amp; Sons, Inc.</li><li>. WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, Inc.</li></ul></li><li>○ <b>Testes de Western Electric:</b> Compreende os 4 testes de estabilidades mais aplicados nos gráficos de controle. Estes testes são estabelecidos a partir do conceito do desvio-padrão <math>\sigma</math> do conjunto de dados analisado, sendo os limites de controle do gráfico apresentados <math>\pm 3\sigma</math> da linha central. O principal teste de estabilidade estabelece que se um ponto estiver fora destes limites (superior ou inferior), o subprocesso pode ser considerado instável e, portanto, uma causa especial deve ser identificada. Somado a este teste de estabilidade, há outros três testes que são mais comuns de serem aplicados. A figura a seguir apresenta um gráfico de controle dividido em zonas, representando cada uma um desvio padrão <math>\sigma</math> de distância da linha central para facilitar a apresentação destes testes de estabilidade, descritos a seguir. Se, pelo menos, um destes casos acontecer, o subprocesso é considerado instável e deve-se iniciar a análise de causas com o objetivo de identifica as possíveis causas especiais envolvidas.</li></ul>



- . Teste 1: presença de um ponto fora dos limites de controle de  $\pm 3\sigma$ ;
  - . Teste 2: presença de, pelo menos, dois de três valores consecutivos do mesmo lado na zona C ( $\pm 2\sigma$  da linha central);
  - . Teste 3: presença de, pelo menos, quatro de cinco valores consecutivos do mesmo lado na zona B ( $\pm 1\sigma$  da linha central);
  - . Teste 4: presença de, pelo menos, oito valores consecutivos do mesmo lado da linha central.
- o **Outros testes:** Na área de software, além dos Testes de Western Electric, outros quatro testes são, geralmente, aplicados, a saber:
    - . Teste 5: presença de 6 pontos consecutivos em uma sequência crescente ou decrescente;
    - . Teste 6: presença de 15 pontos consecutivos na zona A;
    - . Teste 7: presença de 14 pontos consecutivos alternadamente para cima e para baixo;
    - . Teste 8: presença de 8 pontos consecutivos de ambos os lados da linha central com nenhum ponto entre a linha central e  $1\sigma$ .
  - o **Aplicabilidade dos testes:** A aplicação de todos os testes de estabilidade aumenta a possibilidade de identificar instabilidade no processo. No entanto, quanto mais testes são aplicados, maior é a chance de detectar alarmes falsos. Portanto, é necessário equilibrar a quantidade de testes a serem aplicados. A aplicação dos testes de estabilidade deve também levar em consideração o tipo de gráfico de controle, pois alguns testes não podem ser aplicados a determinados gráficos. A tabela a seguir apresenta a aplicabilidade de cada teste de estabilidade nos tipos de gráficos de controle. Vale ressaltar que alguns gráficos de controle são formados por dois gráficos (por exemplo, o gráfico XmR é formado pelo gráfico X e o gráfico mR); para não haver redundância de informação, a tabela apresenta cada gráfico isoladamente.

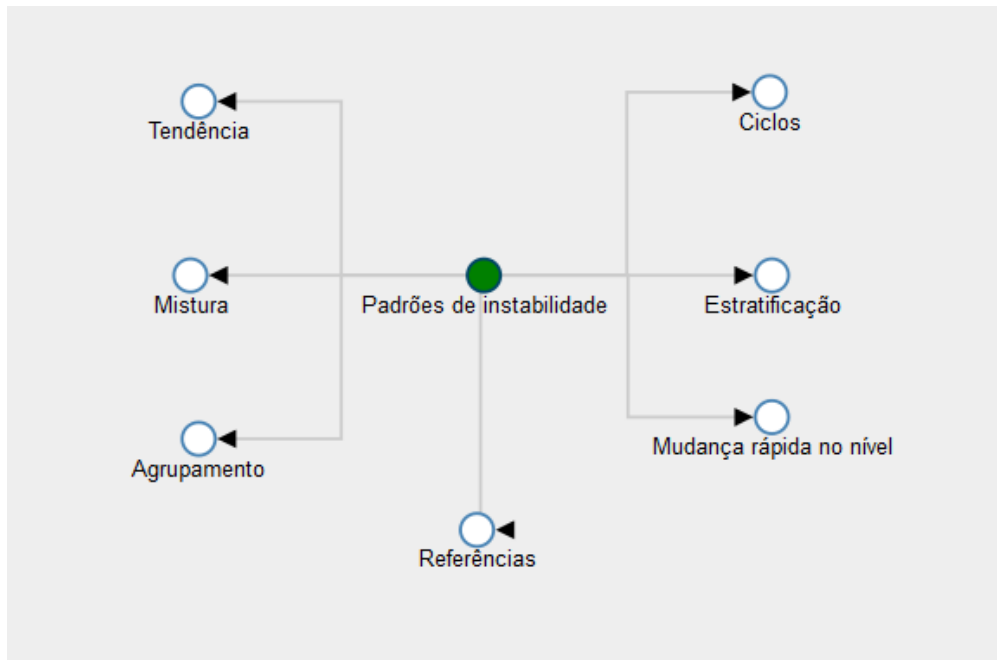
# Teste / Gráfico	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>X</b>	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>mR</b>	x	-	-	-	x	-	x	-
<b>X-bar</b>	x	x	x	x	x	x	x	X
<b>R</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>S</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>mA</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>CUSUM*</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<b>EWMA</b>	x	-	-	-	-	-	-	-
<b>c</b>	x	x	x	x	-	-	-	-
<b>u</b>	x	x	x	x	-	-	-	-
<b>p</b>	x	x	x	x	-	-	-	-

\* A análise do gráfico CUSUM não é realizada por meio de testes de estabilidade, mas por uma estatística própria (H).

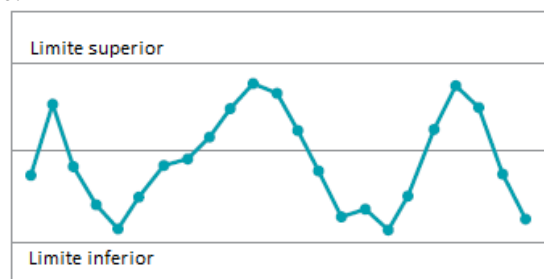
## Tarefa: Identificar padrões de instabilidade

### IC.15 – Padrões de instabilidade

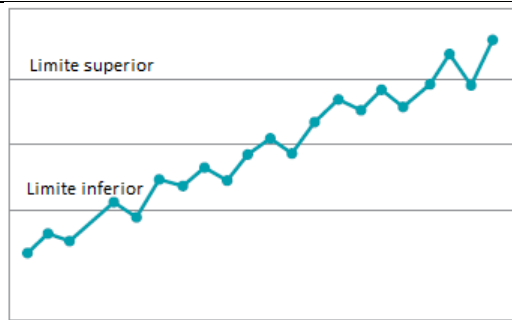
Mapa mental:



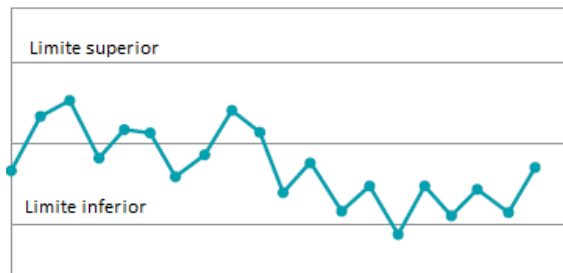
- **Padrões de instabilidade:** Além dos testes de estabilidade, há certos padrões não aleatórios que podem ser identificados no gráfico de controle que podem indicar (i) instabilidade do subprocesso, ou seja, a existência de causas especiais afetando o subprocesso (mesmo quando os testes de estabilidade não apontem esta instabilidade), ou (ii) que a atual organização dos dados não está adequada. Há seis padrões de instabilidade que são comumente identificados no contexto de processos de software, a saber: ciclos, tendências, rápida mudança no nível, mistura, agrupamento e estratificação.
  - **Ciclos:** Os ciclos são identificados por valores que são apresentados em curtos e repetidos intervalos regulares, apresentando altos picos de valores seguidos por baixos picos, se comportando conforme exemplificado na figura a seguir. Este padrão pode ser observado nos gráficos X, X-bar, R, c e u. Geralmente, os ciclos são resultados de uma mudança no ambiente, tais como temperatura, ferramenta de apoio ou cansaço do funcionário, ou indicam que há mais de um sistema de causas sendo analisados simultaneamente.



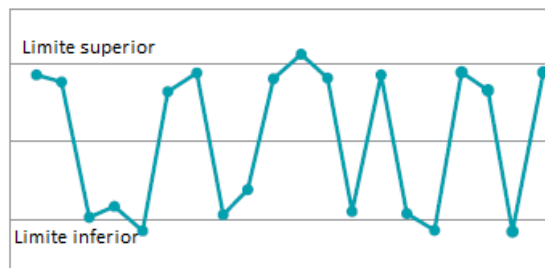
- **Tendência:** A tendência é identificada pelos valores constantemente se movendo em uma única direção, conforme apresentado na figura a seguir. No contexto do desenvolvimento de software, uma tendência nem sempre é vista como uma anomalia que indique instabilidade do subprocesso, desde que a direção da tendência ou a taxa seja a desejada. A tendência pode ser identificada nos gráficos X, X-bar e R.



