



COPPE/UFRJ

UMA ESTRATÉGIA PARA MEDAÇÃO DE SOFTWARE E AVALIAÇÃO DE BASES
DE MEDIDAS PARA CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS DE
SOFTWARE EM ORGANIZAÇÕES DE ALTA MATURIDADE

Monalessa Perini Barcellos

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
Ricardo de Almeida Falbo

Rio de Janeiro
Dezembro de 2009

UMA ESTRATÉGIA PARA MEDAÇÃO DE SOFTWARE E AVALIAÇÃO DE BASES
DE MEDIDAS PARA CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS DE
SOFTWARE EM ORGANIZAÇÕES DE ALTA MATURIDADE

Monalessa Perini Barcellos

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA 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:

Profa. Ana Regina Cavalcanti da Rocha, D. Sc.

Prof. Ricardo de Almeida Falbo, D. Sc.

Prof. Geraldo Bonorino Xexéo, D.Sc.

Prof. Leonardo Gresta Paulino Murta, D.Sc.

Prof. Gleison dos Santos Souza, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
DEZEMBRO DE 2009

Barcellos, Monalessa Perini

Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade / Monalessa Perini Barcellos. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

XIV, 419 p.: il; 29,7 cm.

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha e Ricardo de Almeida Falbo

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2009.

Referências Bibliográficas: p. 157-172.

1. Medição de Software.
 2. Controle Estatístico de Processos.
 3. Melhoria de Processos de Software.
 4. Alta Maturidade.
- I. Rocha, Ana Regina Cavalcanti *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

Ao meu pai *Ivân Luiz*, pedra angular sobre a qual minhas conquistas são edificadas.

Ao meu esposo *Alex Sandro, minha pessoa.*

À minha filha *Luzia, minha luz.*

“Quem tem um sonho não cansa...”

Agradecimentos

Ao meu pai *Ivân Luiz*, por ter sido o início de tudo para mim e por ter me ensinado os verdadeiros valores de uma vida.

Ao meu esposo *Alex Sandro*, *minha pessoa*, meu porto seguro, pelo apoio e amor incondicionais, sem os quais eu não poderia ter realizado este trabalho. Pelas muitas vezes que foi *pão* de nossa filha, tendo desempenhado esse papel com maestria. Pelo companheirismo, pela cumplicidade, pelo incentivo, pelo ombro amigo, pela compreensão em minhas ausências e por cada uma de suas ações e palavras que, de forma única, indispensável e especial, permitiram que este trabalho se concretizasse. Por vislumbrar o *meu Everest* junto comigo e segurar em minhas mãos para realizar a escalada ao meu lado, não se limitando, em momento algum, a expectador da minha caminhada.

À minha amada filha *Luzia*, minha *florzinha*, que quando iniciei o doutorado era praticamente um *bebê* e hoje é uma *menininha* linda e abençoada que, com maturidade impressionante, foi capaz de compreender minha dedicação a este trabalho, que, muitas vezes, restringiu nosso tempo juntas. Por cada sorriso, cada beijinho e abraço carinhosos, cada bilhetinho, cada e-mail e torpedo enviados e cada coraçõozinho com “*eu te amo*” desenhado nos artigos e outros materiais que eu lia. Por seus comentários surpreendentes e por, especialmente nos últimos meses deste trabalho, ter sido uma torcedora ativa por sua conclusão.

À minha orientadora *Ana Regina*, pelos ensinamentos ao longo de todos esses anos, pelo conhecimento compartilhado, pela prestatividade e dedicação, pelas oportunidades oferecidas e pelos constantes desafios apresentados, que me tornaram melhor, pessoal e profissionalmente. Pelo apoio financeiro oferecido para a apresentação de artigos e pelas muitas *hospedagens* em sua casa.

Ao meu co-orientador *Ricardo Falbo*, por aceitar fazer parte deste trabalho, com o qual contribuiu de forma essencial, por ter me apresentando novos horizontes, pela paciência durante meu processo de aprendizagem, pela prestatividade, pelo conhecimento compartilhado, pela dedicação e pelas sábias palavras, sempre ditas nos momentos em que foram mais necessárias. Por todas as suas atitudes que fazem com que, a cada dia, eu o admire ainda mais, como pessoa e profissional.

Ao *Reinaldo*, à *Mylene*, à *Andrea*, ao *Abilton* e à *Tayana*, que, no início deste trabalho, eram meus *colegas de doutorado* e, hoje, são *amigos queridos*. Por todo o apoio, incentivo, colaboração, disponibilidade e conhecimento compartilhado, muitas vezes, em e-mails nos quais as discussões se estendiam por semanas.

Aos membros da minha *Grande Família*, que em toda a sua simplicidade, mesmo sem entender exatamente o que é um doutorado, torceram por sua conclusão.

Ao *Gleison*, carinhosamente chamado de *homem Google*, por ter sido um verdadeiro *portal* e ter me fornecido informações dos mais diversos tipos ao longo de todos esses anos.

Aos *colegas* da COPPE, da UFES e a todos aqueles que, pessoalmente ou profissionalmente, contribuíram para a realização deste trabalho ou torceram por seu término. Citar nomes aqui poderia me levar a cometer alguma injustiça.

Às *organizações* e às *pessoas* que participaram das experiências e avaliações realizadas no contexto do trabalho.

Às funcionárias do PESC, *Taísa*, *Solange*, *Meredes* e *Carol*, por sua colaboração nos procedimentos administrativos.

Aos *membros da banca*, pela participação e pelas contribuições.

Por fim, e acima de tudo, a *Deus*, pela minha vida e tudo o que ela contém, incluindo a dádiva de ter tanto e tantos a quem, verdadeiramente, agradecer.

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

UMA ESTRATÉGIA PARA MEDAÇÃO DE SOFTWARE E AVALIAÇÃO DE BASES
DE MEDIDAS PARA CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS DE SOFTWARE
EM ORGANIZAÇÕES DE ALTA MATURIDADE

Monalessa Perini Barcellos

Dezembro/2009

Orientadores: Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Ricardo de Almeida Falbo

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

As exigências do mercado de software levam as organizações a necessitarem de processos de software maduros, capazes de atender às demandas de qualidade e produtividade. A aplicação do controle estatístico na análise de desempenho de processos utiliza dados coletados ao longo dos projetos para analisar o comportamento dos processos da organização, identificando as ações necessárias para a estabilização e melhoria desses processos. Um elemento considerado essencial para a realização bem sucedida do controle estatístico de processos é a adequação das medidas utilizadas. Esta tese apresenta uma estratégia proposta para auxiliar as organizações de software na obtenção e manutenção de bases de medidas adequadas ao controle estatístico de processos, bem como na realização de medições apropriadas a esse contexto. A estratégia é composta por uma Ontologia de Medição de Software, um Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas para o Controle Estatístico de Processos e um Conjunto de Recomendações para Medição 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.)

A STRATEGY FOR SOFTWARE MEASUREMENT AND SUITABILITY
MEASUREMENT REPOSITORY EVALUATION TO APPLY STATISTICAL
SOFTWARE PROCESS CONTROL IN HIGH MATURITY ORGANIZATIONS

Monalessa Perini Barcellos

December/2009

Advisors: Ana Regina Cavalcanti da Rocha

Ricardo de Almeida Falbo

Departament: Systems and Computing Engineering

The escalating demands on the software development require software organizations to adopt mature software processes that are capable of providing the required levels of quality and productivity. The implementation of statistical process control (SPC) in process performance analysis requires the use of data collected during the projects for analyzing the behavior of the organizational processes, and then identifying actions that are needed to the stabilization and improvement of those processes. An essential element for the SPC application is the suitability of the measures being used. This thesis presents a strategy proposed to support organizations to obtain and maintain measurement repository suitable for SPC, as well as to perform measurements appropriately in this context. The strategy is composed by a Software Measurement Ontology, an Instrument for Evaluating the Suitability of a Measurement Repository to SPC and a Body of Recommendations for Software Measurement.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Capítulo 1: Introdução..... | 1 |
| 1.1 Contexto | 1 |
| 1.2 Motivação | 3 |
| 1.3 Suposição da Tese | 5 |
| 1.4 Objetivo da Tese | 5 |
| 1.5 Organização da Tese..... | 6 |
| Capítulo 2: Medição de Software e Controle Estatístico de Processos | 9 |
| 2.1 Introdução | 9 |
| 2.2 Medição de Software | 10 |
| 2.2.1 Medição de Software nas Organizações | 11 |
| 2.2.2 Abordagens para Medição de Software | 12 |
| 2.2.3 Medição aplicada à Melhoria de Processos de Software | 18 |
| 2.3 Controle Estatístico de Processos | 19 |
| 2.3.1 Métodos Estatísticos | 23 |
| 2.4 Influência da Medição de Software no Controle Estatístico de Processos | 25 |
| 2.4.1 Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura | 28 |
| 2.5 Medição de Software e Controle Estatístico de Processos em Normas e Modelos de Melhoria de Processos de Software | 31 |
| 2.6 Considerações Finais..... | 32 |
| Capítulo 3: Ontologias..... | 33 |
| 3.1 Introdução | 33 |
| 3.2 Ontologias | 34 |
| 3.2.1 Tipos de Ontologias | 35 |
| 3.3 <i>The Unified Foundational Ontology - UFO</i> | 38 |
| 3.3.1 UFO-A: Uma Ontologia de Objetos..... | 38 |
| 3.3.2 UFO-B: Uma Ontologia de Eventos..... | 44 |
| 3.3.3 UFO-C: Uma Ontologia de Entidades Sociais..... | 45 |
| 3.4 Ontologias de Medição de Software | 49 |
| 3.5 Considerações Finais | 50 |
| Capítulo 4: Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade . | 52 |
| 4.1 Introdução..... | 52 |
| 4.2 Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade..... | 53 |
| 4.3 Ontologia de Medição de Software..... | 58 |

| | | |
|---|--|-----|
| 4.4 | Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos | 59 |
| 4.5 | Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos | 61 |
| 4.6 | Considerações Finais | 62 |
| Capítulo 5: Ontologia de Medição de Software | 64 | |
| 5.1 | Introdução..... | 64 |
| 5.2 | Extensão em UFO-A..... | 64 |
| 5.3 | Metodologia de Construção da Ontologia de Medição de Software..... | 67 |
| 5.4 | Ontologias Integradas à Ontologia de Medição de Software | 68 |
| 5.4.1 | Ontologia de Organização de Software..... | 68 |
| 5.4.2 | Ontologia de Processos de Software | 70 |
| 5.5 | A Ontologia de Medição de Software | 71 |
| 5.4.1 | Subontologia de Entidades Mensuráveis..... | 73 |
| 5.4.2 | Subontologia de Medidas de Software..... | 78 |
| 5.4.3 | Subontologia de Objetivos de Medição | 83 |
| 5.4.4 | Subontologia de Definição Operacional de Medidas | 85 |
| 5.4.5 | Subontologia de Medição de Software..... | 89 |
| 5.4.6 | Subontologia de Resultados da Medição | 91 |
| 5.4.7 | Subontologia de Comportamento de Processos | 95 |
| 5.6 | Considerações Finais | 100 |
| Capítulo 6: Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software | 101 | |
| 6.1 | Introdução | 101 |
| 6.2 | Desenvolvimento do IABM | 101 |
| 6.3 | Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos | 103 |
| 6.3.1 | <i>Checklists</i> e Descrição dos Requisitos do IABM | 105 |
| 6.3.2 | Avaliação do Atendimento aos Requisitos do IABM | 117 |
| 6.3.3 | Ações para Adequação aos Requisitos do IABM | 119 |
| 6.4 | Grau de Adequação de uma Base de Medidas ao Controle Estatístico de Processos.... | 120 |
| 6.4.1 | Lógica <i>Fuzzyy</i> e Conjuntos <i>Fuzzyy</i> | 121 |
| 6.4.2 | Utilização de <i>Fuzzyy</i> no IABM | 123 |
| 6.5 | Experiências de Aplicação do IABM..... | 127 |
| 6.6 | Considerações Finais | 136 |
| Capítulo 7: Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos..... | 137 | |
| 7.1 | Introdução | 137 |

| | |
|---|------------|
| 7.2 Visão Geral do Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos | 137 |
| 7.3 Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos | 140 |
| 7.4 Avaliação do Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos | 145 |
| 7.5 Considerações Finais | 149 |
| Capítulo 8: Conclusões e Perspectivas Futuras | 150 |
| 8.1 Conclusão..... | 150 |
| 8.2 Contribuições | 152 |
| 8.3 Perspectivas Futuras..... | 154 |
| Referências Bibliográficas..... | 157 |
| Anexo 1: Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura | 173 |
| A1.1 Processo de Apoio à Condução de Estudos Baseados em Revisão Sistemática da Literatura | 173 |
| A1. 2 Definição do Protocolo de Pesquisa..... | 174 |
| A1.2.1 Contexto do Estudo | 174 |
| A1.2.2 Objeto de Análise do Estudo..... | 175 |
| A1.2.3 Protocolo de Pesquisa..... | 175 |
| A) Objetivo | 175 |
| B) Questões de Pesquisa | 176 |
| C) Fontes | 176 |
| D) Seleção das Publicações..... | 176 |
| E) Armazenamento dos Dados das Publicações | 178 |
| F) Procedimentos para Extração e Análise dos Dados | 178 |
| G) Procedimento de Teste do Protocolo de Pesquisa..... | 180 |
| A1.3 Teste do Protocolo de Pesquisa | 181 |
| A1.4 Execução da Pesquisa | 185 |
| A1.5 Tabulação dos Dados do Estudo | 190 |
| A1.5.1 Teste do Protocolo de Pesquisa | 190 |
| a) Publicações | 190 |
| b) Obtenção das Listas de Achados..... | 194 |
| A1.5.2 Execução Integral do Estudo | 196 |
| a) Publicações | 196 |
| b) Obtenção das Listas de Achados..... | 214 |
| A1. 6 Atualização da Pesquisa | 217 |
| Anexo 2: Documentação da Ontologia de Medição de Software | 223 |
| A2.1 Introdução | 223 |
| A2.2 Notação Utilizada nos Diagramas UML..... | 223 |