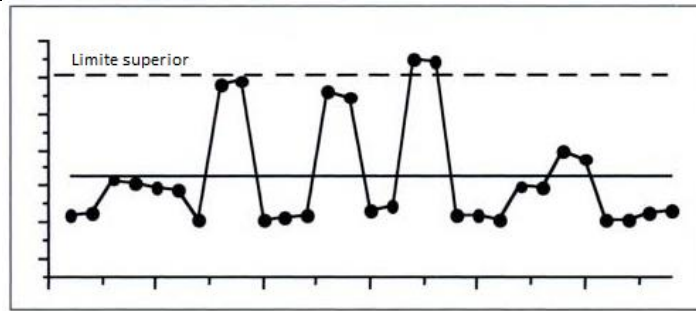
- **Mudança rápida no nível:** Este padrão de instabilidade é identificado pela brusca mudança de direção dos valores. Um exemplo deste padrão é apresentado na figura a seguir. Normalmente, a mudança rápida no nível é resultado da chegada de novos funcionários, mudanças nos métodos ou ferramentas de trabalho, mudança no comportamento ou habilidades dos funcionários etc. Este padrão pode ser identificado nos gráficos X, X-bar e R. Quando a mudança rápida é identificada nos gráficos X ou X-bar, há um indicativo de mudança na média do processo. Por outro lado, quando este padrão é apresentado no gráfico R, indica que houve uma mudança na variação do processo.



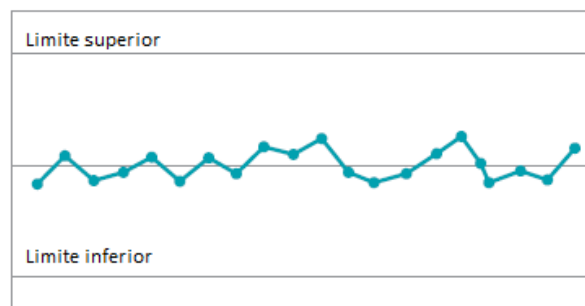
- **Mistura:** Este padrão de instabilidade é evidenciado quando os pontos ficam próximos aos limites de controle, com poucos pontos próximos da linha central. A figura a seguir apresenta um exemplo do padrão mistura. Normalmente, a mistura é um indicativo de que há mais de um sistema de causas misturados no gráfico de controle analisado. Quando a mistura é identificada, antes de continuar a análise de desempenho, é necessário separar os dados de cada sistema de causas que estão juntos. Desta forma, posteriormente, a análise deve seguir somente com os dados de um único sistema de causas.



- **Agrupamento:** É um tipo de mistura, no qual os dados são apresentados em grupos com valores iguais ou similares, conforme apresentado na figura a seguir.



- **Estratificação:** Também é um padrão de instabilidade do tipo de mistura, apresentando pequenas variações entre os dados em torno da linha central e poucos dados próximos aos limites de controle. Um exemplo do padrão de estratificação é apresentado na figura a seguir. Este tipo de padrão ocorre normalmente quando há algum erro no cálculo dos limites do gráfico de controle. A estratificação pode ser identificada nos gráficos X-bar e R.



- **Referências:**
  - . FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.
  - . MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.
  - . STAPENHURST, T., 2005, Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases, Elsevier Butterworth-Heinemann.
  - . WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, Inc.

### V.3.3 Realizar ações para estabilizar subprocesso

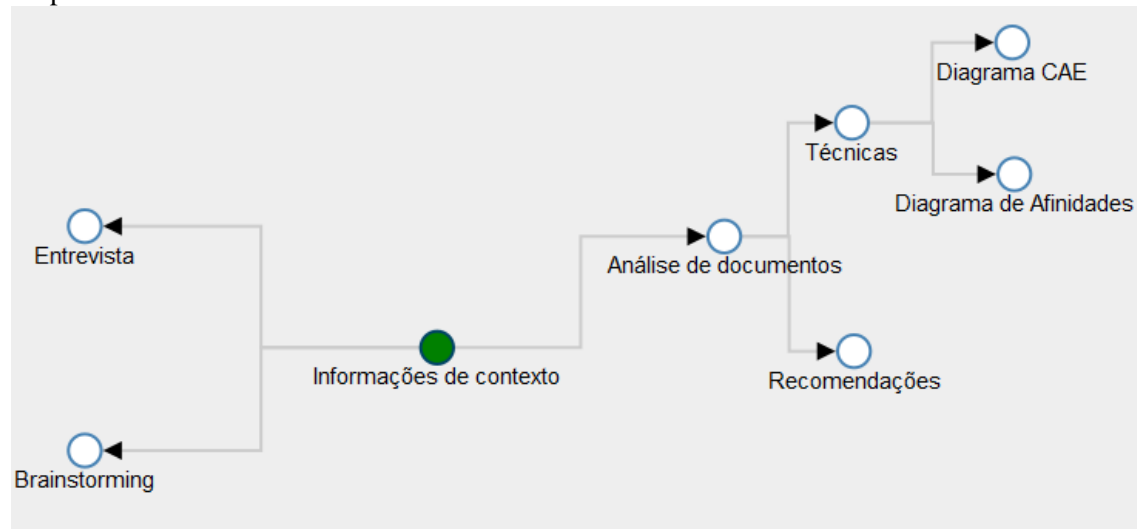
Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.



## Tarefa: Coletar informações de contexto

### IC.16 – Informações de contexto

Mapa mental:



- **Informações de contexto:** As informações de contexto da execução de um subprocesso compreendem: o contexto da coleta das medidas envolvidas (momento da coleta, projeto ao qual a medida se refere, características do projeto ao qual a medida se refere, condições relevantes do projeto no momento da coleta, responsável pela coleta), as pessoas envolvidas na execução do subprocesso, o contexto organizacional durante o período em análise, dentre outros. Estas informações de contexto podem ser obtidas por meio da análise de documentos e entrevistas ou reuniões com os envolvidos.

Mais informações sobre quais informações de contexto são importantes para a identificação de ações para estabilizar subprocessos podem ser encontradas em:

- . BARCELLOS, M. P., 2009, Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- . FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.
- . LATINO, R. J., LATINO, K. C., 2002, Root Cause Analysis – Improving Performance for Bottom-Line Results, Second Edition, CRC Press.
- . ROBITAILLE, D., 2004, Root Cause Analysis: Basic Tools and Techniques. Chico, CA: Paton Press.
- . SOFTEX, 2016, MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia de Implementação - Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS. Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>.

- **Análise de documentos:** A análise de documento em o objetivo de examinar documentos referentes à execução do subprocesso que está sendo analisado, tais como: relatórios de medição, relatórios de auditorias de qualidade, relatórios de monitoração dos projetos envolvidos, relatório de análise de *post mortem*, dentre outros.
  - **Técnicas:** Geralmente, a análise de documento é realizada de acordo com a experiência individual e as políticas da organização. Dentre as formas de estruturar a análise dos documentos, destaca-se o preenchimento de *template* pré-definidos que estabelece as informações básicas a serem coletadas. Além dos *templates*, há outras técnicas que podem auxiliar na estruturação dos achados, dentre elas o Diagrama CAE e o Diagrama de Afinidades.
    - **Diagrama CAE:** O Diagrama CAE (Conclusão - Análise - Evidência) visa associar as informações dispersas nos documentos e apresentá-las em um formato estruturado e compreensível. Um diagrama CAE é construído em três passos: (i) listar todas as conclusões identificadas nos documentos analisados;

(ii) identificar todas as linhas de análise que reforçam ou enfraquecem as conclusões apresentadas no passo i; e (iii) identificar evidências que reforçam ou enfraquecem cada uma das análises feitas no passo ii.

Mais informações sobre o Diagrama CAE podem ser encontradas em:

. CHOZOS, N., 2004, Using Conclusion, Analysis and Evidence Diagrams to Support Stakeholder Analysis in Accident Reports, disponível em: <http://repository.binus.ac.id/content/D0584/D058465375.pdf>

- Diagrama de Afinidades: O Diagrama de Afinidades, também denominado Método KJ ou Método LP (*language processing*), é a representação gráfica de grupos de dados afins que têm alguma relação natural entre si. Este diagrama normalmente é utilizado a partir da verbalização das ideias/questões em uma reunião, na qual é apresentado um tema, mas pode ser adaptado para informações que estão documentadas em diversas fontes. As ideias/questões coletadas sobre este tema são transcritas em cartões que, posteriormente, são agrupados segundo similaridade. A cada conjunto de cartões, um título é definido apresentando a ideia central do conjunto. Se possível, novos agrupamentos são realizados com os conjuntos similares, formando blocos que, posteriormente, terão um título. O Diagrama de Afinidades pode ser utilizado também como um primeiro passo para a análise de causas das questões que estão sendo analisadas.

Mais informações sobre o Diagrama de Afinidades podem ser encontradas em:

. GEORGE, M. L., ROWLANDS, D., PRICE, M., MAXEY, J., 2005, The Lean Six Sigma Pocket - 6 $\sigma$  Toolbook, The McGraw-Hill. – pág. 30.

. ECKES, G., 2001, A Revolução Seis Sigma, 6ª Edição, Elsevier. – cap. 8

- Recomendações: Para que a análise de documentos seja coerente com o contexto atual da organização, é necessário verificar se os documentos a serem analisados são recentes ou, pelo menos, foram gerados em um contexto semelhante ao atual. Além disto, deve-se verificar a qualidade dos dados contidos nos documentos, analisando se estes dados foram coletados de forma consistente, por exemplo.
- Entrevista: É uma técnica que, quando bem organizada, permite a coleta de dados importantes sobre o problema e seu contexto, pois auxilia na captura de informações tácitas, ou seja, informações que não estão documentadas. A entrevista deve ser objetiva e não deve possuir questões que possam sugerir uma busca pelos culpados dos problemas que estão sendo analisado.
- Brainstorming: Consiste em uma técnica que auxilia a condução de uma reunião na qual os indivíduos expõem suas ideias sobre determinado assunto e, a partir disso, tentam chegar a um consenso. O *brainstorming* possui o objetivo de reunir um grande número de ideias – inicialmente, sem preocupação com a qualidade. Há, basicamente, dois tipos de *brainstorming*: (1) estruturado – no qual os participantes seguem uma ordem definida para expor suas ideias e (2) não-estruturado – no qual os participantes expõem suas ideias à medida que elas surgem, sem seguir uma ordem específica.

## Tarefa: Identificar causas

### IC.17 – Possíveis causas especiais

Mapa mental:



- **Possíveis causas especiais:** A identificação da causa especial deve ser sempre conduzida pela própria organização, pois cada subprocesso e cada contexto organizacional possuem elementos únicos. No entanto, apesar de não haver um relacionamento pré-estabelecido entre sinais e causas, é possível determinar um conjunto de causas para os sinais identificados em cada tipo de gráfico de controle e para cada padrão de instabilidade, a fim de auxiliar na identificação de causas em cada situação. Além destas possíveis causas especiais identificadas a partir de um sinal de instabilidade (um teste de estabilidade que falhou ou um padrão identificado), a instabilidade em um subprocesso pode ocorrer devido a não conformidades.

Mais informações sobre as possíveis causas especiais podem ser encontradas em:

. BALDASSARRE, M. T., BOFFOLI, N., CAIVANO, D., 2010, Statistical Process Control for Software: Fill de Gap, in COSKUN, A., Quality Management and Six Sigma, pp., 135-153.

. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

. MONTGOMERY, D. C., 2009, Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

. STAPENHURST, T., 2005, Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases, Elsevier Butterworth-Heinemann.

. WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, Inc.

- Por sinal de instabilidade: Possíveis causas especiais podem ser identificadas de acordo com o sinal apresentado no gráfico de controle, ou seja, podem ser identificadas a partir do teste de estabilidade que falhou ou do padrão de instabilidade exibido. Algumas destas relações são apresentadas na tabela a seguir.

Sinal	Possíveis causas
Um único ponto fora dos limites de controle, seguidos por pontos dentro dos limites (teste 1)	- Medida coletada incorretamente - Evento temporário, por exemplo, doença ou indisposição de um funcionário
Salto repentino nos valores (mudança rápida no nível)	- Mudança brusca no processo, tais como: novo gerente, novos procedimentos, equipamento danificado etc.
Estratificação	- Efeito da maturação do processo, após a introdução de uma nova tecnologia, por exemplo,
Ciclos	- Mais de um processo podem estar sendo monitorados, por exemplo: produtividade de duas equipes de desenvolvimento.

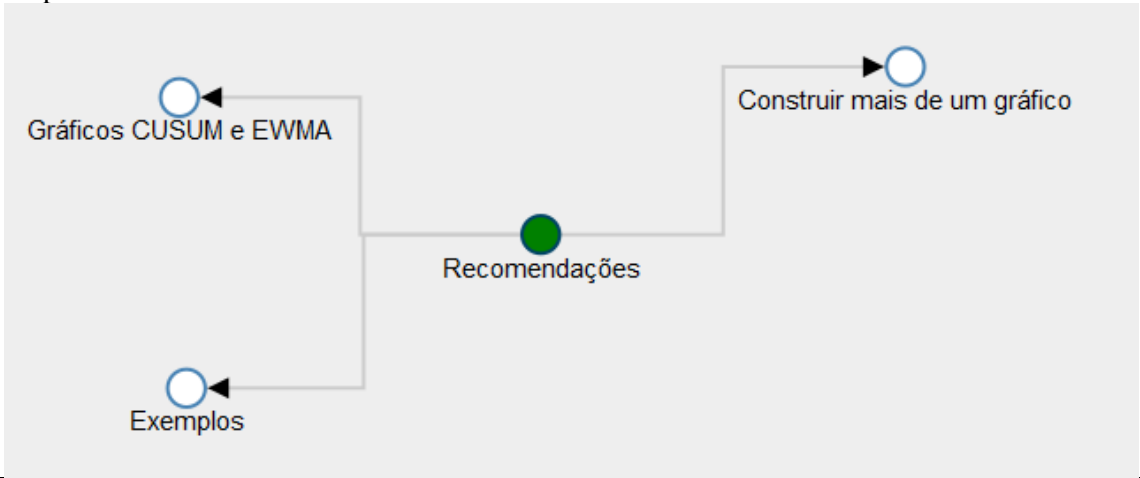
- Por tipo de gráfico de controle: Há um conjunto de possíveis causas especiais para cada tipo de gráfico de controle, quando algum teste de estabilidade falha ou quando algum padrão de instabilidade é identificado. Este conjunto é apresentado na tabela a seguir.

Gráfico	Função	Possíveis causas
X	É sensível para detectar padrões (ciclos, tendências e mistura)	Tendências gerais, grandes, flutuações e mistura de sistemas de causa.
X-bar	É sensível a mudanças no sistema de causas, que afetam o processo como um todo.	Falha no computador ou banco de dados, aumento no número de requisitos, falta ou aumento brusco de funcionários, aumento no número de defeitos do produto etc.
R	É sensível a mudanças que afetam somente uma parte do processo ou produto	Aumento do número de defeitos no código, engenheiros mal treinados que produzem produtos inconsistentes, mudanças na complexidade do software
c, u e p	Similar ao X-bar, pois provê informações sobre mudanças no sistema de causas	Similar ao X-bar: mudanças no material, pessoas e ferramentas de apoio

- Por não conformidades: As seguintes não conformidades podem ser analisadas como possíveis causas de instabilidade apresentada no subprocesso:
  - Falta de aderência ao processo: as pessoas podem não seguir o processo conforme o definido pela organização. Neste caso, é necessário verificar se as pessoas têm consciência e entendimento do processo, se o processo está descrito de forma apropriada, se o treinamento sobre o processo é efetivo, se as ferramentas de apoio à execução do processo são adequadas, dentre outros.
  - Falta de sistema de apoio apropriado: os sistemas de apoio ao processo podem não ser apropriados quanto à disponibilidade, capacidade, resposta e confiança; e
  - Impactos negativos de fatores organizacionais: os fatores organizacionais podem afetar negativamente o desempenho do processo, tais como: falta de apoio gerencial, alta rotatividade de pessoal, mudanças organizacionais, dentre outros.
 Estas não conformidades e outros fatores relacionados à organização e análise dos dados (medidas inadequadas, formação incorreta de subgrupos homogêneos etc.) devem compreender as primeiras análises quando um sinal de instabilidade é apresentado.

### V.3.4 Confirmar estabilidade

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

Tarefa: Verificar necessidade de analisar novamente as medidas
<b>IC.18 – Recomendações</b>
Mapa mental: 
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Recomendações:</b> É recomendável construir mais de um tipo de gráfico para realizar a análise de estabilidade de um subprocesso adequadamente. A aplicação dos testes de estabilidade pode sugerir que o subprocesso está estável, mas a instabilidade do subprocesso pode estar oculta seja porque o gráfico de controle escolhido não foi apropriado para aquele conjunto de dados, seja porque o agrupamento dos dados não foi feito corretamente. Ao construir mais de um gráfico de controle, normalmente serão apresentados resultados semelhantes. No entanto, caso a interpretação nestes gráficos leve a conclusões diferentes, deve-se fazer uma análise cuidadosa sobre as diferenças apresentadas, o que pode levar a um conhecimento mais profundo sobre os dados que estão sendo analisados. Mais informações sobre as recomendações para o uso de outros gráficos de controle ou outra forma de analisar os dados podem ser encontradas em:<ul style="list-style-type: none"><li>. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.</li><li>. STAPENHURST, T., 2005, Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases, Elsevier Butterworth-Heinemann.</li></ul></li><li>○ <b>Gráficos CUSUM e EWMA:</b> Os gráficos CUSUM (<i>Cumulative Sum</i>) e EWMA (<i>Exponentially Weighted Moving Average</i>) normalmente são recomendados a ser utilizados após a análise das medidas com os gráficos de Shewhart (XmR, X-bar e R, u etc.). Estes gráficos permitem analisar pequenas variações no desempenho do processo, que não são prontamente identificadas nos gráficos de Shewhart.</li><li>○ <b>Exemplos:</b> Exemplos de aplicação de mais de um gráfico de controle e outros métodos estatísticos para um mesmo conjunto de dados podem ser encontrados em (STAPENHURST, 2005).</li></ul>