| | |
|--|------------|
| A2.3 Ontologias Integradas à Ontologia de Medição de Software | 225 |
| A2.3.1 Ontologia de Organização de Software | 226 |
| A2.3.2 Ontologia de Processos de Software | 227 |
| A2.4 Ontologia de Medição de Software..... | 228 |
| A2.4.1 Subontologia de Entidades Mensuráveis | 230 |
| A2.4.2 Subontologia de Medidas de Software | 236 |
| A2.4.3 Subontologia de Objetivos de Medição | 247 |
| A2.4.4 Subontologia de Definição Operacional de Medidas | 252 |
| A2.4.5 Subontologia de Medição de Software | 264 |
| A2.4.6 Subontologia de Resultados da Medição..... | 273 |
| A2.4.7 Subontologia de Comportamento de Processos | 286 |
| Anexo 3: Reengenharia da Ontologia de Organização de Software..... | 301 |
| A3.1 Ontologia de Organização de Software..... | 301 |
| A3.2 Reengenharia da Ontologia de Organização de Software..... | 303 |
| Anexo 4: Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos | 313 |
| A4.1 Visão Geral | 313 |
| A4.2 <i>Checklists</i> e Descrição dos Requisitos do IABM..... | 315 |
| A4.2.1 Requisitos para Avaliação do Plano de Medição..... | 315 |
| A4.2.2 Requisitos para Avaliação da Estrutura da Base de Medidas | 316 |
| A4.2.3 Requisitos para Avaliação das Medidas de Software | 319 |
| A4.2.4 Requisitos para Avaliação dos Dados Coletados para as Medidas..... | 324 |
| A4.2.5 Avaliação do Atendimento aos Requisitos do IABM | 326 |
| A) Requisitos para Avaliação do Plano de Medição..... | 327 |
| B) Requisitos para Avaliação da Estrutura da Base de Medidas..... | 330 |
| C) Requisitos para Avaliação das Medidas de Software..... | 337 |
| D) Requisitos para Avaliação dos Dados Coletados para as Medidas..... | 343 |
| A4.2.6 Ações para Adequação aos Requisitos do IABM | 346 |
| A) Requisitos para Avaliação do Plano de Medição..... | 346 |
| B) Requisitos para Avaliação da Estrutura da Base de Medidas..... | 348 |
| C) Requisitos para Avaliação das Medidas de Software..... | 353 |
| D) Requisitos para Avaliação dos Dados coletados para as Medidas..... | 359 |
| A4.2.7 Adequação de uma Base de Medidas segundo o IABM..... | 360 |
| Anexo 5: Informações Adicionais sobre a Solução Fuzzy Adotada no IABM | 362 |
| A5.1 Justificativa para a Solução Fuzzy Adotada..... | 362 |
| Anexo 6: Exemplos de Resultados Registrados no Diagnóstico de Avaliação de Bases de Medidas utilizando o IABM..... | 365 |
| A6.1 Diagnóstico de Avaliação da Organização “A” | 365 |

| | |
|--|------------|
| A6.2 Diagnóstico de Avaliação da Organização “C” | 368 |
| A6.2.1 Item Avaliado: Plano de Medição | 368 |
| A6.2.2 Item Avaliado: Estrutura da Base de Medidas | 371 |
| A6.2.3 Item Avaliado: Medidas | 375 |
| Anexo 7: Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos..... | 382 |
| A7.1 Introdução | 382 |
| A7.2 Recomendações para a Preparação da Medição de Software..... | 384 |
| A7.3 Recomendações para o Planejamento da Medição de Software Alinhada aos Objetivos Organizacionais e do Projeto | 387 |
| A7.4 Recomendações para a Definição de Medidas de Software | 393 |
| A7.5 Recomendações para Execução da Medição de Software | 401 |
| A7.6 Recomendações para Análise das Medições de Software..... | 404 |
| A7.7 Exemplo de Definição de Medida de Software | 410 |
| Anexo 8: Mapeamento entre as Recomendações para Medição de Software, os Requisitos do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas e os Conceitos da Ontologia de Medição de Software | 414 |
| A8.1 Recomendações para Preparação para Medição de Software | 414 |
| A8.2 Recomendações para Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e do Projeto | 415 |
| A8.3 Recomendações para Definição de Medidas de Software | 416 |
| A8.4 Recomendações para Execução de Medições de Software | 417 |
| A8.5 Recomendações para Análise de Medições de Software..... | 418 |

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta as principais questões que motivaram a realização deste trabalho, o objetivo da pesquisa e a organização da Tese.

1.1 Contexto

A crescente exigência do mercado por produtos e serviços de software cada vez melhores tem aumentado o interesse das organizações pela melhoria de processos. Atualmente, há vários *frameworks* de apoio à definição e institucionalização de programas com esse objetivo nos quais a medição ocupa papel fundamental. Exemplos notáveis são o MR MPS – Modelo de Referência para Melhoria de Processo de Software Brasileiro (SOFTEX, 2009), o CMMI - *Capability Maturity Model Integration* (CHRISSIS et al., 2006), a ISO/IEC 15504 – *Information Technology – Process Assessment* (ISO/IEC, 2003) e a ISO/IEC 12207 – *Systems and Software Engineering – Software Life Cycle Process* (ISO/IEC, 2008). Alguns desses *frameworks* propõem a implementação da melhoria de processos em níveis, nos quais a maturidade e a capacidade dos processos evoluem gradativamente.

Nos níveis iniciais de um programa de melhoria de processos, organizações adotam a medição tradicional, que basicamente consiste na coleta de dados da execução dos projetos e comparação destes com os valores planejados. Apesar dessa ser uma abordagem adequada para a melhoria de processos nos níveis iniciais, ela não é suficiente para as organizações que buscam a alta maturidade em seus processos. Nessas organizações é necessário realizar o controle estatístico dos processos de software para conhecer seu comportamento, determinar o seu desempenho em execuções anteriores e a partir daí prever seu desempenho em projetos correntes e futuros, verificando se são capazes de atender aos objetivos estabelecidos e identificando ações corretivas e de melhoria quando apropriado.

O controle estatístico de processos utiliza dados coletados em projetos executados na organização para analisar o comportamento dos processos organizacionais instanciados nos projetos. O objetivo inicial é obter processos estáveis, isto é, processos cujo comportamento seja repetível e, consequentemente, previsível. Processos instáveis devem ter suas causas de instabilidade investigadas e devem ser identificadas e realizadas ações

corretivas para sua estabilização. Uma vez estáveis, ações que visam à melhoria da capacidade dos processos podem ser identificadas e realizadas, conduzindo à melhoria contínua dos processos exigida na alta maturidade.

Para que uma organização esteja apta a realizar o controle estatístico, seus processos de software devem ter alcançado um considerável nível de maturidade, ou seja, ela deve possuir um conjunto de processos padrão definido e implementado e deve utilizar práticas de Engenharia de Software em seus projetos, incluindo a definição e coleta de dados de medidas ao longo dos projetos e armazenamento destas em uma base organizacional de medidas (SARGUT e DEMIRORS, 2006)

Porém, simplesmente possuir uma base de medidas com dados coletados nos projetos não habilita uma organização à realização do controle estatístico de processos. Sobretudo é necessário que a base de medidas contenha dados e medidas válidos e úteis ao controle estatístico de processos. Entretanto, apesar da medição ser uma atividade básica e fundamental para a gerência e melhoria de processos, realizá-la adequadamente tem se mostrado uma dificuldade para grande parte das organizações (WANG e LI, 2005). Uma vez que a medição é um dos pilares que sustentam o controle estatístico de processos, as práticas necessárias às organizações de alta maturidade acabam não sendo possíveis para a maioria das organizações de software.

Para que medidas adequadas ao controle estatístico de processos sejam definidas e coletadas, um programa de medição bem planejado e cuidadosamente focado deve ser definido (KILPI, 2001; CURTIS *et al.*, 2008; WELLER e CARD, 2008). Porém, essa ainda é uma questão que requer atenção tanto da comunidade acadêmica como do meio empresarial, pois vários estudos têm mostrado que as organizações comumente definem programas de medição precários, que não produzem medidas que permitam a análise do desempenho e capacidade de seus processos (GOH *et al.*, 1998; FENTON e NEIL, 1999; NIESSINK e VLIET, 2001; GOPAL *et al.*, 2002; WANG e LI, 2005; KITCHENHAM *et al.*, 2006; SARGUT e DEMIRORS, 2006; CURTIS *et al.*, 2008; RACKZINSKI e CURTIS, 2008).

Este trabalho tem como foco o contexto de organizações de software que se encontram ou buscam a alta maturidade de seus processos, porém enfrentam dificuldades para implementar o controle estatístico de processos, base para a melhoria de processos na alta maturidade, devido a questões relacionadas à medição de software.

1.2 Motivação

O controle estatístico de processos foi originalmente desenvolvido na área de manufatura, visando apoiar a implementação de programas de melhoria contínua em linhas de produção (LANTZY, 1992). Apesar de sua utilização na melhoria de processos não ser novidade para a indústria em geral, no contexto das organizações de software o controle estatístico pode ser considerado algo relativamente recente, existindo ainda muitas dúvidas sobre sua aplicação (CARD, 2004 ; CAIVANO, 2005; KOMURO, 2006; GARCÍA *et al.*, 2007; BOFFOLI *et al.*, 2008; TARHAN e DEMIRORS, 2008; BALDASSARE *et al.*, 2009).

Entretanto, mesmo sua utilização sendo considerada recente, há relatos de experiências e estudos que retratam a aplicação do controle estatístico em processos de software, principalmente associado a programas de melhoria de processos visando alcançar os níveis mais elevados em modelos de maturidade (WELLER, 2000; KILPI, 2001; DE LUCIA *et al.*, 2003; ANTONIOL *et al.*, 2004; KOMURO, 2006). Estudos que propõem abordagens específicas e que incluem a utilização do controle estatístico de processos na área de software também têm sido conduzidos (JALOTE e SAXENA, 2002; CANGUSSU *et al.*, 2003; GARCÍA *et al.*, 2004; SARGUT e DEMIRORS, 2006; TARHAN e DEMIRORS, 2006; WANG *et al.*, 2006; WANG *et al.*, 2007; BOFFOLI *et al.*, 2008; LI *et al.*, 2008; TARHAN e DEMIRORS, 2008).

Analisando-se os relatos e estudos descritos na literatura, percebe-se que os cenários organizacionais reais não têm sido aderentes aos cenários considerados propícios à implantação e realização efetiva do controle estatístico de processos. As experiências com a realização do controle estatístico de processos nas organizações têm revelado aos pesquisadores e profissionais de empresas um cenário caracterizado por problemas e situações não favoráveis ou que impossibilitam a implantação e realização bem sucedida do controle estatístico de processos. Nesse contexto destaca-se a não adequação das medidas coletadas pelas organizações, o que retarda a realização do controle estatístico de processos, uma vez que primeiramente deve ser realizada a adequação das medidas para só então ser possível aplicar as técnicas do controle estatístico (WHEELER e POLING, 1998; KITCHENHAM *et al.*, 2006; TARHAN e DEMIRORS, 2006; BORIA, 2007; KITCHENHAM *et al.*, 2007; CURTIS *et al.*, 2008; GOU *et al.*, 2009).

No contexto da não adequação das medidas coletadas pelas organizações nos níveis iniciais de seus programas de melhoria de processos, BORIA (2007), analisando organizações que buscam alcançar os níveis de maturidade mais elevados do CMMI, onde a partir do nível 4 faz-se necessário realizar o controle estatístico de processos, afirma que

aquelas que, durante a realização das atividades requeridas no nível 3, simplesmente se preocupam em atender os requisitos das áreas de processo acabam criando uma base de medidas inútil ao pensamento estatístico exigido no nível 4. As argumentações do autor vão ao encontro das afirmações de KITCHENHAN *et al.* (2006) que, ao analisarem os problemas que interferem na realização do controle estatístico de processos, ressaltam que frequentemente as medidas coletadas nos projetos das organizações são inúteis ou insuficientes, resultantes de um programa de medição mal definido e erroneamente realizado. WELLER e CARD (2008) também abordam esse problema e reiteram que os dados coletados nos níveis iniciais de programas de melhoria, limitados ao atendimento dos requisitos dos modelos de maturidade, não são aplicáveis ao controle estatístico de processos.

Para que seja possível aplicar o controle estatístico de processos é preciso, primeiro, construir uma “fundação”, ou seja, os processos devem ser caracterizados por medidas corretas e dados válidos que possam ser utilizados para analisar o desempenho e a previsibilidade dos processos (WHEELER e POLING, 1998).

Nesse sentido, uma organização pode minimizar o esforço e o tempo despendidos na preparação para o controle estatístico de processos realizando, desde o início, um programa de medição bem definido, que oriente a alimentação da base de medidas organizacional com medidas e dados aplicáveis ao controle estatístico de processos. Porém, analisando-se os estudos e experiências registrados, esse não tem sido um fato comum (WANG e LI, 2005).

Segundo CARD (2004) uma das razões que leva as organizações a não realizarem medição de forma adequada e aplicável ao controle estatístico de processos é a inexistência de orientações sobre como deve ser realizada a medição em um programa de melhoria de processos de acordo com o nível de maturidade organizacional, incluindo-se aspectos relacionados à aplicação futura dos dados. Apesar de existirem normas e modelos que abordam a alta maturidade e determinam quais práticas são necessárias para caracterizá-la, eles não orientam – até mesmo porque não é esse seu objetivo – sobre o que deve ser realizado para implementar essas práticas, entre elas o controle estatístico de processos.

Observando-se que os aspectos e dificuldades aqui citados não são ainda dominados pelo estado da arte e da prática, decidiu-se pela realização deste trabalho, que trata medição de software no contexto do controle estatístico de processos.

1.3 Suposição da Tese

Considerando-se que, conforme apresentado nas seções anteriores:

- É difícil para as organizações de software implantarem os níveis mais altos de maturidade em seus processos, principalmente devido às dificuldades para implantação e realização do controle estatístico de processos;
- Os estudos e experiências relatados na literatura mostram que grande parte dessas dificuldades está relacionada à realização inadequada da medição; e
- Os modelos e normas existentes dizem o que esperam que seja feito, porém não fornecem um caminho sobre como fazer.

Supõe-se que:

A utilização de uma estratégia que oriente sobre como realizar medição de forma adequada e que apoie a avaliação e adequação de bases de medidas existentes considerando-se a aplicação das medidas no controle estatístico de processos auxilia as organizações na preparação e realização do controle estatístico de seus processos.

1.4 Objetivo da Tese

Alinhado à suposição definida, o objetivo geral desta tese de doutorado é *definir uma estratégia que auxilie as organizações que buscam a alta maturidade em seus processos de software na obtenção e manutenção de bases de medidas aplicáveis ao controle estatístico de processos, bem como na realização de medição adequada a esse contexto.*

Uma estratégia que visa apoiar a preparação e realização do controle estatístico de processos em organizações que buscam a alta maturidade deve considerar que organizações de software que desejam realizar controle estatístico de processos nesse contexto encontram-se em um dos seguintes cenários: *(i)* alcançaram os níveis iniciais de maturidade e possuem bases de medidas coletadas ao longo de projetos realizados; ou *(ii)* estão iniciando um programa de melhoria de processos e desejam desde o início definir uma base de medidas e realizar medições adequadas ao controle estatístico de processos, exigido nos níveis mais elevados de maturidade.

Em organizações que já possuem uma base de medidas coletadas, a abordagem deve ser fundamentalmente reativa, ou seja, devem ser providos mecanismos para avaliação e adequação das medidas já coletadas e armazenadas, identificando-se problemas e propondo-se soluções. Por outro lado, em organizações que estão iniciando um programa de melhoria de processos, a abordagem deve ter caráter pró-ativo, buscando guiar a realização de medições adequadas para a implementação futura do controle estatístico de processos.