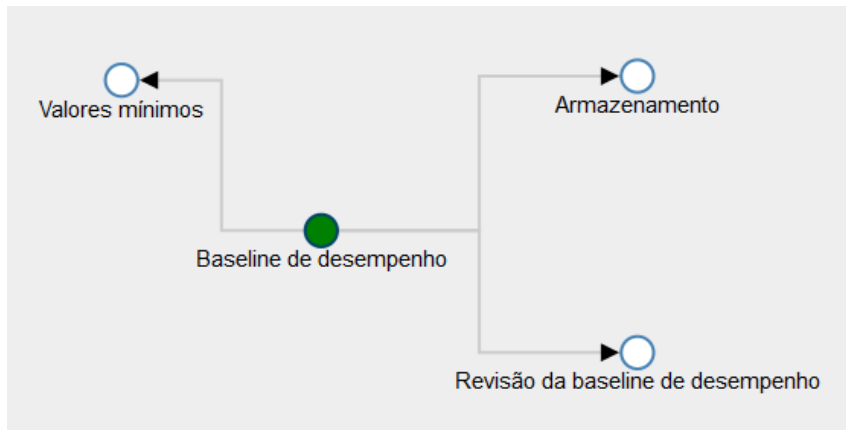
### V.3.5 Estabelecer *baseline* de desempenho

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

## Tarefa: Armazenar informações

### IC.19 – *Baseline* de desempenho

Mapa mental:



- **Baseline de desempenho:** Ao considerar o subprocesso estável, ou seja, sem pontos que não atendam aos testes de estabilidade e sem ocorrência de padrões de instabilidade, pode-se considerar que este subprocesso é repetível, variando dentro dos limites de controle apresentados. Para permitir que esta informação seja utilizada posteriormente, é necessário armazená-la. Para tanto, a *baseline* de desempenho do subprocesso é estabelecida, a partir do armazenamento da média e dos limites de controle obtidos quando o subprocesso foi considerado estável.

Mais informações sobre a *baseline* de desempenho podem ser encontradas em:

. FLORAC, W. A., CARLETON, A. D., 1999, Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement, Addison Wesley.

. ROCHA, A. R. C., SOUZA, G. S., BARCELLOS, M. P., 2012, Medição de Software e Controle Estatístico de Processos, PBQP Software, Brasília.

. SOFTEX, 2016, MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia de Implementação - Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS.

Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>.

. WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, Understanding Statistical Process Control, Second Edition, SPC Press, Inc.

- Armazenamento: A *baseline* de desempenho é, geralmente, armazenada no repositório de medidas da organização e serve como uma referência sobre o desempenho esperado do subprocesso. Também devem ser armazenadas a definição do subprocesso analisado e as medidas utilizadas para calcular os limites de controle, juntamente com a *baseline* de desempenho.
- Valores mínimos: Para se estabelecer a *baseline* de desempenho, recomenda-se que o gráfico de controle possua, idealmente, de 25 a 30 subgrupos quando se está usando o gráfico X-bar e R (ou X-bar e S), e de 40 a 45 valores, quando se está usando o gráfico XmR. Estes são os valores mínimos para que o subprocesso possa ser considerado estável. No entanto, é possível estabelecer *baselines* provisórias com uma quantidade inferior de dados, com no mínimo 4 valores.
- Revisão da *baseline* de desempenho: A *baseline* de desempenho deve ser revisada, sempre que o conjunto de processos padrão da organização sofre mudanças significativas. Esta revisão envolve a criação de gráficos de controle para o novo conjunto de medidas obtido.

## V.4 Estabelecer Modelo de Desempenho

O conhecimento relacionado a esta etapa está organizado nas subseções a seguir, onde cada subseção é uma atividade que compõe esta etapa, conforme apresentado na Tabela V.1.

### V.4.1 Construir modelo de desempenho

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

Tarefa: Selecionar método para estabelecer modelo de desempenho
<b>IC.20 – Modelo de desempenho</b>
Mapa mental: <pre>graph LR; MD((Modelo de desempenho)); TM((Tipos de métodos)); RL((Regressão logística)); RS((Regressão simples)); RM((Regressão múltipla)); ANOVA((ANOVA)); QK((Qui-Quadrado)); A1((Aplicação)); E1((Exemplos)); A2((Aplicação)); E2((Exemplos)); A3((Aplicação)); E3((Exemplos)); A4((Aplicação)); E4((Exemplos)); A5((Aplicação)); E5((Exemplos)); Ex((Exemplos)); MD --&gt; TM; TM --&gt; RL; TM --&gt; RS; TM --&gt; RM; TM --&gt; ANOVA; TM --&gt; QK; RL --&gt; A1; RL --&gt; E1; RS --&gt; A2; RS --&gt; E2; RM --&gt; A3; RM --&gt; E3; ANOVA --&gt; A4; ANOVA --&gt; E4; QK --&gt; A5; QK --&gt; E5; Ex --&gt; MD;</pre>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Modelo de desempenho:</b> Um modelo de desempenho de processos é uma descrição do relacionamento existente entre atributos de processos e de produto, permitindo que um determinado atributo (denominado variável dependente ou Y) seja estimado a partir de outros atributos previamente conhecidos (denominados variáveis independentes ou x). Desta forma, um modelo de desempenho representa o desempenho de processos em execuções passadas e é utilizado para prever os resultados do processo em projetos futuros. O modelo de desempenho auxilia tanto no planejamento do projeto (pois permite prever qual componente do processo é mais adequado) como no controle do projeto (pois permite projetar valores futuros a partir dos dados conhecidos até o momento). Uma organização pode utilizar modelos de desempenho para: prever resultados durante o planejamento e replanejamento do projeto; prever resultados durante a execução do projeto a partir da aplicação de análises do tipo “e se”; prever resultados relacionados a melhorias potenciais de processos, auxiliando na escolha de qual melhoria deve ser realizada; prever resultados esperados para avaliar o efeito de uma mudança implementada; para selecionar as ideias de melhoria sem a necessidade de executar um piloto com este propósito; e permitir</li></ul>

aos gerentes de projetos realizarem correções quando o projeto começa a se desviar da meta. De uma forma geral, para definir modelos de desempenho, verifica-se a correlação entre duas ou mais medidas e tenta-se, por meio de um método estatístico, encontrar alguma função matemática que represente este relacionamento.

Mais informações sobre modelos de desempenho podem ser encontradas em:

. BEZERRA, C. I. M.; COELHO, C. C.; PIRES, C. G. S.; ALBUQUERQUE, A. B., 2010, A Practical Application of Performance Models to Predict the Productivity of Projects. SCSS (1), pp. 273-277.

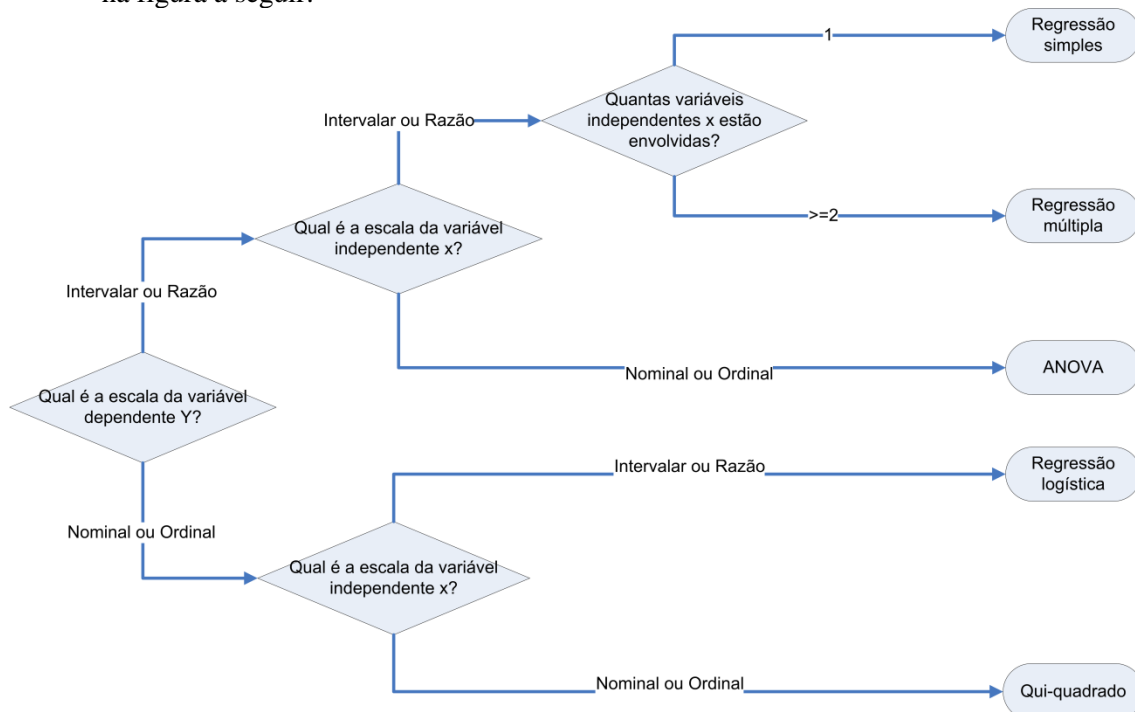
. CMMI Product Team, 2010, CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. Disponível em: <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/10tr033.cfm>.