Sendo assim, o objetivo geral desta tese decompõe-se nos seguintes objetivos específicos:

- (i) Definir um instrumento para avaliação da adequação de uma base de medidas ao controle estatístico de processos de software;
- (ii) Definir um conjunto de recomendações que auxilie as organizações na realização de medições adequadas ao controle estatístico de processos; e
- (iii) Definir uma ontologia para o domínio medição de software que explice a conceituação desse domínio, abordando aspectos da medição tradicional e em alta maturidade, de modo a apoiar a definição e utilização do instrumento de avaliação e do conjunto de recomendações.

1.5 Organização da Tese

Neste capítulo introdutório foram apresentadas as ideias gerais desta tese descrevendo-se seu contexto de aplicação, a motivação para seu desenvolvimento, sua suposição e seus objetivos. Além desta Introdução, o texto deste trabalho é composto por sete capítulos e oito anexos, assim organizados:

- **Capítulo 2 – Medição de Software e Controle Estatístico de Processos:** Descreve os principais conceitos relacionados à medição de software e controle estatístico de processos, temas centrais desta tese. Nesse capítulo são apresentados os resultados de um estudo baseado em revisão sistemática da literatura executado para identificar fatores relacionados à medição de software que influenciam na realização do controle estatístico de processos, o qual foi utilizado como fundamentação para a estratégia proposta neste trabalho.
- **Capítulo 3 – Ontologias:** Descreve os principais conceitos relacionados às ontologias, relevantes a este trabalho. Também descreve UFO (*Unified Foundational Ontology*), a ontologia de fundamentação utilizada como base para a

definição da Ontologia de Medição de Software, um dos componentes da estratégia proposta nesta tese.

- **Capítulo 4 – Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade:** Apresenta uma visão geral da estratégia definida nesta tese de doutorado, a qual inclui três componentes: uma Ontologia de Medição de Software, um Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software e um Conjunto de Recomendações para Medição de Software, detalhados nos capítulos subsequentes.
- **Capítulo 5 – Ontologia de Medição de Software:** Descreve o componente da estratégia responsável por definir e representar a conceituação do domínio medição de software relevante tanto à medição tradicional quanto em alta maturidade.
- **Capítulo 6 – Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software:** Descreve o componente da estratégia definido para apoiar a avaliação e adequação de bases de medidas existentes. Também são descritos os principais resultados obtidos com a aplicação do instrumento em ambientes organizacionais.
- **Capítulo 7 – Conjunto de Recomendações de Medição de Software:** Descreve o componente da estratégia responsável por fornecer orientações para a realização de medição adequada ao controle estatístico de processos. Nesse capítulo também é apresentado o método de avaliação utilizado para avaliar as recomendações definidas e os principais resultados da avaliação realizada.
- **Capítulo 8 – Conclusões e Perspectivas Futuras:** Descreve as conclusões e contribuições da tese, além de indicar possíveis trabalhos futuros para continuidade da pesquisa.
- **Anexo 1 – Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura:** Apresenta o estudo baseado em revisão sistemática da literatura realizado com o objetivo de identificar os fatores relacionados às medidas ou ao processo de medição que influenciam positiva ou negativamente na implantação e realização do controle estatístico de processos, os quais foram utilizados para apoiar a

definição da estratégia proposta, principalmente do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas descrito no Capítulo 6.

- **Anexo 2 – Documentação da Ontologia de Medição de Software:** Apresenta a documentação completa da Ontologia de Medição de Software, descrita no Capítulo 5, incluindo a notação adotada para representar os conceitos de UFO na Ontologia de Medição de Software.
- **Anexo 3 – Reengenharia da Ontologia de Organização de Software:** Apresenta a reengenharia realizada em um fragmento da Ontologia de Organização de Software definida em (VILLELA, 2004), necessária para sua integração à Ontologia de Medição de Software descrita no Capítulo 5.
- **Anexo 4 – Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software:** Apresenta a descrição completa do Instrumento de Avaliação de Bases de Medidas descrito no Capítulo 6.
- **Anexo 5 – Informações sobre a Solução *Fuzzy* Adotada no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software:** Apresenta o raciocínio utilizado para determinar a solução *fuzzy* adotada no contexto do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas descrito no Capítulo 6.
- **Anexo 6 – Exemplos de Resultados Registrados no Diagnóstico de Avaliação de Bases de Medidas utilizando o Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software:** Apresenta fragmentos de Diagnósticos de Avaliação, resultantes da avaliação de bases de medidas utilizando-se o instrumento de avaliação proposto na tese e descrito no Capítulo 6.
- **Anexo 7 – Conjunto de Recomendações para Medição de Software:** Apresenta na íntegra o Conjunto de Recomendações para Medição de Software descrito no Capítulo 7.
- **Anexo 8 – Mapeamento entre os Requisitos do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas, Conceitos da Ontologia de Medição de Software e Recomendações para Medição de Software:** Apresenta o mapeamento de cada recomendação de software definida aos requisitos identificados no Instrumento de Avaliação de Bases de Medidas e conceitos presentes na Ontologia de Medição de Software.

Capítulo 2

Medição de Software e Controle Estatístico de Processos

Neste capítulo são apresentados os principais referenciais teóricos que embasam este trabalho. São descritos os principais conceitos e abordagens relacionados à Medição de Software e ao Controle Estatístico de Processos.

Também são discutidos aspectos relacionados à Medição de Software que influenciam no Controle Estatístico de Processos.

2.1 Introdução

Os avanços tecnológicos e a alta competitividade do mercado estão continuamente aumentando a demanda por softwares cada vez melhores e que sejam produzidos em projetos aderentes aos custos e prazos planejados (BALDASSARE *et al.*, 2009). Mesmo diante de todos os avanços tecnológicos, realizar projetos aderentes aos seus planos ainda é um desafio para grande parte das organizações de software. Buscando aprimorar suas práticas de Engenharia de Software e, consequentemente, desenvolver produtos de melhor qualidade em projetos conduzidos de acordo com seus planos, as organizações têm mostrado um crescente interesse por programas de melhoria de processos, contexto no qual a medição de software tem papel fundamental (WEBER e LAYMAN, 2002; CANFORA *et al.*, 2004; DUMKE *et al.*, 2006).

A medição de software é considerada uma das atividades mais importantes para a gerência e melhoria de processos e produtos de software, uma vez que fornece subsídios para a elaboração de planos realistas para os projetos e possibilita o monitoramento da aderência da execução dos projetos em relação a seus planos (ISO/IEC, 2002). Isso é possível, pois as medidas, ao serem coletadas e armazenadas, podem ser analisadas através de métodos e fornecerem informações importantes para a tomada de decisão, envolvendo a identificação e realização de ações corretivas e preventivas que orientem os projetos e processos a alcançarem os objetivos para eles estabelecidos.

À medida que uma organização realiza um programa de melhoria de processos, a qualidade de seus processos tende a aumentar, elevando seu nível de maturidade e revelando a necessidade de identificar novos objetivos a serem alcançados. Dessa forma, assim como a melhoria de processos evolui, a medição também deve evoluir para que seja capaz de fornecer as informações necessárias à tomada de decisão de acordo com os

objetivos da organização. Na alta maturidade a evolução da medição é caracterizada pela aplicação do controle estatístico de processos na quantificação e análise estatística das características dos projetos, produtos e processos de software, a fim de que o desempenho dos processos que produzem os produtos possa ser previsto, controlado e guiado para alcançar os objetivos técnicos e de negócio estabelecidos (FLORAC e CARLETON, 1999).

Para abordar os aspectos teóricos referentes à medição de software e ao controle estatístico de processos relevantes a esta tese, este capítulo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A seção 2.2 discute a medição de software, que é responsável por fornecer a “matéria-prima” (os dados) para o controle estatístico de processos. São apresentados os principais aspectos da utilização da medição nas organizações, algumas abordagens definidas na literatura e a utilização da medição no contexto da melhoria de processos. A seção 2.3 aborda o controle estatístico de processos, incluindo uma breve descrição de seus métodos estatísticos. Na seção 2.4 é tratada a influência da medição na realização do controle estatístico de processos, sendo apresentados os principais resultados de um estudo baseado em revisão sistemática da literatura realizado nesse contexto. Na seção 2.5 é sucintamente descrita a aplicação da medição e do controle estatístico de processos no contexto dos principais *frameworks* de apoio à melhoria de processos de software. Na seção 2.6 são realizadas as considerações finais do capítulo.

2.2 Medição¹ de Software

Medição de software é uma avaliação quantitativa de qualquer aspecto dos processos e produtos da Engenharia de Software, que permite seu melhor entendimento e, com isso, auxilia o planejamento, controle e melhoria do que se produz e de como é produzido (BASS *et al.*, 1999). O elemento básico da medição, que propicia a análise quantitativa, são as medidas. Elas caracterizam, em termos quantitativos, alguma propriedade de um objeto da Engenharia de Software (BASILI e ROMBACH, 1994). O

¹ Neste trabalho, seguindo a terminologia utilizada pela maioria dos autores pesquisados, dentre eles FLORAC e CARLETON (1999) e McGARRY *et al.* (2002), bem como no MR MPS (SOFTEX, 2009), ao se utilizar o termo *medição*, assumir-se-á que estão sendo incluídas, além das atividades relacionadas à definição e coleta de medidas, as atividades relacionadas à análise dos valores coletados. Alguns modelos, como o CMMI (CHRISSIS *et al.*, 2006) por exemplo, utilizam o termo *medição* referindo-se às atividades relacionadas à definição e coleta de medidas e utilizam o termo *análise* para se referir às atividades relacionadas à análise propriamente dita dos valores coletados.

objetivo mais importante de sua aplicação é prover informação quantitativa para apoiar a tomada de decisões (FENTON e NEIL, 2000).

A medição de software começou a ser praticada na década de 70, inicialmente apenas para medir o número de linhas de código dos programas produzidos. Na década de 80, outras medidas – relacionadas às fases finais do desenvolvimento – começaram a ser utilizadas, porém os objetivos da realização da medição nas organizações não eram explícitos ou, se eram, não eram comprehensíveis aos seus membros, resultando em medições inúteis não alinhadas às necessidades das organizações ou dos projetos. Nos anos 90, impulsionados por algumas aplicações bem sucedidas, foram desenvolvidos modelos para o processo de medição baseados na melhoria de processos e nos princípios da qualidade total, fornecendo as diretrizes e a infraestrutura básicas para definir, coletar, validar e analisar medidas (BASS *et al.*, 1999; FENTON e NEIL, 1999).

Atualmente, a medição de software é um dos temas mais importantes na Engenharia de Software. Enquanto, no passado, muitas organizações de software não reconheciam a importância das atividades de medição e as tratavam apenas como “mais uma coisa a ser feita”, hoje ela é considerada uma prática básica da Engenharia de Software, sendo evidenciada por sua inclusão nos requisitos do nível 2 do CMMI (CHRISSIS *et al.*, 2006), através da área de processo Medição e Análise (WEBER e LAYMAN, 2002) e do nível F do MR MPS (SOFTTEX, 2009).

2.2.1 Medição de Software nas Organizações

Para que a medição de software seja eficientemente realizada em uma organização e dê o retorno necessário para ser percebida como prática fundamental à sobrevivência e ao crescimento organizacional, sua implementação deve ser orientada para apoiar a tomada de decisão nos âmbitos técnico e de negócios. Segundo McGARRY *et al.* (2002), esse é o principal diferencial entre as organizações que se beneficiam com os resultados de seu programa de medição e as organizações que simplesmente despendem tempo e esforço para acumular dados inúteis. Ainda segundo esses autores, a maioria das organizações de software bem sucedidas implementa a medição como parte de suas atividades, englobando os níveis técnico, gerencial e estratégico. Nessas organizações a medição provê a informação necessária às tomadas de decisão que impactam no desempenho técnico e de negócio, sendo essa informação disponibilizada para os tomadores de decisão em todos os níveis da organização, de acordo com seus objetivos (FENTON e NEIL, 2000; PUTNAM e MYERS, 2003; BRIMSON, 2004).

Um gerente de projetos pode, por exemplo, utilizar as informações providas pela medição para realizar uma comunicação mais eficiente, traçar os objetivos específicos dos projetos, identificar e corrigir problemas antecipadamente, tomar decisões chave e justificar tais decisões. Mas é importante ressaltar que, assim como qualquer outra ferramenta gerencial ou técnica, a medição não é capaz de garantir o alcance dos objetivos. Entretanto, ela é capaz de auxiliar os tomadores de decisão a terem uma abordagem pró-ativa às questões críticas inerentes aos projetos, o que contribui para que os objetivos sejam alcançados.

Além de apoiar fortemente a tomada de decisão, a medição auxilia e acelera o aprendizado organizacional, uma vez que a análise dos dados coletados nos projetos provê a fundação necessária para o aprendizado através de cada projeto e, consequentemente, para o aprendizado organizacional. Também auxilia a organização a perceber e entender as diferenças entre o seu desempenho e o desempenho exigido pelo mercado, permitindo que ela otimize seus processos técnicos e de negócio quando necessário. Isso é possível, pois as medidas coletadas nos projetos da organização podem ser combinadas e, através da utilização de diferentes técnicas, analisadas para satisfazer as diferentes necessidades de informação organizacionais (GOPAL *et al.*, 2002; BRIMSON, 2004).

As organizações podem, ainda, utilizar as informações providas pela medição para elaborar planos realistas para os projetos, comparar o desempenho dos projetos correntes com seus planos, orientar os investimentos e decisões de melhoria de processos e auxiliar a prever se os projetos em andamento irão alcançar os objetivos inicialmente estabelecidos (NIESSINK e VLIET, 2001). Segundo McGARRY *et al.* (2002), essas são ações comuns em organizações de software maduras, onde há utilização da medição em todo o ciclo de vida do software e as informações obtidas são consideradas e utilizadas como recurso estratégico na condução desse ciclo.

Somente quando as informações obtidas na análise dos dados coletados são utilizadas para direcionar as ações necessárias às organizações e seus projetos é que o objetivo fundamental da medição é alcançado e percebido pelas organizações, fator que contribui para a real institucionalização de um programa de medição eficiente.

2.2.2 Abordagens para Medição de Software

Existem na literatura algumas abordagens que tratam a medição de software. Algumas propõem processos para a realização da medição, outras definem modelos de

informação que estabelecem a estrutura de informação considerada pela medição e outras incluem propostas tanto para o processo de medição quanto para o modelo de informação.

O processo de medição pode ser definido como um conjunto de passos que deve orientar a realização da medição em uma organização. Um processo de medição eficiente é fator crítico ao sucesso da medição na organização, pois é ele que direciona as atividades a serem realizadas para que com os resultados da análise dos dados coletados seja possível a identificação de tendências e antecipação aos problemas, a fim de prover melhor controle dos custos, redução dos riscos, melhoria da qualidade e, consequentemente, alcance dos objetivos técnicos e de negócio (WANG e LI, 2005).

Apesar das propostas existentes possuírem diferenças entre si, percebe-se que, no âmbito do processo de medição, as definições propostas consistem basicamente de quatro etapas: *(i)* definição das medidas; *(ii)* coleta das medidas; *(iii)* análise das medidas coletadas; e, *(iv)* utilização dos resultados da análise em ações.

A seguir são apresentadas as principais abordagens de medição de software.

- **ISO/IEC 15939 (E) Software Engineering – Software Measurement Process**

A norma ISO/IEC 15939 (ISO/IEC, 2007) define uma das abordagens mais conhecidas para o processo de medição. Segundo essa norma, um processo de medição é descrito como um modelo que identifica as atividades do processo de medição que são requeridas para especificar que informações de medição são necessárias, como as medidas serão realizadas, como seus resultados serão analisados e como avaliar se os resultados são válidos. O processo de medição definido na ISO/IEC 15939 consiste de quatro atividades que são sequenciadas em um ciclo iterativo, permitindo *feedback* e melhoria contínua do processo. Ele é uma adaptação do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) (DEMING, 1986), comumente utilizado como base para a melhoria da qualidade. Suas atividades são: *(i)* estabelecer e manter comprometimento com a medição; *(ii)* planejar o processo de medição; *(iii)* executar o processo de medição; e, *(iv)* avaliar a medição.

O processo de medição proposto pela ISO/IEC 15939 é orientado às necessidades de informação da organização. Para cada necessidade de informação, o processo gera um produto de informação, a fim de satisfazer a necessidade de informação identificada. Para isso, o processo considera um Modelo de Informação de Medição, que estabelece a ligação entre as medidas definidas e as necessidades de informação identificadas. A Figura 2.1 apresenta o Modelo de Informação de Medição definido na ISO/IEC 15939.

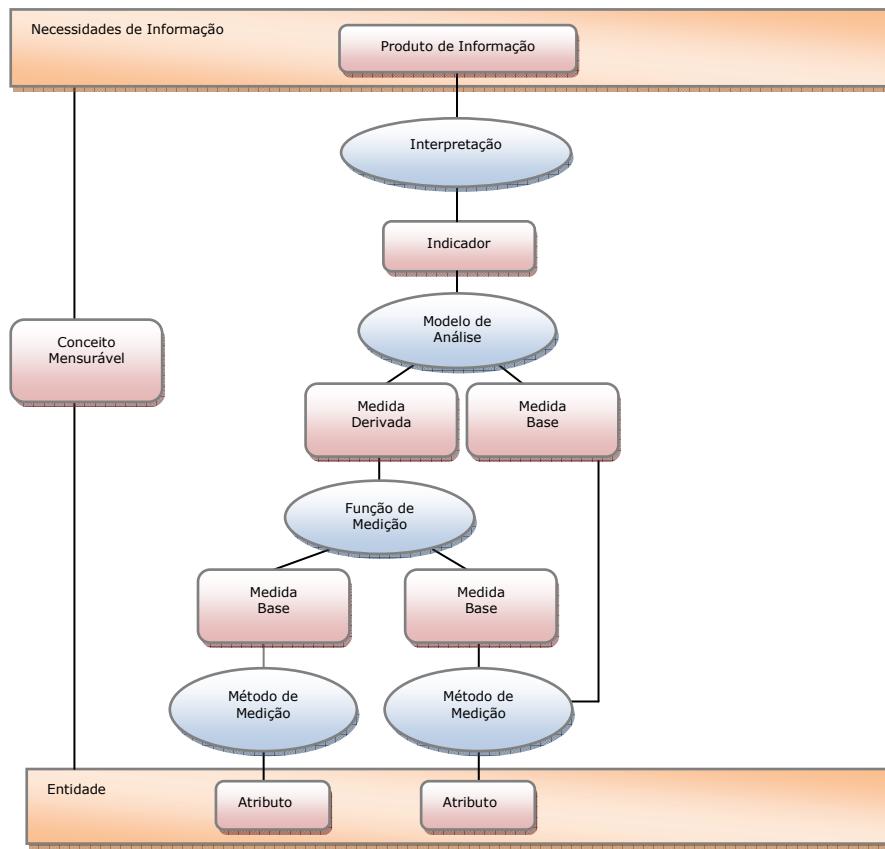


Figura 2.1 - Modelo de Informação de Medição da ISO/IEC 15939 (ISO/IEC, 2007).

De acordo com o Modelo de Informação de Medição, as necessidades de informação são atendidas por conceitos mensuráveis definidos em relação às entidades que podem ser medidas. Essas entidades possuem atributos aos quais são aplicados métodos de medição para obter medidas base que são associadas através de funções de medição para compor medidas derivadas². Medidas são analisadas por modelos de análise e fornecem indicadores cuja interpretação representa produtos de informação que atendem as necessidades de informação inicialmente identificadas.

- **IEEE Std 1061-1998 – IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology**

O IEEE Std 1061-1998 (IEEE, 1998) provê um *framework* para medidas de qualidade de software e um processo de medição de qualidade de software para estabelecer requisitos de qualidade e identificar, implementar, analisar e validar medidas de qualidade de processo e de produto.

² Medidas base são funcionalmente independentes de outras medidas, enquanto que medidas derivadas são definidas como função de duas ou mais medidas (ISO/IEC, 2002).

Na Figura 2.2 é apresentado o *framework* para medidas de qualidade de software definido no IEEE Std 1061-1998 (IEEE, 1998).

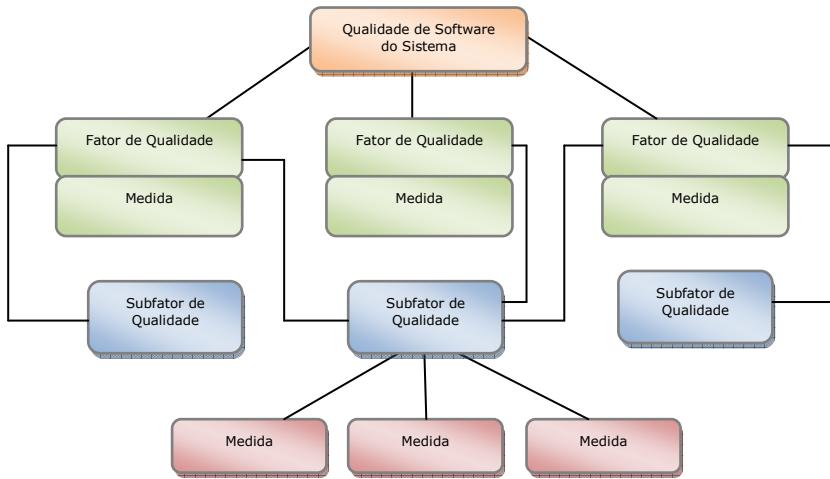


Figura 2.2 - *Framework* para medidas de qualidade de software do IEEE Std 1061-1998 (IEEE, 1998).

No primeiro nível são estabelecidos os requisitos de qualidade do sistema (representado na Figura 2.2 pelo item Qualidade de Software do Sistema) através da identificação de atributos de qualidade (por exemplo, confiabilidade). Fatores de qualidade são, então, definidos para representar a visão dos atributos de qualidade segundo a gerência e o usuário. Para cada fator de qualidade é identificada uma medida para representá-lo quantitativamente. Por exemplo: o atributo de qualidade confiabilidade pode ser representado pelo fator de qualidade tolerância a falhas, quantificado pela medida tempo médio entre falhas. Se necessário, os fatores podem ser decompostos em subfatores que por sua vez são, também, quantificados por medidas.

Baseando-se no *framework* definido, IEEE Std 1061-1998 propõe um processo de medição composto por cinco atividades: *(i)* estabelecer os requisitos da qualidade de software; *(ii)* identificar as medidas de qualidade de software; *(iii)* implementar as medidas; *(iv)* analisar os resultados das medidas; e *(v)* validar as medidas.

• Practical Software Measurement – PSM

PSM (McGARRY *et al.*, 2002) é uma abordagem para medição de software orientada às necessidades de informação organizacionais aderente à ISO/IEC 15939 e, como ela, possui dois componentes: um Modelo de Informação de Medição e um Processo de Medição.

O Modelo de Informação de Medição, assim como na ISO/IEC 15939, tem como objetivo estabelecer a ligação entre as medidas definidas e as necessidades de informação identificadas. Para isso, como mostra a Figura 2.3, o modelo de informação representa a evolução de uma necessidade de informação até o Plano de Medição.



Figura 2.3 - Modelo de Informação de Medição definido no PSM (McGARRY *et al.*, 2002).

A partir das necessidades de informação, conceitos mensuráveis, que indicam o que deve ser medido para atendê-las, devem ser identificados e modelados em um construtor de medição para estabelecer exatamente que medidas de que atributos são necessárias. A partir daí, o mecanismo de coleta e organização dos dados de uma ou várias instâncias do construtor de medição deve ser definido. O Plano de Medição é o resultado formal que agrupa todos os itens anteriores.

Sendo aderente à ISO/IEC 15939, a relação entre necessidades de informação e conceito mensurável do Modelo de Informação do PSM equivale à relação entre esses itens presente no Modelo de Informação de Medição da ISO/IEC 15939 (representado no lado esquerdo da Figura 2.1). O construtor de medição, por sua vez, inclui os demais itens presentes no Modelo de Informação da ISO/IEC 15939 (demais itens representados na Figura 2.1).

Considerando o modelo de informação definido, McGARRY *et al.* (2002) propõem um processo de medição composto por quatro fases: *(i)* planejamento; *(ii)* execução; *(iii)* avaliação; e *(iv)* comprometimento.

Observando-se as primeiras etapas dos processos de medição propostos nas abordagens apresentadas, nota-se que elas são responsáveis pela identificação e definição das medidas, bem como pela associação destas aos objetivos organizacionais. Essas etapas são de grande importância para a medição, pois são elas que definem que informações serão fornecidas para apoiar as tomadas de decisão.

Essa tarefa pode parecer simples, mas não é, principalmente em organizações de software (PARK *et al.*, 1996). Para que as atividades de medição estejam alinhadas aos objetivos de negócio, é preciso identificar os fatores críticos que são capazes de determinar

se os objetivos de negócio serão ou não alcançados (BASILI e GREEN, 1994). Pensando nessa questão, alguns autores propuseram abordagens que apoiam a identificação e seleção de medidas adequadas à avaliação do alcance dos objetivos organizacionais. Uma das abordagens mais conhecidas é o *Goal Question Metric - GQM* (BASILI *et al.*, 1994) que considera que, para cada objetivo estabelecido, é possível determinar questões cujas respostas estão associadas a medidas.

Baseando-se nos princípios do *GQM*, FLORAC e CARLETON (1999) classificaram os objetivos em três tipos (projeto, processo e produto) e produziram uma relação entre objetivos, questões e atributos mensuráveis para apoiar os gerentes de software em suas decisões.

SCHNEIDEWIND (2002), por sua vez, propõe uma abordagem orientada ao ciclo de vida, que utiliza o próprio ciclo de desenvolvimento do software como guia para identificar as medidas capazes de atender aos objetivos estabelecidos.

Após serem definidas, as medidas devem ser coletadas e analisadas. O objetivo de analisar os dados das medidas é tornar qualquer padrão, tendência ou relacionamento mais visível, a fim de que estes possam auxiliar nos julgamentos necessários às tomadas de decisão (FENTON e PFLEEGER, 1997). Durante a análise, medidas que fornecem informações sobre o alcance dos objetivos são transformadas em indicadores. Os indicadores são medidas base ou medidas derivadas que, associadas a critérios de avaliação ou decisão pré-definidos, são capazes de fornecer informações que descrevem o alcance dos objetivos estabelecidos. São inicialmente definidos no Plano de Medição, mas à medida que novas necessidades são identificadas novos indicadores devem ser definidos.

Em relação à análise dos dados coletados para as medidas, é importante observar que ao longo da execução de um processo de medição o foco da análise muda de acordo com a fase do ciclo de vida dos projetos nos quais a medição é aplicada. Nesse contexto McGARRY *et al.* (2002) distinguem três tipos de análise: (*i*) *análise de estimativas*, utilizada principalmente no início do projeto, para apoiar o planejamento ou replanejamentos; (*ii*) *análise de viabilidade*, utilizada quando o Plano do Projeto está próximo de ser concluído, para determinar se os planos e metas nele estabelecidos são realísticos e alcançáveis; e (*iii*) *análise de desempenho*, utilizada durante a execução do projeto para determinar se ele está indo ao encontro dos planos e metas definidos.

2.2.3 Medição aplicada à Melhoria de Processos de Software

Conforme já destacado neste trabalho, a medição de software é uma das atividades mais importantes para a melhoria de processos. Melhoria de processos de software é uma abordagem para definição, organização e implementação de processos de software que sejam eficientes para uma organização (KILPI, 2001).

Implantar melhoria de processos em uma organização baseia-se fundamentalmente na identificação e realização das mudanças que levam à melhoria dos processos. Inicialmente a medição é utilizada para identificar as necessidades de mudanças. Posteriormente, quando as mudanças são realizadas, a medição é utilizada para avaliar os resultados das alterações. Em outras palavras, a melhoria de processos é um ciclo contínuo e a medição é um de seus principais pilares.

Utilizar a medição em um contexto de alta maturidade na melhoria de processos de software requer que novos conceitos e práticas sejam adicionados aos programas de medição tradicionais, uma vez que a melhoria de processos em alta maturidade requer conhecimento consistente do comportamento dos processos em suas execuções nos projetos da organização.

Conhecer e controlar o comportamento dos processos é de suma importância para as organizações de software, pois os processos que elas utilizam para produzir seus produtos e serviços têm papel crítico na execução dos planos e estratégias que buscam alcançar os objetivos organizacionais. Organizações que são capazes de controlar seus processos são capazes de prever a qualidade de seus produtos e serviços, custos, cronogramas e melhorar a eficiência, eficácia e rentabilidade de suas operações técnicas e de negócios (BRIMSON, 2004).

O conhecimento e o controle do comportamento dos processos têm início na realização das atividades de medição. Considerando as medidas coletadas, a aplicação de métodos e técnicas apropriados é capaz de fornecer as informações necessárias para orientar o alcance dos objetivos técnicos e de negócio, uma vez que identifica problemas, tendências e dá embasamento às tomadas de decisão, principalmente àquelas que dizem respeito à melhoria de desempenho dos processos.

O controle estatístico de processos, descrito na próxima seção, encontra seu domínio de aplicação na melhoria de processos de software justamente nesse contexto: propiciando o conhecimento do comportamento dos processos e direcionando as ações corretivas e de melhoria necessárias.

2.3 Controle Estatístico de Processos

O controle estatístico de processos foi originalmente desenvolvido para implementar um processo de melhoria contínua em linhas de produção na área de manufatura, envolvendo o uso de ferramentas estatísticas e técnicas de resolução de problemas com o objetivo de detectar padrões de variação no processo de produção para garantir que os padrões de qualidade estabelecidos para os produtos fossem alcançados (WHEELER e CHAMBERS, 1992; WHEELER e PFADT, 1995). É utilizado para determinar se um processo está *sob controle*, sob o ponto de vista estatístico (LANTZY, 1992).