. ECKES, G., 2001, A Revolução Seis Sigma, 6ª Edição, Elsevier.

. GEORGE, M. L., ROWLANDS, D., PRICE, M., MAXEY, J., 2005, The Lean Six Sigma Pocket - 6σ Toolbook, The McGraw-Hill.

. MAXWELL, K. D., 2006, What You Need To Know About Statistics, in Mendes, E., Mosley, N., Web Engineering, Springer Berlin Heidelberg, pp 365-408.

- Tipos de métodos: Diversos métodos podem ser utilizados para criar um modelo de desempenho. Um determinado método deve ser selecionado de acordo com o tipo das variáveis envolvidas no modelo de desempenho. A seleção do método adequado é importante para o que o modelo de desempenho a ser criado seja válido e confiável. A seleção do método para a construção do modelo de desempenho, de acordo com o tipo da variável dependente (a medida que representa a variável a ser prevista) e o tipo da(s) variável(is) independente(s), pode ser representada pelo fluxograma apresentado na figura a seguir.



- Regressão simples: A regressão simples ou análise de regressão linear simples é utilizada quando se deseja prever uma variável dependente a partir de uma única variável independente, sendo ambas de escala intervalar ou razão. A partir do uso da regressão simples, o relacionamento entre duas variáveis é representado graficamente por uma reta e matematicamente por uma fórmula do tipo  $y = a + bx$ , onde  $y$  é o valor da variável dependente (o que se quer prever),  $x$  é um dado valor da variável independente, e  $a$  e  $b$  são constantes que devem ser calculadas a partir do método dos mínimos quadrados, sendo considerados valores



aproximados (estimativas). A constante **b** explica o quanto a variável **y** é afetada pela variável **x** e em que direção: se **b** é positivo, indica que **x** e **y** são diretamente proporcionais (quanto maior **x**, maior será **y**); se **b** é negativo, indica que **x** e **y** são inversamente proporcionais (quanto maior **x**, menor será **y**).

- **Aplicação:** A regressão simples deve ser utilizada quando a variável dependente e a variável independente possuem escala intervalar ou razão. Alguns autores também afirmam sobre a necessidade dos dados das variáveis seguirem uma distribuição normal; caso os dados não sigam uma distribuição normal, deve-se utilizar regressão não-linear.
- **Exemplos:** Alguns exemplos de modelos de desempenho criados a partir da regressão linear simples no contexto de desenvolvimento de software são apresentados em:
  - . BASILI, V. R., 1989, The Experience Factory: Packaging Software Experience. In Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering. NASA Goddard Space Flight Center.
  - . CAMPOS, F. B., CONTE, T. U, KATSURAYAMA, A. E., ROCHA, A. R., 2007, Gerência Quantitativa para o Processo de Desenvolvimento de Requisitos, In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'2007), pp. 125-139.
  - . MONTONI, M., KALINOWSKI, M., LUPO, P., ABRANTES, J.F., FERREIRA, A.I.F., ROCHA, A. R., 2007, Uma Metodologia para Desenvolvimento de Modelos de Desempenho de Processos para Gerência Quantitativa de Projetos de Software, In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'2007), pp. 325-339.
  - . SIMÕES, C., MONTONI, M., Silva, J., ANGINHO, T., BARBOSA, V., 2013, Aplicando Controle Estatístico de Processo em Projetos Evolutivos de Pequeno Tamanho: Resultados e Lições Aprendidas na Implementação do Nível 5 do CMMI-DEV na Synapsis, In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'13), pp. 286-293.

Um exemplo de uso da regressão simples é apresentado a seguir, adaptado de (MAXWELL, 2006).

Sabendo-se que há uma correlação entre esforço e tamanho dos projetos de software, deseja-se criar uma função que permita a predição de esforço a ser gasto nos futuros projetos, a partir do valor conhecido do tamanho do projeto. A tabela a seguir apresenta os valores destas medidas em 5 projetos já concluídos na organização.

ID do projeto	Esforço (Y)	Tamanho (x)
2	7871	647
3	845	130
5	21272	1056
6	4224	383
15	2565	249

Para encontrar os valores das constantes **a** e **b**, as seguintes equações devem ser resolvidas simultaneamente, por meio do método dos mínimos quadrados:

$$\sum y = na + b\sum x$$

$$\sum xy = a\sum x + b\sum x^2$$

As somas para resolver estas equações são apresentadas na tabela a seguir.

ID do projeto	Esforço (y)	Tamanho (x)	x <sup>2</sup>	xy
2	7.871	647	418.609	5.092.537
3	845	130	16.900	109.850
5	21.272	1.056	1.115.136	22.463.232
6	4.224	383	146.689	1.617.792
15	2.565	249	62.001	638.685
n=5	$\sum y = 36.777$	$\sum x = 2.465$	$\sum x^2 = 1.759.335$	$\sum xy = 29.922.096$

Substituindo estes valores nas equações em questão, obtém-se o valor de **a** e **b**:  
 $36.777 = 5a + 2.465b$   
 $29.922.096 = 2465a + 1.759.335b$

onde **a** = - 3.328,46 e **b** = 21,67

Desta forma, pela aplicação da regressão linear, a seguinte fórmula é obtida relacionando o esforço e o tamanho nos projetos:

Esforço estimado = - 3.328,46 + 21,67 \* tamanho

- **Regressão múltipla:** A regressão múltipla ou análise de regressão linear múltipla é utilizada quando se deseja prever uma variável dependente a partir de mais de uma variável independente. Segue, portanto, os mesmos princípios da regressão simples, exceto pelo fato de envolver mais de uma variável independente. Por utilizar mais de uma variável independente, o modelo gerado a partir da regressão múltipla tende a possuir maior acurácia comparado ao modelo gerado a partir da regressão simples. A fórmula que representa o modelo gerado pela regressão múltipla possui o seguinte formato:  $y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ , onde **y** é o valor da variável dependente (o que se quer prever), **x<sub>n</sub>** são os valores das variáveis independentes envolvidas no modelo, e **a** e **b<sub>n</sub>** são constantes que devem ser calculadas a partir do método dos mínimos quadrados, sendo considerados valores aproximados (estimativas). A constante **b<sub>n</sub>** explica o quanto a variável **y** é afetada pela variável **x<sub>n</sub>** e em que direção: se **b<sub>n</sub>** é positivo, indica que **x<sub>n</sub>** e **y** são diretamente proporcionais (quanto maior **x<sub>n</sub>**, maior será **y**); se **b<sub>n</sub>** é negativo, indica que **x<sub>n</sub>** e **y** são inversamente proporcionais (quanto maior **x<sub>n</sub>**, menor será **y**).
- **Aplicação:** A regressão simples deve ser utilizada quando a variável dependente e as variáveis independentes possuem escala intervalar ou razão. Alguns autores também afirmam sobre a necessidade dos dados das variáveis seguirem uma distribuição normal; caso os dados não sigam uma distribuição normal, deve-se utilizar regressão não-linear.
- **Exemplos:** Seguem alguns exemplos de modelos de desempenho criados a partir da regressão linear múltipla no contexto de desenvolvimento de software:
  - . MARÇAL, A. S. C., BEZERRA, C. L. M., COELHO, C. *et al.*, 2010, Uso de Práticas Ágeis para Alcançar o CMMI 5: Uma Abordagem Inovadora, In: Anais do IX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (Relatos de Experiências) (SBQS'10), pp. 343-350.
  - . BEZERRA, C. I. M.; COELHO, C. C.; PIRES, C. G. S.; ALBUQUERQUE, A. B., 2010, A Practical Application of Performance Models to Predict the Productivity of Projects. SCSS (1), pp. 273-277.
  - . SOUZA, W., RAMASCO, M., MATTOS, A., PINHEIRO, E., 2010, MPS.BR Nível A: Experiência da Stefanini, In Anais do Workshop Anual do MPS

(WAMPS'10), pp. 128-137.

. Em (MARÇAL *et al.*, 2010), a produtividade é relacionada com ambiente, experiência da equipe, uso de técnicas ágeis, uso de integração contínua e instabilidade dos requisitos por meio do seguinte modelo:

$$\text{Produtividade} = 36,3 - 2,15 * \text{Ambiente} - 6,35 * \text{Grau de Utilização de Integração Contínua} - 0,255 * \text{Experiência da Equipe} - 1,02 * \text{Ágil}$$

. Em (BEZERRA *et al.*, 2010), a densidade de defeitos em testes de sistema (DDST) é relacionada com a porcentagem de defeitos em revisões técnicas (PDTR) e a cobertura dos testes de unidade (UTC) por meio do seguinte modelo:

$$\text{DDST} = 1.8955 - 0.5087 * \text{PDTR} - 1.6020 * \text{UTC}$$

. Em (SOUZA *et al.*, 2010), a variação de prazo é relacionada com o *turnover* da equipe, os defeitos encontrados, o conhecimento do negócio, o tempo de levantamento de dados e a disponibilidade do usuário por meio do seguinte modelo:

$$\text{Variação de prazo} = -0,263 - 0,104 * \text{turnover} + 0,00478 * \text{defeitos encontrados} + 0,158 * \text{conhecimento do negócio} + 0,221 * \text{tempo de levantamento de dados} + 0,00963 * \text{disponibilidade do usuário}$$

- **ANOVA:** A ANOVA (também denominada Análise de Variância ou *One-way ANOVA*) é utilizada para analisar o relacionamento entre uma medida intervalar ou razão (por exemplo: esforço, produtividade, duração etc.) e uma ou mais medidas com escala nominal ou ordinal (por exemplo: setor de negócio, linguagem de programação, plataforma de hardware etc.). Cada medida nominal ou ordinal (variável independente) deve possuir, pelo menos, três níveis ou valores (também denominados tratamentos); por exemplo, se a variável independente é linguagem de programação, deve haver, pelo menos, três instâncias (e.g., Java, PHP e Ruby). A partir do uso da ANOVA determina-se o quanto uma variável independente influencia na variável dependente e com qual significância estatística. A ANOVA é um teste estatístico paramétrico que compreende a avaliação da diferença significativa entre as médias dos grupos de dados que estão sendo analisados. Para isto, a ANOVA testa a hipótese nula “A média dos grupos são iguais” a partir da distribuição F, que leva em consideração a variância entre os grupos e a variância dentro de cada grupo. A partir do uso da ANOVA, pode-se estabelecer o relacionamento entre as medidas envolvidas a partir da seguinte equação:  $Y_i = \mu + \tau_i$ , onde  $Y_i$  é o valor da variável dependente com relação à instância da variável dependente  $i$ ,  $\mu$  é a média geral e  $\tau_i$  é o valor da instância  $i$  da variável independente  $\tau$ .
  - **Aplicação:** A ANOVA deve ser utilizada quando a variável dependente é do tipo variável (contínua) e as variáveis independentes envolvidas são do tipo atributo (discretas). Por ser um método paramétrico, é necessário que os dados sigam uma distribuição normal ou próxima à normal.
  - **Exemplos:** Poucos exemplos do uso da ANOVA são apresentados na literatura no contexto do desenvolvimento de software, apesar de haver uma grande aplicação nesta área, já que é comum verificar o quanto variáveis do tipo atributo (por exemplo: setor de negócio, linguagem de programação, plataforma de hardware, experiência da equipe etc.) influenciam em variáveis do tipo variável (por exemplo: esforço, produtividade, duração etc.).

Um exemplo de uso da regressão simples é apresentado a seguir, adaptado de

(MAXWELL, 2006).

Deseja-se saber a porcentagem de uso de uma determinada linguagem para controle de *batches* (JCL - *Job Control Language*) está relacionada com o tipo de aplicação. A tabela a seguir apresenta a porcentagem de uso de JCL em três tipos de aplicação (TA1, TA2 e TA3) ao longo do tempo.

	<b>TA1</b>	<b>TA2</b>	<b>TA3</b>
	38	54	12
	24	0	52
	2	90	90
	43	0	74
	60	30	64
	100	33	55
	63	21	13
	55	68	49
	9	58	12
	62	56	31
	55	89	39
	37	84	49
	37	96	31
	35	79	35
	95	31	53
<b>Média do grupo</b>	47,67	52,60	43,93
<b>Variância do grupo</b>	737,38	1033,11	513,21

Para este exemplo, a hipótese nula a ser testada é: A média de porcentagem de uso de JCL é a mesma (na população) nos três tipos de aplicação.

Para verificar se existe algum relacionamento, é necessário calcular a variância entre os grupos e a variância dentro dos grupos. A divisão entre estas duas variâncias é a razão F que permite avaliar se a hipótese nula deve ser aceita ou rejeitada.

Dada que a média da amostra como um todo é 48,07, a variância entre os grupos  $s^2_x$  é calculada pelas diferenças quadradas da média de cada grupo com a média total da amostra, assim:

$$s^2_{\text{entre}} = 15 * \{[(47,67-48,07)^2 + (52,60-48,07)^2 + (43,93-48,07)^2] / 2\} = 283,65$$

A variância dentro dos grupos deve ser calculada individualmente para cada grupo, a partir das diferenças quadradas de cada valor com a média do respectivo grupo. Assim, obtêm-se os seguintes valores:

$$s^2_{\text{TA1}} = 737,38$$

$$s^2_{\text{TA2}} = 1033,11$$

$$s^2_{\text{TA3}} = 513,21$$

A média destas variâncias dentro de cada grupo é, portanto:

$$s^2_{\text{dentro}} = (737,38 + 1033,11 + 513,21) / 3 = 761,23$$

Desta forma, pode-se calcular a razão F:

$$F = s^2_{\text{entre}} / s^2_{\text{dentro}} = 283,65 / 761,23 = 0,37$$

Como  $F < 1$  não é possível rejeitar a hipótese nula de que a média de porcentagem de uso de JCL é a mesma (na população) nos três tipos de aplicação. Portanto, pode-se concluir que não há relacionamento entre o tipo de aplicação e a porcentagem de uso de JCL.

- **Regressão logística:** A regressão logística (também denominada modelo logístico ou modelo *logit*) é utilizada quando se deseja prever uma variável dependente com escala nominal ou ordinal a partir de uma única variável independente de escala intervalar ou razão. Frequentemente, a variável dependente na regressão logística é binária (sim/não, aprovado/não aprovado etc.).

Da mesma forma que na regressão simples, a variável dependente (que se pretende prever) pode ser descrita a partir da equação:  $y = a + bx$ .

- **Aplicação:** O uso da regressão logística é aplicável quando a variável dependente Y possui escala nominal ou ordinal, e os dados seguem uma distribuição binomial.
- **Exemplos:** Exemplos de uso da regressão logística para a construção de modelos de desempenho de processos de software são apresentados em:
  - . CHRISTIANSEN, T., WUTTIDITTACHOTTI, P., PRAKANCHAROEN, S., VALLIPAKORN, S. A., 2015, Prediction of Risk Factors of Software Development Project by Using Multiple Logistic Regression, Asian Research Publishing Network, Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 10 (3).
  - . CRUZ, A. E. C., OCHIMIZU, K., 2009, Towards Logistic Regression Models for Predicting Fault-Prone Code Across Software Projects, Proceedings of the 3rd International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM'09), pp. 460-463.
  - . SINGH, Y., KAUR, A., MALHOTRA, R., 2008, Predicting Software Fault Proneness Model Using Neural Network, In: Proceeding of Product-Focused Software Process Improvement (PROFES'08), pp. 204-214.
  - . TAKAGI, Y., MIZUNO, O., KIKUNO, T., 2005, An Empirical Approach to Characterizing Risky Software Projects Based on Logistic Regression Analysis, Empirical Software Engineering, 10, pp. 495-515.

Outros exemplos de relações a serem analisadas por regressão logística são: tipos de defeito e taxa de esforço de inspeção; tipos de defeitos e tipos de programação; tipos de teste e horas disponíveis da equipe; categoria de riscos e densidade de defeitos em testes e inspeções; dentre outros.

- **Qui-Quadrado:** É um teste não-paramétrico para analisar se uma variável independente x impacta em uma variável dependente Y, sendo ambas de escala nominal ou ordinal. Também denominado Chi-Square ou  $\chi^2$ , este teste visa avaliar se dois conjuntos de valores são independentes ou se possuem dependência, a partir da comparação entre as frequências observadas e esperadas do conjunto de dados. Para isto, o Qui-Quadrado avalia a hipótese nula “As variáveis são independentes”, dado um nível de significância  $\mu$  (normalmente,  $\mu = 0,05$ ), calculando o parâmetro  $\chi_c^2$  e comparando-o com o Qui-Quadrado tabulado  $\chi_t^2$ . Se  $\chi_c^2 > \chi_t^2$ , então rejeita-se a hipótese nula, ou seja, não há indícios de que as variáveis sejam independentes; se  $\chi_c^2 < \chi_t^2$ , então aceita-se a hipótese nula, ou seja, há indícios de que as variáveis sejam independentes.

- **Aplicação:** O teste Qui-Quadrado é aplicável para dados do tipo atributo (fenômenos discretos) que sejam nominais ou ordinais, sempre considerando 2 variáveis (cada uma com, pelo menos, 5 valores). As observações devem ser independentes.
- **Exemplos:** Alguns exemplos de relações que podem ser analisadas pelo Qui-quadrado são: (i) a localização do cliente afeta a compra de determinados produtos/serviços? (ii) fornecedores afetam a aprovação ou não do produto final nos testes?

Outros exemplos de relações a serem analisadas por Qui-Quadrado são: tipos de

defeito e linguagem de programação; tipos de defeito e técnicas de elicitação de requisitos; tipos de testes e tipos de funcionalidades implementadas; categorias de riscos e modelo de ciclo de vida escolhido; dentre outros.

A seguir é apresentado um exemplo de uso do Qui-Quadrado (adaptado de MAXWELL, 2006) para verificar se as variáveis nominais uso da ferramenta Telon (com possíveis valores *sim* e *não*) e tipo de aplicação (*TA1*, *TA2*, *TA3* e *TA4*) são independentes. A tabela a seguir apresenta os valores sumarizados destas variáveis de 62 projetos finalizados. Esta tabela apresenta a frequência destas variáveis.