O sucesso da aplicação do controle estatístico de processos na manufatura levou à sua aplicação em outras áreas, como química (ALBAZAZZ e WANG, 2004), eletrônica (TONG *et al.*, 2004), alimentação (GRIGG e WALLS, 1999), negócios (BRIMSON, 2004), saúde (FASTING e GISVOLD, 2003) e desenvolvimento de software (LANTZY, 1992), dentre outras.

A principal diferença entre o controle estatístico de processos e a estatística clássica é que esta tipicamente utiliza métodos baseados em dados estáticos no tempo, ou seja, os testes estatísticos consideram um agrupamento de dados ignorando sua ordem temporal. Na maioria das vezes, independentemente da ordem em que esses dados forem analisados, o resultado da análise é o mesmo. Esses testes são relevantes especialmente quando se deseja comparar quão similares ou diferentes são dois grupos de dados, porém não são capazes de, sozinhos, revelarem se houve melhoria ou não. Em contrapartida, o controle estatístico de processos combina o rigor da estatística clássica à sensibilidade temporal da melhoria pragmática, onde a ordem temporal dos dados é fator relevante para sua representação e análise. Assim, através da associação de testes estatísticos com análises cronológicas, o controle estatístico de processos habilita a detecção de mudanças e tendências no comportamento dos processos (BENNEYAN *et al.*, 2003).

Considerando o comportamento dos processos, dois conceitos são importantes: *estabilidade* e *capacidade*. Um processo é considerado *estável* se o mesmo é repetível. A estabilidade permite prever o desempenho do processo em execuções futuras e com isso apoia a elaboração de planos que sejam alcançáveis. Por outro lado, um processo é *capaz* se ele, além de ser estável, alcança os objetivos e metas da organização e do cliente (WHEELER e POLING, 1998; FLORAC e CARLETON, 1999).

Em relação à estabilidade, é importante destacar que é intrínseco aos processos apresentar variações em seu comportamento. Sendo assim, um processo *estável* não é um

processo que não apresenta variações, mas sim um processo que apresenta variações aceitáveis, que ocorrem dentro de limites previsíveis, que caracterizam a repetitividade de seu comportamento.

As variações aceitáveis são provocadas pelas chamadas *causas comuns* (SHEWART, 1980). Elas provocam desvios dentro de um limite previsto para o comportamento do processo. São variações que pertencem ao processo, ou seja, é o resultado de interações normais dos componentes do processo: pessoas, equipamentos, ambientes e métodos. Considerando processos de software, um exemplo de causa comum pode ser a diferença de produtividade entre os membros de uma equipe relativamente homogênea. Cada membro executa um certo processo com uma determinada produtividade, sendo assim, as variações causadas no comportamento desse processo, por essa diferença de produtividade entre seus executores, são previsíveis.

Por outro lado, as chamadas *causas especiais* (SHEWART, 1980) provocam desvios que excedem os limites de variação aceitável para o comportamento do processo, revelando um processo instável. As causas especiais são eventos que não fazem parte do curso normal do processo e provocam mudança no padrão de variação esperado. Elas são também chamadas de *assinaláveis*, pois podem ser identificadas, analisadas e utilizadas como diretrizes para prevenção de ocorrências futuras. Considerando processos de software, a inclusão de um membro inexperiente na equipe pode alterar o comportamento do processo além do esperado, caracterizando uma causa especial. Dificuldades na utilização de um novo aplicativo de apoio à execução do processo também podem levar a variações não previstas, sendo outro exemplo de causa especial.

A estabilização de um processo depende da eliminação de suas causas especiais, ou seja, das causas das variações não aceitáveis para o comportamento do processo. A remoção das causas especiais busca estabilizar a variabilidade do processo e prover melhoria ao seu desempenho.

Quando todas as variações no comportamento de um processo são aceitáveis, isto é, quando não há causas especiais, o processo é dito estar *sob controle estatístico*. Um processo sob controle estatístico é um processo estável (FLORAC e CARLETON, 1999).

A partir do momento que um processo torna-se estável, uma *baseline* que caracteriza o comportamento atual do processo pode ser definida (WHEELER e CHAMBERS, 1992). Esse comportamento descreve o desempenho com o qual as próximas execuções do processo serão comparadas.

O comportamento de um processo é descrito por medidas de produto e de processo. Por exemplo, o comportamento do processo de *Inspeção* pode ser descrito através da medida *densidade de defeitos*, definida pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado. Para cada processo, os limites de variação são calculados aplicando-se métodos estatísticos (por exemplo, gráficos de controle) aos dados coletados para as medidas que o descrevem. Esses dados são coletados durante a execução do processo nos projetos da organização. A aplicação dos métodos estatísticos adequados determinará, a partir desses dados, os valores dos limites de variação esperados. Em um processo estável, todos os valores considerados na análise do comportamento estarão dentro desses limites de variação que são uma *baseline* do desempenho do processo.

Considerando o processo de *Inspeção* citado anteriormente, suponha que tenha sido aplicado um método estatístico apropriado aos dados coletados para a medida *densidade de defeitos*, que foram obtidos os limites de variação 7 e 12 e que todos os valores analisados encontraram-se dentro desses limites. Isso quer dizer que os valores 7 e 12 compõem a *baseline* de desempenho do processo de *Inspeção* considerando a medida *densidade de defeitos* e que esse é o comportamento esperado para o processo quando executado nos projetos da organização. Ao ser executado nos projetos, caso o processo apresente comportamento diferente do estabelecido pelos limites 7 e 12, deve ser feita uma investigação, pois alguma causa especial provocou esse comportamento.

É importante reforçar que a *baseline* só pode ser estabelecida para processos estáveis. Logo, ainda considerando o exemplo citado para o processo de *Inspeção*, caso a aplicação dos métodos estatísticos tivesse revelado dados fora dos limites, as causas desses pontos deveriam ser tratadas e o comportamento do processo deveria ser novamente analisado. Essas ações devem se repetir até que todos os dados considerados na análise estejam dentro dos limites estabelecidos, ou seja, até que o processo seja estabilizado. Nesse momento é determinada a *baseline* que descreve o desempenho previsto para o processo nos projetos da organização. Essa *baseline* caracteriza o comportamento atual do processo, com o qual suas próximas execuções serão comparadas.

Uma vez estabilizado, a capacidade do processo deve ser analisada. A capacidade descreve os limites de resultados que se espera que o processo alcance para atingir os objetivos estabelecidos (CHRISSIS *et al.*, 2006). Caso o processo não seja capaz, ele deve ser alterado por meio da realização de ações de melhoria que busquem o alcance da capacidade desejada. Melhorar a capacidade de um processo significa diminuir os limites de

variação que são considerados aceitáveis para seu comportamento, ou seja, consiste em tratar as causas comuns.

O processo de *Inspeção* do exemplo citado apresentou-se estável e com *baseline* definida pelos limites 7 e 12 para a medida *densidade de defeitos*. Suponha, agora, que o objetivo estabelecido para esse processo tenha sido apresentar uma *densidade de defeitos* entre 8 e 10. Nesse caso, apesar de estável, o processo de *Inspeção* não é capaz de atender ao objetivo para ele estabelecido. Para torná-lo capaz, são necessárias ações incidentes sobre as causas comuns (pessoas, equipamentos, ambiente), a fim de diminuir a variação esperada para o comportamento do processo.

A capacidade do processo é conhecida como *voz do processo*. Por outro lado, a capacidade desejada para o processo, estabelecida levando-se em consideração os objetivos da organização e do cliente, é chamada de *voz do cliente* (WHEELER e POLING, 1998). Obviamente é desejável que a voz do processo atenda a voz do cliente. Porém, isso nem sempre é possível. É preciso considerar que, algumas vezes, a capacidade desejada para o processo não é possível de ser obtida. Nesse caso, os objetivos estabelecidos devem ser revistos, pois não são realistas. Ou seja, algumas vezes é preciso rever a voz do cliente, considerando a voz do processo.

Quando um processo torna-se capaz, um novo ciclo de melhoria pode (e normalmente deve) ser iniciado, estabelecendo-se novos objetivos para que o processo possa ser melhorado continuamente.

Muitas organizações conhecidas pela excelência de seus programas de qualidade estabelecem limites de variação bastante “estreitos” para os processos e, uma vez que estes são alcançados, a organização obtém processos estáveis, capazes e com um grau de variabilidade consideravelmente baixo (BARCELLOS, 2009a).

Quanto menor a variação dos processos, menores são as chances de desvios entre os valores planejados e realizados nos projetos, ou seja, maior é a aderência dos projetos aos cronogramas, orçamentos e demais planos estabelecidos. Consequentemente, melhor será a gerência dos projetos e processos.

Assim, considerando-se os conceitos relacionados ao comportamento de processo (capacidade e estabilidade), no controle estatístico de processos a análise do comportamento de um processo pode levar a três direções: *(i)* remover/tratar as causas especiais para tornar o processo estável; *(ii)* mudar o processo, quando este é estável, mas não capaz, para que o mesmo torne-se capaz de atender os objetivos do cliente e da organização; e, *(iii)* melhorar continuamente o processo, quando este é estável e capaz.

Os princípios do controle estatístico de processos são encontrados em outras abordagens da indústria. O *Six Sigma*, por exemplo, que teve sua origem na área de manufatura, é uma abordagem para melhoria de processos baseada na medição do desempenho dos processos. Ele foca a melhoria da satisfação do cliente através da prevenção e eliminação de defeitos e, consequentemente, melhoria dos processos organizacionais. É composto por um conjunto de ferramentas que envolvem a medição do desempenho dos processos e *frameworks* para melhoria. Seus *frameworks* mais conhecidos são o DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) e o DFSS (*Design for Six Sigma*), sendo o DMAIC utilizado para melhorar processos e produtos existentes e o DFSS utilizado para projetar novos produtos e processos (SIVIY *et al.*, 2005).

2.3.1 Métodos Estatísticos

Existe uma variedade considerável de métodos estatísticos que podem ser utilizados como ferramentas analíticas para representar e analisar os dados das medições.

Exemplos de métodos estatísticos são os gráficos de barras, histogramas, gráficos de tendências e gráficos de controle, dentre outros. Os gráficos de controle, muito utilizados no controle estatístico de processos, são capazes de medir a variação dos processos e avaliar sua estabilidade. Associam métodos de controle estatístico e representação gráfica para quantificar o comportamento de processos auxiliando a detectar os *sinais* de variação no comportamento dos processos e a diferenciá-los dos *ruídos*. Os ruídos dizem respeito às variações que são aceitáveis e são intrínsecas aos processos (causas comuns). Já os sinais indicam variações que precisam ser analisadas em busca de uma melhoria dos processos (causas especiais) (FLORAC e CARLETON, 1999).

Existem diversos tipos de gráficos de controle e cada um deles é melhor aplicável a determinadas situações. A maneira como os dados serão plotados, se serão agrupados e como os limites de controle serão calculados são definidos pelo tipo de gráfico de controle que será utilizado. Cada tipo possui um conjunto de métodos quantitativos ou estatísticos associados. A representação gráfica facilita a observação de valores fora dos limites esperados, ou seja, a presença de causas especiais. Porém, as causas especiais nem sempre aparecem fora dos limites, por isso, existem métodos de análise estatística que orientam sobre como identificar pontos que merecem atenção nos gráficos de controle, mesmo quando não estão fora dos limites permitidos à variação.

O *layout* básico de um gráfico de controle é ilustrado na Figura 2.4. Tanto a linha central quanto os limites superior e inferior representam estimativas que são calculadas a

partir de um conjunto de dados coletados para a medida³. Os limites superior e inferior ficam a uma distância de três desvios padrão em relação à linha central. A linha central e os limites não podem ser arbitrários, uma vez que são eles que refletem o comportamento do processo. Seus valores são obtidos aplicando-se as expressões e constantes definidas pelo tipo de gráfico de controle a ser utilizado (WHEELER e CHAMBERS, 1992).

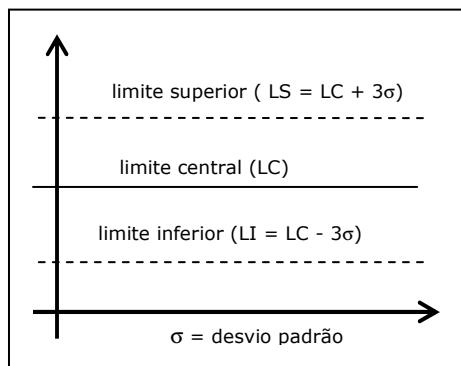


Figura 2.4 – Layout básico de um gráfico de controle.

A Figura 2.5 ilustra um exemplo de aplicação de um gráfico de controle para representar as medidas coletadas em um processo estável, ou seja, onde não há causas especiais. O gráfico representa a média diária de horas dedicadas a atividades de suporte por semana em uma determinada organização.

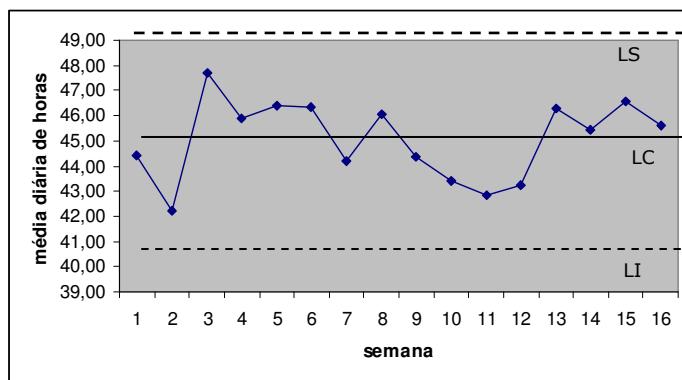


Figura 2.5 – Processo estável.

Na Figura 2.6 é apresentado um gráfico que ilustra um processo cujo comportamento extrapolou os limites de variação aceitáveis, sendo identificados pontos cujas causas de variação (causas especiais) devem ser investigadas. O gráfico representa o número de problemas relatados pelos clientes diariamente à área de suporte de uma organização que não foram resolvidos (PNR).

³ Tradicionalmente, no controle estatístico de processos os limites de controle são calculados baseando-se em dados históricos do processo. Porém, também é possível calcular os limites de controle tomando-se como referência os resultados esperados para o desempenho do processo (RAFFO *et al.*, 2002; RAFFO, 2005).

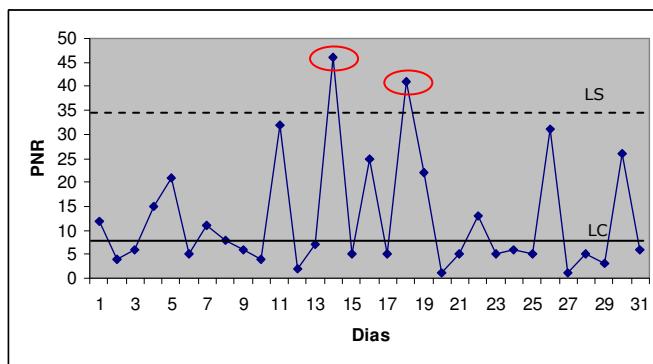


Figura 2.6 – Processo com causas especiais explícitas.

Na Figura 2.6 os pontos que caracterizam a instabilidade do processo estão bastante explícitos acima do limite superior de variação permitido. Porém, conforme mencionado anteriormente, os pontos de instabilidade, ou seja, aqueles gerados por causas especiais, nem sempre aparecem fora dos limites, existindo outros sinais que revelam a instabilidade de um processo, detectáveis por testes específicos, como os quatro testes de WHEELER e CHAMBERS (1992).

Exemplos de gráficos de controle são: *X-bar R*, *X-bar S*, *XmR*, *XMmR*, *mXmR*, *mAmR*, *C-chart*, *U-chart* e *Z-chart* (WHEELER e POLING, 1998; FLORAC e CARLETON, 1999; WELLER, 2000). As principais características desses tipos de gráficos de controle e exemplos de situações onde se aplicam podem ser encontrados em (BARCELLOS, 2009b).

2.4 Influência da Medição de Software no Controle Estatístico de Processos

Apesar do crescente número de estudos publicados relacionados à aplicação do controle estatístico em processos de software, há poucos registros que forneçam orientações práticas satisfatórias para sua implementação, visto que uma parte considerável dos estudos registrados foca evidenciar a possibilidade e vantagens da aplicação do controle estatístico a processos de software ou propor abordagens utilizadas em processos de software baseadas nos princípios do controle estatístico. Assim, dada a ausência de um conjunto formal, consolidado e detalhado de diretrizes para a realização do controle estatístico de processos de software, as organizações que realizam sua implementação têm encontrado dificuldades.

Dentre as dificuldades que as organizações de software enfrentam para realizar o controle estatístico de processos, a não adequação de suas bases de medidas à aplicação das

técnicas estatísticas tem sido destacada (KITCHENHAM *et al.*, 2006; BORIA, 2007; WELLER e CARD, 2008). A identificação, seleção, coleta e armazenamento de medidas adequadas têm papel fundamental para iniciar a implementação do controle estatístico de processos de software e para sustentar sua realização (TARHAN e DEMIRORS, 2006).

Em organizações de alta maturidade a aplicação do controle estatístico de processos sucede um programa de medição que foi executado e alimentou uma base organizacional de medidas, sendo desejável que as medidas presentes nessa base sejam aplicáveis ao controle estatístico de processos. Porém, considerando os estudos e experiências registrados, esse não tem sido um fato comum. A seguir são apresentados alguns registros de problemas na aplicação do controle estatístico devidos à realização inadequada da medição.

- LANTZY (1992) afirma que medidas coletadas em medições não repetíveis, de alta granularidade e que não descrevem o desempenho dos processos são comuns nas bases de medidas das organizações e não são úteis ao controle estatístico.
- WHEELER e POLING (1998) destacam os problemas relacionados à falta de qualidade dos dados armazenados nas bases de medidas. Os autores afirmam que, além da necessidade de definição de medidas úteis, é preciso coletar e armazenar dados corretos, pois no controle estatístico de processos todas as ações de melhoria são baseadas nas análises dos gráficos de comportamento dos processos, gerados a partir dos dados armazenados na base de medidas.
- KITCHENHAM *et al.* (2001), nessa mesma linha, afirmam que, apesar de existirem abordagens de apoio à definição de medidas, como o GQM (BASILI *et al.*, 1994), por exemplo, poucas são as orientações sobre como as medidas devem ser coletadas e armazenadas. Como resultado, são obtidas bases de medidas cujos dados não foram validados e tendem a ser imprecisos, inconsistentes e inúteis. Além disso, os autores destacam que para realizar a análise estatística é preciso que os dados considerados tenham sido coletados em entidades que representem uma amostra bem definida da população.
- KOMURO (2006) afirma que muitas organizações tendem a dar mais ênfase ao volume de dados coletados que à qualidade desses dados. Ressalta também que a definição e coleta de medidas que utilizam dados agregados é comum às organizações no início de seus programas de medição, porém isso torna as medidas inúteis ao controle estatístico de processos, pois, uma vez que os

dados não poderão mais ser separados, prejudicarão ou impossibilitarão a análise estatística, podendo embasar decisões equivocadas. WELLER e CARD (2008) e RACZYNSKI e CURTIS (2008) também relatam esse problema.

- WANG *et al.* (2006) consideram o problema da escassez de dados e o relacionam à dificuldade de obter dados antes da estabilização dos processos, uma vez que os programas de medição utilizados até então não focam a análise de comportamento de processos. Os autores também destacam que as medidas coletadas geralmente não têm informações de contexto, o que dificulta, por exemplo, o estabelecimento das *baselines* dos processos, uma vez que, diferente da manufatura, as execuções de um mesmo processo de software não necessariamente representam o mesmo contexto de execução. As pessoas que o executam, as tecnologias utilizadas e as características do projeto no qual o processo é executado são informações relevantes e necessárias para estabelecer uma *baseline*.
- KITCHENHAM *et al.* (2007), ao realizarem uma auditoria em uma organização avaliada CMM nível 5, destacam que, apesar de ter obtido a avaliação no nível mais alto de maturidade do modelo, a organização não era capaz de estabelecer metas alcançáveis devido ao uso incorreto do controle estatístico de processos, incluindo a seleção, agrupamento e análise de dados e medidas inadequados.
- BORIA (2007) afirma que dois dos principais obstáculos para a realização do controle estatístico de processos em organizações de software são o acúmulo de dados incorretos, capturados em medidas inúteis, definidas sem visar à utilização futura, e a escassez de dados.
- BOFFOLI *et al.* (2008) afirmam que a perda do conhecimento das execuções dos processos em projetos passados, dada pela inutilidade dos dados coletados, retarda a realização do controle estatístico de processos e a torna insatisfatória.
- CURTIS *et al.* (2008) relatam as frustrações das organizações que tentaram realizar o controle estatístico de processos e precisaram retardar o início da implementação devido às inadequações das medidas, coletadas mensalmente e com definições operacionais deficientes.

Os problemas e dificuldades citados são apenas alguns dos que se encontram registrados no contexto do controle estatístico de processos. Eles sugerem que ainda há um longo caminho a ser percorrido para implantar e realizar satisfatoriamente o controle

estatístico de processos em organizações de software, principalmente no que diz respeito à realização de medição adequada para essa aplicação.

Considerando essa situação e buscando identificar, de maneira sistematizada, fatores relacionados à medição que influenciam no controle estatístico de processos, foi realizado um estudo baseado em revisão sistemática da literatura, o qual é descrito a seguir.

2.4.1 Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura

O estudo baseado em revisão sistemática da literatura realizado nesta tese teve como objetivo identificar fatores relacionados à medição ou às medidas que influenciam negativamente (denominados de *problemas* no estudo) e positivamente (denominados de *características* no estudo) na implantação e realização do controle estatístico de processos de software.

Durante o estudo baseado em revisão sistemática, foram analisadas publicações de estudos relacionados ao controle estatístico de processos que relatam problemas ou características relacionados à medição ou às medidas que influenciam na realização do controle estatístico de processos. Também foram analisadas publicações que descrevem estudos ou experiências de aplicação do controle estatístico de processos, sendo que nessas publicações, os problemas e características foram identificados durante a análise do conteúdo da publicação.

A não limitação a publicações que relatam explicitamente os problemas ou características relacionados à medição ou às medidas que influenciam na realização do controle estatístico de processos se deu, pois, conforme já mencionado neste trabalho, apesar do crescente número de publicações considerando a aplicação de controle estatístico em processos de software, o foco dessas publicações ainda tem sido limitado a evidenciar a possibilidade e as vantagens da aplicação do controle estatístico nesse contexto ou a propor abordagens baseadas nos princípios do controle estatístico voltadas para processos de software. Sendo assim, considerar apenas as publicações que relatam explicitamente problemas ou características significaria uma redução considerável de publicações analisadas.

Para a realização do estudo, foi utilizado o processo de apoio à condução de estudos baseados em revisão sistemática descrito em (MONTONI, 2007).

Tradicionalmente, realizar revisão sistemática da literatura consiste na execução de processo formal e controlado, que evita a introdução de tendências que podem desvirtuar os resultados da pesquisa. Para isso, a revisão sistemática da literatura consiste em uma

metodologia de pesquisa específica que integra estudos experimentais para criar generalizações e requer que seja seguido um conjunto bem definido de passos metodológicos, segundo um protocolo de pesquisa desenvolvido apropriadamente (BIOLCHINI *et al.*, 2005). O processo de apoio à condução do estudo aqui realizado, apesar de utilizar os conceitos básicos da revisão sistemática da literatura, não utiliza todo o rigor originalmente proposto, uma vez que o intuito, diferente da revisão sistemática, não é revelar hipóteses, mas sim garantir uma boa cobertura para a pesquisa.

A seguir é descrito o processo utilizado para a realização do estudo baseado em revisão sistemática da literatura, composto por três atividades, destacando-se os resultados produzidos em cada uma delas.

(i) Desenvolvimento do Protocolo

Nesta atividade foi realizada a prospecção sobre o tema de interesse do estudo, definindo o contexto no qual o estudo seria realizado e o objeto de análise. Em seguida, o protocolo de pesquisa foi definido, testado e avaliado. O protocolo de pesquisa definido e os resultados de seu teste e avaliação encontram-se detalhados no Anexo 1.

(ii) Condução da Pesquisa

Nesta atividade o estudo propriamente dito foi realizado, aplicando-se o protocolo de pesquisa para selecionar, coletar e armazenar os dados das publicações. Em seguida, foram realizadas análises quantitativas e qualitativas dos dados coletados e as listas de achados foram registradas. Os resultados detalhados da execução do estudo, incluindo as análises qualitativas e quantitativas, encontram-se no Anexo 1.

(iii) Relato dos Resultados

Nesta atividade os resultados obtidos no estudo foram publicados, inicialmente no Exame de Qualificação para o Doutorado (BARCELLOS, 2008) e, em seguida, em eventos científicos (BARCELLOS e ROCHA, 2008b, a).

Como principais resultados da realização do estudo baseado em revisão sistemática da literatura foram obtidas as listas de achados de problemas e de características apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 2.1 e 2.2.

Tabela 2.1 – Lista de achados de problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas que influenciam na implantação e realização do controle estatístico de processos identificados no estudo.

| Id | Problema |
|-----------|--|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. |
| P2 | Base de medidas mal estruturada. |
| P3 | Coleta de uma mesma medida em momentos diferentes da execução dos processos nos projetos. |
| P4 | Dados agregados. |
| P5 | Dados ambíguos. |
| P6 | Dados armazenados em diversas fontes não integradas. |
| P7 | Dados de uma mesma medida coletados com granularidades diferentes. |
| P8 | Dados perdidos. |
| P9 | Definição operacional deficiente das medidas. |
| P10 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. |
| P11 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. |
| P12 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. |
| P13 | Medidas associadas a processos muito longos (mesmo com a granularidade correta, a frequência de coleta é baixa). |
| P14 | Medidas de alta granularidade. |
| P15 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. |
| P16 | Medidas não alinhadas aos objetivos dos projetos ou da organização. |
| P17 | Medidas normalizadas incorretamente. |
| P18 | Utilização de medidas de apoio à monitoração tradicional dos projetos ao invés de medidas de análise de desempenho para melhoria de processos. |
| P19 | Dados incorretos. |

Tabela 2.2 – Lista de achados de características relacionadas ao processo de medição ou às medidas que influenciam na implantação e realização do controle estatístico de processos identificados no estudo.

| Id | Característica |
|-----------|---|
| C1 | Associação entre medidas de processo e de produto. |
| C2 | Centralização dos dados coletados. |
| C3 | Coleta automática das medidas. |
| C4 | Coleta consistente das medidas. |
| C5 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar medidas coletadas nos projetos da organização para análise. |
| C6 | Definição e coleta de medidas de produto e processo. |
| C7 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. |
| C8 | Definição e coleta, desde o início das atividades de medição, de medidas relacionadas ao desempenho dos processos. |
| C9 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo principal não possuir medidas suficientes. |
| C10 | Existência de pelo menos 20 valores para cada medida a ser utilizada no controle estatístico de processos. ⁴ |
| C11 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. |
| C12 | Medidas associadas a atividades que produzem itens mensuráveis. |
| C13 | Medidas associadas aos processos críticos. |
| C14 | Medidas coletadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento. |
| C15 | Medidas coletadas para um fim específico, conhecido pelos envolvidos. |
| C16 | Medidas para controle de projetos e melhoria de processos. |
| C17 | Medidas passíveis de normalização, para possibilitar comparações. |
| C18 | Medidas relacionadas às características de qualidade dos produtos. |
| C19 | Registro preciso dos dados coletados para as medidas. |
| C20 | Identificação de conjuntos de dados homogêneos. |

⁴ Segundo (WHEELER, 1997) *apud* (WELLER e CARD, 2008), 15 valores são suficientes, porém, considerando-se que a maior parte dos autores pesquisados afirma que o número mínimo de observações é 20, decidiu-se por considerar esse valor.

Considerando-se que as experiências de aplicação do controle estatístico de processos de software ainda são recentes e percebendo-se uma heterogeneidade nos resultados obtidos na análise das publicações selecionadas no estudo (conforme mostraram as análises qualitativas e quantitativas, registradas no Anexo 1), decidiu-se por não determinar prioridades aos itens das listas de achados. Ou seja, não se determinou que um ou outro achado (problema ou característica) influencia mais ou menos no controle estatístico de processos que os demais, até mesmo porque se acredita que ainda não há dados suficientes para fazer esse tipo de afirmação. Sendo assim, a ordem em que os itens das listas de achados são apresentados não é relevante.

2.5 Medição de Software e Controle Estatístico de Processos em Normas e Modelos de Melhoria de Processos de Software

A medição de software e o controle estatístico de processos são abordados de maneira particular em diferentes normas e modelos de melhoria de processo de software. Porém, apesar das abordagens serem distintas, os resultados obtidos são equivalentes.

No CMMI (CHRISSIS *et al.*, 2006) a medição de software é introduzida no nível 2 (Gerenciado) através da área de processo *Medição e Análise*. Seu objetivo é estabelecer e manter uma capacidade de medição para apoiar as necessidades de informação do gerenciamento dos projetos. No nível 4 (Gerenciado Quantitativamente) é introduzido o uso do controle estatístico de processos nas áreas de processo *Desempenho do Processo Organizacional* e *Gerência Quantitativa dos Projetos*, para apoiar a análise de desempenho dos processos e a gerência dos projetos utilizando-se técnicas estatísticas.