Tipo de aplicação	Uso da ferramenta Telon		
	Não	Sim	Total
TA1	12	6	18
TA2	4	0	4
TA3	24	5	29
TA4	8	3	11
<b>Total</b>	48	14	62

A hipótese nula é: o uso da ferramenta Telon é independente do tipo de aplicação.

Após o cálculo, obteve-se  $\chi_c^2 = 2,9686$ , com nível de significância  $\mu = 0,396$ .

Como  $\mu > 0,05$  não é possível rejeitar a hipótese nula e, portanto, não há relacionamento entre o uso da ferramenta Telon e o tipo de aplicação.

- Exemplos: Há poucos relatos na literatura sobre a elaboração de modelos de desempenho no contexto da análise de desempenho de processos de software. No entanto, podem-se encontrar relatos sobre o uso de modelos na área de simulação e predição de software.

No contexto da análise de desempenho de processos de software, os seguintes trabalhos relatam a criação de modelos de desempenho:

. CAMPOS, F. B., CONTE, T. U, KATSURAYAMA, A. E., ROCHA, A. R., 2007, Gerência Quantitativa para o Processo de Desenvolvimento de Requisitos, In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'2007), pp. 125-139.

. MONTONI, M., KALINOWSKI, M., LUPO, P., ABRANTES, J.F., FERREIRA, A.I.F., ROCHA, A. R., 2007, Uma Metodologia para Desenvolvimento de Modelos de Desempenho de Processos para Gerência Quantitativa de Projetos de Software, In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'2007), pp. 325-339.

. WANG, Q., GOU, L., JIANG, N., CHE, M., ZHANG, R., YANG, Y., LI, M., 2007, An Empirical Study on Establishing Quantitative Management Model for Testing Process, Lecture Notes in Computer Science.

. BEZERRA, C. I. M.; COELHO, C. C.; PIRES, C. G. S.; ALBUQUERQUE, A. B., 2010, A Practical Application of Performance Models to Predict the Productivity of Projects. SCSS (1), pp. 273-277.

. STODDARD, R. W; GOLDENSON, D., 2010, "Approaches to Process Performance Modeling: A Summary from the SEI Series of Workshops on CMMI High Maturity Measurement and Analysis", Software Engineering Institute, Paper 49. Disponível em: <http://repository.cmu.edu/sei/49>.

. Campos *et al.* (2007) apresentam a aplicação de uma metodologia para gerência quantitativa para o processo de desenvolvimento de requisitos. Esta metodologia consiste em 3 fases: Conhecer, Estabilizar e Controlar. Na fase Controlar, é apresentada a criação de um modelo simplificado (uma fórmula) que relaciona o esforço com o tamanho dos casos de uso, após a análise de correlação entre estas duas variáveis.

. Em Montoni *et al.* (2007) o modelo de desempenho foi desenvolvido para relacionar as métricas ‘problemas de qualidade’ e ‘problemas de verificação’ normalizadas pelo tamanho real dos projetos. Para desenvolver o modelo de desempenho, utilizaram a análise de correlação (correlação de Pearson) e a análise de regressão. A partir da aplicação da técnica de análise de regressão na linha base de desempenho de processos estabelecida, derivou-se uma equação de regressão, considerando a métrica ‘problemas de qualidade’ como variável independente e a métrica ‘problemas de verificação’ como variável dependente. Para criar este modelo foram utilizadas 16 observações.

. Wang *et al.* (2007) apresentam um método empírico para estabelecer modelos de gerência quantitativa para processos de teste, utilizando a análise de regressão múltipla (com MatLab) para fazer a correlação entre três métricas (correlação entre os defeitos identificados e o esforço necessário para corrigi-los).

. Bezerra *et al.* (2010) apresentam como os modelos de desempenho foram estabelecidos no Instituto Atlântico. Esta organização queria estabelecer modelos para estimar a produtividade e a densidade de defeitos identificados na etapa de testes de sistema. A tarefa de criação dos modelos de desempenho foi iniciada a partir do estabelecimento de *baselines* de desempenho para os processos de gerência de projeto e de teste, na fase Analisar do DMAIC. Após isto, buscou-se identificar os fatores (x) que influenciavam as variáveis dependentes (y) – neste caso, a produtividade e a densidade de defeitos. Com a identificação destes fatores, aplicou-se a técnica de regressão linear múltipla, a partir da qual foi possível estabelecer equações que relacionavam os fatores. Com o auxílio da ferramenta Minitab, buscou-se as equações com mais confiabilidade e, desta forma, os modelos de desempenho foram estabelecidos. Posteriormente, os modelos foram testados em cinco projetos e calibrados.

. Stoddard e Goldenson (2010) apresentam uma sumarização de lições aprendidas discutidas durante dois workshops relacionados à alta maturidade no contexto do CMMI, com foco especial na construção de modelos de desempenho. Apesar de não apresentarem muitos detalhes sobre a construção dos modelos, apresentam os métodos utilizados e boas práticas.

#### V.4.2 Avaliar modelo de desempenho

Cada item de conhecimento referente a esta atividade está apresentado a seguir, vinculado à sua respectiva tarefa.

##### Tarefa: Verificar validade do modelo de desempenho

##### IC.21 – Avaliação do modelo de desempenho

Mapa mental:



- **Avaliação do modelo de desempenho:** Após a criação do modelo de desempenho, deve-se verificar sua viabilidade e confiabilidade estatística. Para isto, independente do método utilizado para a criação do modelo de desempenho, deve-se realizar a análise residual que

permite a avaliação da acurácia do modelo, ou seja, verifica-se a estimativa de erro do modelo criado, verificando a diferença entre o valor real e o valor previsto pelo modelo. Esta estimativa de erro, também denominada residual, é um dos componentes da medida  $r^2$  que permite avaliar a acurácia do modelo.

- Acurácia do modelo  $r^2$ : A medida  $r^2$  (R ao quadrado) é utilizada, principalmente, para modelos de desempenho criados a partir da regressão simples. Esta medida varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo a 0 pior é o modelo, enquanto que quanto mais próximo a 1 melhor o modelo. Desta forma, quando um modelo de desempenho possui  $r^2 = 0,95$ , isto indica que o modelo criado explica 95% da variação da variável dependente em decorrência da variável independente.
- Significância dos resultados: Além de avaliar a acurácia do modelo, é necessário testar sua significância estatística. Para avaliar o quanto o modelo de desempenho criado é estatisticamente significativo, podem-se utilizar diferentes distribuições (tais como a distribuição F e a distribuição t) para determinar a probabilidade dos resultados obtidos serem devidos ao acaso. Esta probabilidade é denominada nível (ou valor) de significância ou *p-value*. Normalmente, utiliza-se o nível de significância menor ou igual a 0,05, ou seja, pretende-se que o modelo de desempenho tenha 95% de certeza.
- Referências:
  - . GEORGE, M. L., ROWLANDS, D., PRICE, M., MAXEY, J., 2005, The Lean Six Sigma Pocket - 6 $\sigma$  Toolbook, The McGraw-Hill.
  - . MAXWELL, K. D., 2006, What You Need To Know About Statistics, in Mendes, E., Mosley, N., Web Engineering, Springer Berlin Heidelberg, pp 365-408.
  - . RENDER, B., STAIR, R. M., HANNA, M. E., 2009, Quantitative Analysis for Management, 10th Edition, Pearson Prentice Hall.



## APÊNDICE VI – INSTRUMENTOS DO ESTUDO DE VIABILIDADE DO AMBIENTE SPEAKER

Este apêndice apresenta os instrumentos utilizados durante o estudo de viabilidade do ambiente SPEAKER.

A Seção VI.1 apresenta o termo de consentimento a ser aprovado pelo participante. Na Seção VI.2 é apresentado o questionário para a caracterização do participante do estudo. A Seção VI.3 apresenta o formulário de avaliação aplicado aos participantes no fim do estudo com o objetivo de obter sua percepção quanto ao uso do ambiente. A Seção VI.4 apresenta a planilha utilizada como apoio pela pesquisadora para registrar o tempo gasto em cada tarefa executada pelos participantes, bem como as observações quanto às dificuldades e dúvidas dos participantes durante o uso do ambiente.

### VI.1 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado(a),

Uma pesquisa de doutorado está sendo conduzida, com o objetivo de prover apoio às organizações de desenvolvimento de software para a execução da análise de desempenho de processos (nível B do MR-MPS-SW ou nível 4 do CMMI-DEV). Uma etapa desta pesquisa consiste em um estudo para a avaliação de parte da solução proposta, e você está sendo convidado(a) a participar deste estudo.

A solução proposta é composta pela descrição de um processo, alguns modelos de documentos (*templates*) relacionados às tarefas do processo, um repositório de conhecimento associado e apoio ferramental ao acompanhamento do processo. O processo proposto é composto por três etapas, compreendendo a identificação dos subprocessos críticos da unidade organizacional, a análise de estabilidade destes subprocessos e o estabelecimento de modelos de desempenho.