No MR MPS (SOFTEX, 2009) a medição de software é introduzida no nível F (Gerenciado) através do processo *Medição*, onde é elaborado o Plano de Medição da Organização, que é instanciado para os projetos e executado para fornecer as informações necessárias a seu monitoramento e controle. O controle estatístico de processos é introduzido no nível B (Gerenciado Quantitativamente) como uma evolução do processo *Gerência de Projetos*, introduzido no nível G (Parcialmente Gerenciado) e evoluído nos níveis E (Parcialmente Definido) e C (Definido). É utilizado para apoiar a análise do desempenho dos processos, definição de *baselines* e gerência quantitativa dos projetos.

Na ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2003) a medição é introduzida no atributo de processo *Medição* e o controle estatístico no atributo de processo *Controle de Processo* no nível 4 (Processo Previsível). O atributo de processo *Medição* inclui tanto medição tradicional

quanto em alta maturidade, uma vez que as medidas definidas devem caracterizar o desempenho dos processos. No atributo de processo *Controle de Processo*, a partir dos resultados da análise das medidas, são identificadas causas especiais de variação do comportamento dos processos e ações corretivas são realizadas.

2.6 Considerações Finais

Atualmente as organizações de software têm reconhecido a necessidade de possuírem processos de software maduros, capazes de atender às demandas de qualidade e produtividade do mercado. Processos de software maduros são obtidos através da gerência eficiente dos processos e projetos, que leva à sua melhoria, contexto no qual a medição de software é atividade primária.

A medição apoia a melhoria no nível dos projetos, uma vez que fornece a base necessária para a realização de planos realísticos e controle destes ao longo de sua execução nos projetos. Também apoia a melhoria de processos no nível organizacional, fornecendo informações resultantes da análise dos dados coletados ao longo dos projetos, que podem ser utilizadas para orientar ações de melhoria nos processos.

A aplicação do controle estatístico de processos utiliza os dados coletados ao longo dos projetos para analisar o comportamento dos processos da organização e identificar as ações corretivas e preventivas necessárias. Estabelece *baselines* e modelos de desempenho de processos que refletem o comportamento dos processos nos projetos da organização e apoiam a previsão de seu desempenho em projetos futuros, a fim de que alcancem os objetivos de desempenho e qualidade estabelecidos.

Um elemento essencial para realização do controle estatístico de processos é a adequação das medidas utilizadas, necessária para que seja possível aplicar corretamente os métodos estatísticos e obter previsões sobre o alcance aos objetivos estabelecidos que sejam verdadeiras.

Neste capítulo foram apresentados os principais aspectos referentes à medição de software e controle estatístico de processos relevantes para este trabalho. No próximo capítulo são apresentados os fundamentos teóricos sobre ontologias e a ontologia de fundamentação UFO (*Unified Fundational Ontology*) (GUIZZARDI, 2005) é descrita. A fundamentação tratada no próximo capítulo foi utilizada para o desenvolvimento da Ontologia de Medição de Software, um dos componentes da estratégia proposta nesta tese.

Capítulo 3

Ontologias

Neste capítulo são descritos alguns conceitos relacionados a ontologias, a ontologia de fundamentação UFO, utilizada como base para a construção da Ontologia de Medição de Software proposta nesta tese, é apresentada e são discutidas as principais propostas de ontologias de medição de software presentes na literatura.

3.1 Introdução

A medição de software tem ocupado um papel cada vez mais importante na Engenharia de Software. As medidas apoiam desde as atividades básicas de controle dos projetos até as atividades dos níveis mais elevados dos programas de melhoria de processo institucionalizados em organizações de software (WEBER e LAYMAN, 2002). Nesse contexto, um aspecto considerado importante é a padronização do vocabulário e práticas utilizadas. No entanto, sendo considerada uma disciplina relativamente recente, ainda não foram estabelecidos padrões consensuais para a medição de software. Terminologias, conceitos, procedimentos e métodos de medição de software vêm sendo definidos na última década, porém, em particular, não há consenso para conceitos e terminologias, havendo duplicações e inconsistências nas propostas encontradas na literatura, inclusive nos termos mais comuns da área como *medida*, *métrica* e *medição* (GARCÍA *et al.*, 2006).

A dificuldade de homogeneizar o vocabulário relacionado à medição de software presente nos diversos padrões existentes foi reconhecida pela ISO/IEC, que criou em seu *Joint Technical Committee 1 JTC1: Information Technology*, um grupo de trabalho especificamente para buscar a harmonização dos termos utilizados nos padrões de Engenharia de Sistemas, incluindo os termos relacionados à medição. A *IEEE Computer Society* também firmou acordo com o JTC1 buscando a harmonização dos termos utilizados. Porém, os resultados de um estudo que identificou as inconsistências e limitações de vários padrões de medição de software encontrados na literatura, realizado por GARCÍA *et al.* (2006), mostram que a homogeneidade ainda não foi alcançada, havendo divergências e inconsistências até entre padrões propostos por uma mesma instituição. Além disso, o estudo realizado levou à percepção de que, apesar de haver uma variedade de propostas de vocabulários, nenhuma delas contém uma visão completa da medição de software, ou seja, elas apresentam apenas visões parciais desse contexto.

A definição de um vocabulário comum ao domínio de medição de software que represente o conhecimento relevante a esse domínio contribui para o compartilhamento e a reutilização desse conhecimento, bem como para a interoperabilidade semântica. Nesse sentido, ontologias de domínio têm sido comumente utilizadas com o propósito de fornecer um modelo de referência com representação explícita de uma conceituação em algum domínio de interesse (USCHOLD e JASPER, 1999).

A utilização de ontologias de fundamentação como base para a construção de ontologias de domínio auxilia na obtenção de ontologias fidedignas à realidade e com clareza conceitual, características consideradas essenciais para modelos conceituais em geral e, especialmente, para ontologias de domínio (GUIZZARDI *et al.*, 2008a).

Neste capítulo são apresentados os pilares teóricos que embasaram a construção da Ontologia de Medição de Software proposta neste trabalho (descrita no Capítulo 5). Na seção 3.2 são apresentados o conceito de ontologias e os tipos de ontologias, detalhando-se as ontologias de domínio e as ontologias de fundamentação. Na seção 3.3 a Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology* – UFO), a ontologia de fundamentação utilizada na construção da Ontologia de Medição de Software proposta nesta tese, é apresentada. Na seção 3.4 são discutidas ontologias de medição presentes na literatura e, por fim, na seção 3.5 são realizadas as considerações finais do capítulo.

3.2 Ontologias

Na Filosofia, uma ontologia pode ser vista como um particular sistema de categorias levando em conta uma certa visão do mundo, independente da linguagem. Por outro lado, para comunidades relacionadas à Ciência da Computação, tais como Inteligência Artificial, Engenharia de Software e Web Semântica, uma ontologia é um artefato de engenharia formado por um vocabulário usado para descrever certa realidade e por um conjunto de conjecturas explícitas relacionadas ao significado pretendido das palavras do vocabulário. Esse conjunto de conjecturas tem, geralmente, a forma da teoria de lógica de primeira ordem, onde as palavras do vocabulário aparecem como nomes de predicados unários ou binários, respectivamente chamados *conceitos* e *relações*. No caso mais simples, uma ontologia descreve uma hierarquia de conceitos relacionados por relações de classificação. Em casos mais sofisticados, axiomas apropriados são adicionados a fim de expressar outros relacionamentos entre conceitos e restringir a interpretação pretendida (GUARINO, 1998).

No âmbito da Ciência da Computação, ontologias têm sido reconhecidas como um instrumento conceitual bastante útil desde a década de 60. Na Engenharia de Software elas têm sido tipicamente utilizadas para reduzir ambiguidades conceituais, tornar transparentes as estruturas de conhecimento, apoiar o compartilhamento de conhecimento e a interoperabilidade entre sistemas (USCHOLD e JASPER, 1999), tendo destaque sua utilização no ramo da Engenharia de Domínio, onde, na prática, uma ontologia de domínio pode ser utilizada como um modelo de domínio, uma vez que ambos buscam fornecer um entendimento uniforme e não ambíguo de objetos e suas relações, provendo uma conceituação acerca de um determinado domínio (FALBO *et al.*, 2002)⁵.

3.2.1 Tipos de Ontologias

Existem diversas classificações de ontologias. Uma das mais citadas na literatura, e adotada neste trabalho, é a proposta por GUARINO (1998), mostrada na Figura 3.1, que classifica ontologias por seu nível de generalidade. Nessa figura são representados os tipos de ontologias e os relacionamentos entre eles.

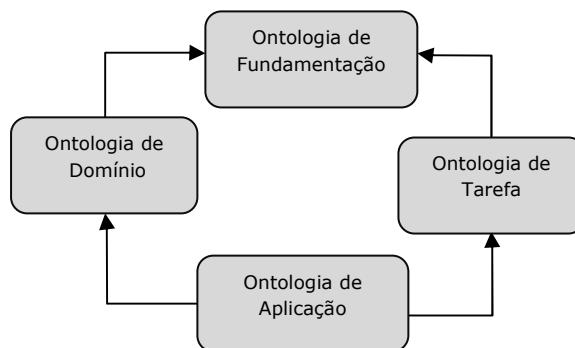


Figura 3.1 – Relacionamentos entre os tipos de ontologias (GUARINO, 1998).

Uma *Ontologia de Fundamentação* descreve conceitos gerais que são independentes de um problema ou domínio particular, definidos a partir de estudos da Filosofia, Linguística e Psicologia Cognitiva, tais como: espaço, tempo, matéria, objeto, evento e ação, dentre outros. *Ontologias de Domínio* e *de Tarefa* descrevem, respectivamente, o vocabulário relacionado a um domínio (por exemplo, medicina e turismo) ou a uma tarefa ou atividade específicos (por exemplo, diagnóstico e venda) obtido pela especialização de termos

⁵ Assim como uma ontologia de domínio pode ser utilizada como um modelo de domínio, há outras correspondências entre a Engenharia de Domínio e a chamada Engenharia de Ontologias, que podem ser obtidas em (GUIZZARDI, 2000).

introduzidos em uma ontologia de fundamentação. Por fim, uma *Ontologia de Aplicação* descreve conceitos que são dependentes de um domínio e de uma tarefa particulares e, assim, combina especializações de conceitos presentes nas ontologias de domínio e de tarefa. Esses conceitos correspondem a papéis desempenhados por entidades do domínio quando estão realizando determinada tarefa.

Para este trabalho, são relevantes as ontologias de fundamentação e de domínio, detalhadas a seguir.

3.2.1.1 Ontologias de Fundamentação

Uma ontologia de fundamentação (também chamada ontologia genérica ou ontologia de nível superior) é um sistema de categorias filosoficamente bem fundamentado e independente de domínio (GUIZZARDI *et al.*, 2008a), sendo sua preocupação categorias que se aplicam a diversas áreas de conhecimento.

Uma ontologia de fundamentação deve considerar os princípios e conceitos gerais que envolvem diversos domínios da realidade, tratados pela disciplina *Ontologia Formal*, em Filosofia. Mais especificamente, devem ser consideradas as estruturas ontológicas formais, como a teoria todo-parte, tipos e instanciações, identidade, dependência e outros. Uma ontologia de fundamentação envolve essas estruturas ontológicas e é considerada um produto da Ontologia Formal (GUIZZARDI, 2005).

Diversas ontologias de fundamentação foram desenvolvidas nos últimos anos, merecendo destaque: PSL (SCHLENOFF *et al.*, 2000), BWW (WAND e WEBER, 2002), DOLCE (MASOLO *et al.*, 2002), SUMO (SUMO, 2003), GOL (HERRE *et al.*, 2004), GFO (HERRE *et al.*, 2006) e UFO (GUIZZARDI, 2005).

Além de fornecerem a base para a construção de ontologias de domínio e de tarefa, ontologias de fundamentação também podem ser utilizadas para avaliar linguagens de modelagem conceitual e para desenvolver diretrizes para o uso dessas linguagens (WAND *et al.*, 1999; EVERMAN e WAND, 2001; OPDAHL e HENDERSON-SELLERS, 2001; GUIZZARDI *et al.*, 2002), bem como para melhorar a qualidade de modelos conceituais, incluindo ontologias de domínio (FALBO e NARDI, 2008; GUIZZARDI *et al.*, 2008a; SILVA *et al.*, 2008). Por exemplo, UFO (*Unified Foundational Ontology*) (GUIZZARDI, 2005) tem sido utilizada para avaliar, reprojetar e dar semântica de mundo real a ontologias de domínio. GUIZZARDI *et al.* (2008) utilizaram UFO na reengenharia de uma ontologia de processo, enquanto que FALBO e NARDI (2008) utilizaram UFO para avaliar e evoluir uma ontologia de requisitos de software. Em ambos os casos, problemas ontológicos

foram identificados e resolvidos à luz de UFO. SILVA *et al.* (2008), por sua vez, aplicaram VERONTO (*ONTOlogical VERification*) (GUARINO e WELTY, 2000), uma técnica baseada em OntoClean⁶, para melhorar padrões de análise definidos para o domínio geográfico.

3.2.1.2 Ontologias de Domínio

Uma ontologia de domínio é um artefato de engenharia que expressa conceituações de domínios particulares. Uma conceituação, por sua vez, é um conjunto de conceitos utilizados para interligar abstrações de elementos de um dado domínio. Sendo assim, uma ontologia de domínio deve especificar formalmente as relações, regras e exceções de todos os elementos presentes na conceituação da parte da realidade por ela representada (GUIZZARDI, 2005).

A construção de ontologias de domínio é uma das aplicações mais comuns das ontologias em Engenharia de Software, havendo inúmeros trabalhos desenvolvidos nesse sentido. Alguns exemplos são: ontologias de processo de software (FALBO, 1998; LARBURU *et al.*, 2003; LIM *et al.*, 2003; GONZÁLEZ-PÉREZ e HENDERSON-SELLERS, 2006); ontologias relacionadas à manutenção de software (DERIDDER, 2002; DIAS *et al.*, 2003); ontologias relacionadas à qualidade de software (DUARTE e FALBO, 2000; BOEHM e IN, 1996); ontologias de requisitos de software (MEDEIROS JUNIOR, 2006; FALBO e NARDI, 2008) e ontologia relacionada ao desenvolvimento de software baseado em componentes (TANSALARAK e CLAYPOOL, 2004), dentre outras.

Uma ontologia que representa uma conceituação para um domínio deve ser independente da aplicação e, para isso, conforme orienta GUARINO (1998), seus conceitos devem ser mapeados em conceitos de uma ontologia de fundamentação. Esse mapeamento concede à ontologia de domínio semântica de mundo real, propiciando um entendimento mais geral do que é representado e evitando a interpretação equivocada da semântica dos conceitos, o que poderia levar à especificação de modelos irreais (GUIZZARDI *et al.*, 2008a).

Baseando-se nessa argumentação, a ontologia de domínio desenvolvida neste trabalho (Ontologia de Medição de Software) foi construída com base em uma ontologia de fundamentação, UFO, que é descrita a seguir⁷.