O **escopo deste estudo** é verificar a viabilidade da **segunda etapa** do processo proposto, denominada “Verificar estabilidade”, a partir da execução de suas tarefas, do uso dos *templates* e itens de conhecimento relacionados, e do uso do apoio ferramental. Esta etapa tem como objetivo verificar se um subprocesso crítico da unidade

organizacional é estável com relação a uma de suas medidas, de acordo com um cenário a ser apresentado no decorrer do estudo.

### **1. Procedimento**

O estudo será realizado a partir da execução das tarefas descritas no processo proposto por meio do ambiente SPEAKER.

Após a conclusão destas tarefas, os participantes devem preencher um formulário no qual indicarão sua percepção sobre o uso dos elementos da solução proposta.

### **2. Participação e confidencialidade na pesquisa**

A participação no estudo é voluntária. A identidade dos participantes não será revelada em nenhuma hipótese. As informações obtidas a partir da execução do estudo destinam-se estritamente a atividades de pesquisa relacionadas à proposta, não sendo utilizados de nenhuma forma para avaliação profissional ou pessoal. Além disso, qualquer divulgação dos resultados do estudo irá preservar o anonimato dos participantes.

### **3. Benefícios e custo**

Como benefícios para os participantes, espera-se que, com a participação neste estudo, possam ter uma experiência na verificação de estabilidade de um subprocesso crítico a partir de um cenário baseado em dados reais, e que seu conhecimento na área seja aprimorado.

Este estudo também contribuirá com resultados importantes para a pesquisa na área de Engenharia de Software, permitindo a avaliação de uma proposta do ponto de vista de diferentes perfis na área.

Não haverá nenhum gasto ou ônus com a sua participação no estudo.

### **4. Declaração de consentimento**

Declaro que li e estou de acordo com as informações contidas neste documento, e que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo foi explicada de forma satisfatória, tendo sido esclarecidas todas as minhas dúvidas. Declaro também que concordo de plena e espontânea vontade em participar deste estudo.

Caso haja qualquer dúvida adicional a respeito dessa pesquisa ou durante sua execução, por favor entre em contato pelos e-mails fornecidos.

Pesquisadora: Natália Chaves Lessa Schots

Orientadores: Ana Regina Rocha

Gleison Santos

## VI.2 Formulário de caracterização

Este formulário possui o objetivo de caracterizar os participantes do estudo relacionado à avaliação da execução da etapa “Verificar Estabilidade” a partir do uso do ambiente SPEAKER.

**Declaro que recebi e estou de acordo com o termo de consentimento livre e esclarecido relacionado a este estudo.**

Preencha, por favor, os seguintes campos, informando sobre sua formação acadêmica e experiência em melhoria de processos e em análise de desempenho de processos. As informações fornecidas serão utilizadas somente no contexto deste estudo, servindo apenas como informações de contexto para realizar a análise das respostas obtidas.

### 1. Qual é sua formação acadêmica?

*Informe apenas a titulação de maior nível.*

- Curso de graduação em andamento
- Curso de graduação concluído
- Especialização em andamento
- Especialização concluída
- Mestrado em andamento
- Mestrado concluído
- Doutorado em andamento
- Doutorado concluído
- Pós-doutorado em andamento
- Pós-doutorado concluído

### 2. Você é implementador e/ou avaliador de algum modelo de maturidade? Indique a seguir.

*Informe todas as opções que se aplicam.*

- Implementador do MR-MPS-SW
- Avaliador adjunto do MR-MPS-SW
- Avaliador líder inicial do MR-MPS-SW
- Avaliador líder intermediário do MR-MPS-SW
- Avaliador líder avançado do MR-MPS-SW
- Avaliador do CMMI-DEV
- Não sou implementador nem avaliador de modelos de maturidade

### 3. Qual é seu grau de conhecimento sobre alta maturidade (níveis B e A do MR-MPS-BR e níveis 4 e 5 do CMMI-DEV)?

*Informe todas as opções que se aplicam.*

- Não tenho nenhum conhecimento sobre alta maturidade
- Eu tenho um conhecimento superficial sobre alta maturidade

- Eu estudei alta maturidade em um curso/disciplina
- Eu estudei alta maturidade em um ou mais livros
- Eu participei de uma ou mais implementações (como consultor externo) de um dos níveis de alta maturidade
- Eu participei de uma ou mais implementações (como membro interno) de um dos níveis de alta maturidade
- Eu participei de uma ou mais avaliações (como avaliador líder) de um dos níveis de alta maturidade
- Eu participei de uma ou mais avaliações (como avaliador adjunto) de um dos níveis de alta maturidade
- Eu participei de uma ou mais avaliações (como representante da empresa) de um dos níveis de alta maturidade

**4. Quantos anos de experiência você possui em atividades relacionadas à melhoria de processos de software?**

[Clique aqui para digitar texto.](#)

**5. Você possui experiência em atividades relacionadas a grupos de processos (e.g., definição de processos e avaliação de melhorias de processos)? Se sim, quantos anos de experiência você possui nestas atividades?**

[Clique aqui para digitar texto.](#)

### VI.3 Formulário de avaliação (*follow-up*)

Este formulário possui o objetivo de verificar a percepção quanto à satisfação com os componentes da solução proposta. Além disto, espera-se obter críticas e sugestões para melhoria da solução, bem como os benefícios percebidos e as dificuldades observadas durante o uso da solução.

Por favor, preencha as questões a seguir com base na sua percepção sobre o uso da solução proposta como um todo.

**I – Avalie os itens a seguir com relação à sua percepção sobre sua satisfação ao utilizar os componentes da solução proposta para avaliar a estabilidade do subprocesso “Codificação do Software” com relação à sua medida “Índice de esforço de Novas Funcionalidades – INF”.**

*Para responder as questões a seguir, assinale o seu grau de concordância/discordância, utilizando a seguinte escala: (1) discordo totalmente, (2) discordo amplamente, (3) discordo parcialmente, (4) concordo parcialmente, (5) concordo amplamente e (6) concordo totalmente.*

**I.1. Qual é sua satisfação com relação à descrição das tarefas do processo? Justifique sua resposta.**

	1	2	3	4	5	6
Estou satisfeito(a) com a descrição das tarefas do processo proposto						

**I.2. Qual é sua satisfação com relação aos modelos de documentos (*templates*) disponibilizados? Justifique sua resposta.**

	1	2	3	4	5	6
Estou satisfeito(a) com os modelo de documento ( <i>templates</i> ) disponibilizados						

**I.3. Qual é sua satisfação com relação aos itens de conhecimento disponibilizados? Justifique sua resposta.**

	1	2	3	4	5	6
Estou satisfeito(a) com os itens de conhecimento disponibilizados						

**I.4. Qual é sua satisfação com relação ao ferramental de apoio provido? Justifique sua resposta.**

	1	2	3	4	5	6
Estou satisfeito(a) com o apoio ferramental provido						

**I.5. Qual é sua confiança sobre os resultados obtidos a partir da execução das tarefas para analisar a estabilidade do subprocesso? Justifique sua resposta.**

	1	2	3	4	5	6
Confio nos resultados obtidos a partir da execução das tarefas						

**I.6. Levando em consideração as respostas anteriores, qual é sua satisfação geral com relação ao ambiente SPEAKER como um todo? Justifique sua resposta.**

	1	2	3	4	5	6
Estou satisfeito(a) com o ambiente SPEAKER						

**II. Apresente sua opinião com relação à solução proposta tendo em conta os itens a seguir.**

**II.1. Em sua opinião, a solução proposta atende ao objetivo de auxiliar uma organização de desenvolvimento de software a analisar a estabilidade de um subprocesso quanto a uma medida?**

**II.2. Em sua opinião, quais são os benefícios da solução proposta?**

**II.3. Você teve dificuldades ao executar as tarefas propostas? Se sim, quais?**

**II.4. Em sua opinião, o que poderia ser melhorado na solução proposta?**

**II.5. Você possui alguma observação adicional?**

#### **VI.4 Planilha de observações**

A planilha a seguir possui o objetivo de registrar as medidas de efetividade (Tarefas Concluídas) e de eficiência (Índice de Tempo Produtivo), além das observações realizadas pela pesquisadora durante a condução do estudo de viabilidade.

<b>Tarefas</b>	<b>Tarefa concluída?</b> (SA – sem auxílio, CA – com auxílio, ou NC – não concluída)	<b>Intervalos de parada (dúvidas, retrabalho...)</b>	<b>Tempo total de execução da tarefa</b>	<b>Observações</b>
<b>Selecionar gráfico de controle</b>				
Preparar planilha de medidas				
Identificar subgrupos homogêneos da medida				
Determinar características das medidas				
Selecionar gráfico de controle apropriado				
<b>Realizar testes de estabilidade</b>				
Construir gráficos de controle				
Aplicar testes de estabilidade				
Identificar padrões de instabilidade				
<b>Realizar ações para estabilizar subprocesso</b>				
Coletar informações de contexto				
Eliminar <i>outliers</i>				
Identificar causas				
Definir planos de ação				
Executar planos de ação				
Coletar medidas				
<b>Confirmar estabilidade</b>				
Verificar necessidade de analisar novamente as medidas				
<b>Estabelecer <i>baseline</i> de desempenho</b>				
Armazenar informações				