⁶ OntoClean é uma metodologia proposta por Guarino e Welty, que provê orientações para embasar decisões ontológicas (GUARINO e WELTY, 2002).

⁷ A escolha de UFO foi motivada pela existência de um grupo de pesquisa do qual o co-orientador desta tese é membro e que vem realizando trabalhos utilizando UFO. Além disso, o autor de UFO também é membro desse grupo de pesquisa.

3.3 *The Unified Foundational Ontology* - UFO

UFO (GUIZZARDI, 2005; GUIZZARDI *et al.*, 2008a) é uma ontologia de fundamentação que tem sido desenvolvida baseada em um número de teorias das áreas de Ontologias Formais, Lógica Filosófica, Filosofia da Linguagem, Linguística e Psicologia Cognitiva. Ela é composta por três partes principais: UFO-A, UFO-B e UFO-C.

UFO-A é uma ontologia de objetos (*Endurants*). Ela é o cerne de UFO. Uma distinção fundamental em UFO-A se dá entre indivíduos (*Particular*) e universais (ou tipos) (*Universal*). Indivíduos são entidades que existem na realidade e que possuem uma identidade única. Tipos ou universais são padrões de características que podem ser materializados em um número de diferentes indivíduos.

UFO-B, por sua vez, é uma ontologia de eventos (*Perdurants*). Eventos são indivíduos compostos de partes temporais. A principal diferença entre eventos (*perdurants*) e objetos (*endurants*) é que um objeto existe ou não existe no tempo, enquanto eventos ocorrem no tempo.

Por fim, UFO-C é uma ontologia de entidades sociais (*endurants* e *perdurants*) construída com base nas partes A e B de UFO. Uma de suas principais distinções se dá entre agentes e objetos. Agentes são capazes de realizar eventos, enquanto objetos participam de eventos.

A seguir os principais conceitos das ontologias que compõem UFO, relevantes a este trabalho, são apresentados. A descrição de UFO-A apresentada baseou-se em (GUIZZARDI, 2005; GUIZZARDI *et al.*, 2008a; VASCONCELOS, 2008). Já as descrições das partes B e C de UFO basearam-se em (GUIZZARDI *et al.*, 2008a; GUIZZARDI *et al.*, 2008b).

3.3.1 UFO-A: Uma Ontologia de Objetos

Entidade (*Entity*)⁸ é o conceito do qual todos os demais conceitos de UFO são especializados, ou seja, é o conceito mais genérico em UFO. Uma entidade é definida como algo concebível ou perceptível. Em UFO-A, a primeira distinção que é realizada entre as especializações de entidade é a distinção fundamental entre as categorias de indivíduos e universais. Conforme mencionado anteriormente, *Individuos* (*Particular*s) são entidades que existem na realidade, possuindo uma identidade única. Uma casa, uma flor e uma pessoa

⁸ Ao longo do texto os conceitos de UFO são apresentados em português, sendo indicados entre parênteses os conceitos originais, em inglês. Nas figuras são apresentados apenas os conceitos em inglês.

são exemplos de indivíduos. *Universais* (*Universals*), por sua vez, são padrões de características que podem ser instanciados em um número de diferentes indivíduos. Pessoa, por exemplo, é um universal que descreve as características comuns aos indivíduos desse tipo como, por exemplo, nome e impressão digital. A Figura 3.2 ilustra a distinção entre indivíduos e universais feita em UFO-A.

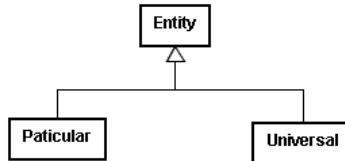


Figura 3.2 – Principal distinção de UFO-A: indivíduos (*Particular*) e universais ou tipos (*Universal*).

Indivíduos podem ser existencialmente independentes ou dependentes. *Substancialis* (*Substantials*) são indivíduos existencialmente independentes, como por exemplo, uma pessoa, uma casa e outros objetos mesoscópicos do senso comum. Ao contrário, *Momentos* (*Moments*)⁹ são indivíduos que só podem existir em outros indivíduos (são existencialmente dependentes) e são ditos *inerentes* a esses indivíduos. Um momento denota a instanciação de uma propriedade. Uma cor, por exemplo, é um momento, ou seja, é uma propriedade que só pode existir em outro indivíduo.

A dependência existencial também pode ser utilizada para diferenciar dois tipos de momentos. *Momentos Intrínsecos* (*Intrinsic Moments*) são dependentes de um único indivíduo (por exemplo, uma cor depende de um único indivíduo, como a cor de uma maçã). Por outro lado, *Momentos Relacionais* (*Relators*) dependem de vários indivíduos (por exemplo, um emprego, que envolve um empregador e um empregado). A Figura 3.3 apresenta as especializações de indivíduos considerando-se sua dependência existencial.

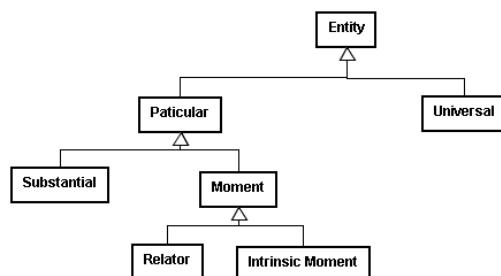


Figura 3.3 – Indivíduos existencialmente independentes (*Substantial*) e dependentes (*Moment*).

Considerando-se a distinção de UFO-A no que diz respeito às categorias de indivíduos e universais, pode-se dizer que, de maneira geral, para cada especialização de

⁹ O termo *Moment* em UFO-A é derivado do alemão *Moment* e não está relacionado à noção de instante de tempo, mas sim, às propriedades que as entidades possuem.

indivíduo presente em UFO-A, há uma especialização de universal equivalente. De fato, as especializações de indivíduos são instâncias das especializações de universais correspondentes. Sendo assim, para as especializações de indivíduo *Substancial* (*Substantial*) e *Momento* (*Moment*) apresentadas, existem especializações de universal equivalentes: *Substancial Universal* (*Substancial Universal*) e *Momento Universal* (*Moment Universal*), como mostra a Figura 3.4. Como exemplos, Pessoa e Maçã são substanciais universais, enquanto que Cor e Emprego são momentos universais.

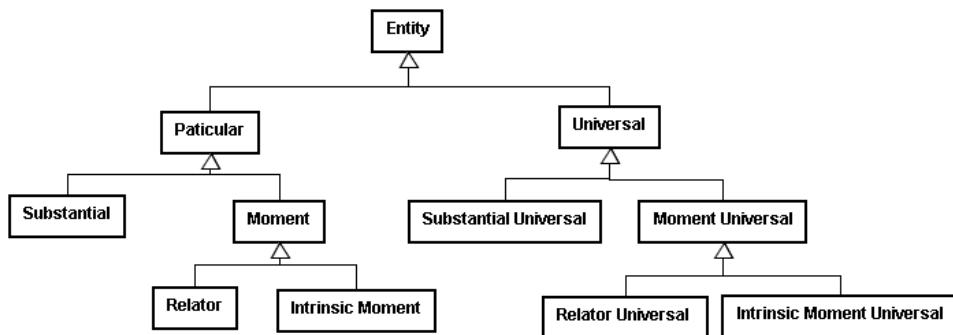


Figura 3.4 – Equivalências entre especializações de indivíduos (*Paticular*) e de universais (*Universal*).

Momentos intrínsecos¹⁰ estão associados a *Estruturas de Qualidade* (*Quality Structures*). Por exemplo, o momento intrínseco universal Peso é representado por uma estrutura unidimensional que diz respeito à parte não negativa da linha dos números reais. Por outro lado, o universal de modo Cor é representado por uma estrutura multidimensional, que inclui Brilho, Contraste e Saturação.

Uma estrutura de qualidade pode referir-se a um *Domínio de Qualidade* (*Quality Domain*) ou a uma *Dimensão de Qualidade* (*Quality Dimension*), sendo que um domínio de qualidade pode ser composto por diversas dimensões de qualidade. Considerando os exemplos citados anteriormente, Peso é representado por uma estrutura de qualidade que, na verdade, é uma dimensão de qualidade (números reais positivos). Por outro lado, Cor é representada por uma estrutura de qualidade que, de fato, é um domínio de qualidade composto pelas dimensões de qualidade Brilho, Contraste e Saturação.

A percepção ou concepção de um momento pode ser representada como um ponto na estrutura de qualidade. Esse ponto é denominado *quale*. Estrutura de qualidade e *quale* são, junto com conjuntos, números e proposições, exemplos de *Indivíduos Abstratos* (*Abstract Particulars*).

¹⁰ A modelagem do conceito de momentos intrínsecos em UFO-A baseia-se na estrutura de qualidade apresentada na Teoria dos Espaços Conceituais (FELHBERG, 2007).

Quando um momento intrínseco universal está associado a uma estrutura de qualidade tem-se um *Universal de Qualidade* (*Quality Universal*).

Diferentes dos momentos intrínsecos, *Momentos Relacionais (Relators)* dependem de vários indivíduos e estão diretamente relacionados ao conceito de relação. Relações (*Relations*) são entidades que aglutinam outras entidades. Considerando-se a base filosófica, duas categorias amplas de relações são consideradas em UFO-A: relações formais e relações materiais. *Relações formais (Formal Relations)* acontecem entre duas ou mais entidades diretamente, sem que haja necessidade de que outro indivíduo intervenha. Em princípio, relações formais incluem as relações que formam a superestrutura matemática, como dependência existencial, parte-de, subconjunto-de, instanciação, dentre outras. *Relações Materiais (Material Relations)*, por outro lado, possuem estrutura material própria e incluem exemplos como *trabalhar em, estar matriculado em* ou *estar conectado a*. Enquanto, por exemplo, a relação formal entre João e seu conhecimento x de Grego acontece diretamente, desde que João e x existam, para que aconteça uma relação material *ser tratado em* entre João e uma unidade médica UM, é necessário que exista uma outra entidade (nesse caso, um tratamento) para mediar João e UM. Essas entidades são indivíduos que conectam (mediam) outros indivíduos e são chamadas momentos relacionais (*relators*). Assim, um tratamento médico conecta um paciente a uma unidade médica, bem como uma matrícula conecta um estudante a uma instituição de ensino.

UFO-A considera, ainda, a noção de situação. *Situações (Situations)* são entidades complexas constituídas possivelmente por vários objetos (incluindo outras situações), sendo tratadas como um sinônimo para o que a literatura chama de estado de coisas (*state of affairs*), ou seja, uma porção da realidade que pode ser compreendida como um todo. Um exemplo de situação é *João está gripado e com febre*. Com base nesse conceito, define-se a relação *estar presente em* entre objetos e as situações que eles constituem. Por exemplo, pode-se dizer que o substancial *João* e seus momentos *febre* e *gripe* estão presentes na situação *João está gripado e com febre*.

Em UFO-A também há os conceitos de *Universal de Primeira Ordem (First Order Universal)* e *Universal de Mais Alta Ordem (High Order Universal)*.

Os universais de primeira ordem englobam universais cujas instâncias são indivíduos como, por exemplo, Pessoa. Já os universais de mais alta ordem representam os universais cujas instâncias são universais de primeira ordem. Exemplos de universais de mais alta ordem podem ser Espécies de Pássaros, com as instâncias Pinguim e Papagaio, que são universais de primeira ordem.

Os universais de primeira ordem podem possuir propriedades que não cabem aos indivíduos como, por exemplo, expectativa de vida da espécie Pinguim. Um indivíduo pinguim não tem expectativa de vida, mas a espécie Pinguim sim. Para que um universal de primeira ordem tenha uma propriedade que se projete em um ponto de uma estrutura de qualidade, é necessário haver um metanível que informe as propriedades que um universal de primeira ordem possui e com quais estruturas de qualidade elas estão relacionadas, justificando-se a necessidade dos universais de mais alta ordem que possuem momentos universais inerentes a eles.

Na Figura 3.6 é apresentado o modelo do fragmento de UFO-A que inclui os conceitos discutidos até o momento. Os conceitos especializados de *Universal* na figura possuem especializações de *Particular* equivalentes, no entanto, para simplificação, elas não estão representadas. O conceito Universal Unário (*Monadic Universal*) presente na figura representa os universais que, diferente das Relações (*Relations*), não aglutinam entidades.

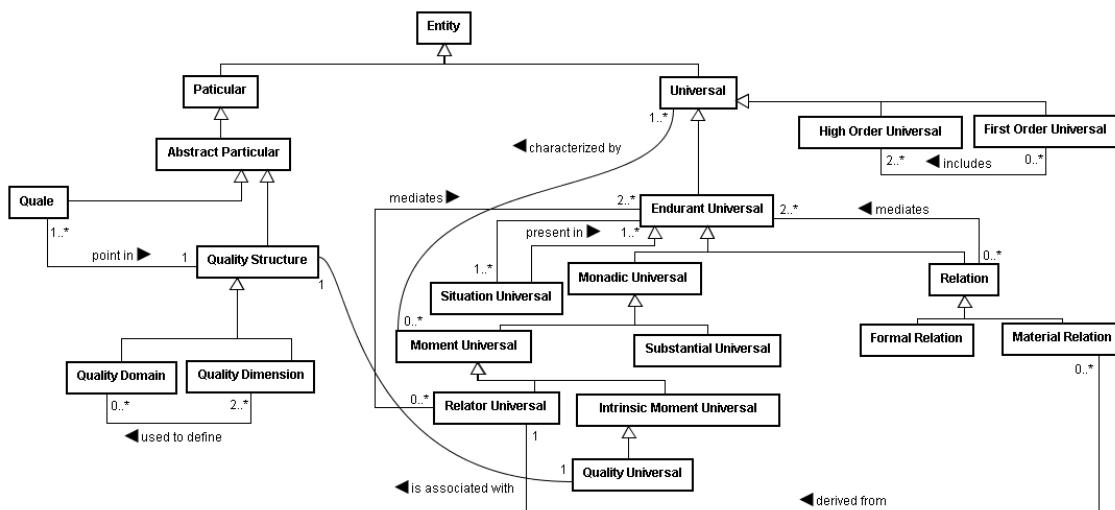


Figura 3.6 – Fragmento de UFO-A, incluindo conceitos relacionados à estrutura de qualidade, relações, universais de primeira ordem e universais de mais alta ordem.

Por fim, segundo UFO-A, alguns substanciais universais são *Sortais (Sortal Universal)*, ou seja, como substanciais universais, são padrões de características que podem ser realizadas em um número distinto de substanciais e, além disso, são sortais, isto é, proveem princípio de individualização, persistência e identidade. As classes dos animais (Mamíferos, Répteis, Aves etc.) são exemplos de sortais universais. Outros substanciais universais, chamados *Mixins¹¹ (Mixin Universals)*, não fornecem princípio de identidade, sendo

¹¹ *Mixins* são universais dispersivos que incluem vários conceitos com diferentes princípios de identidade.

meramente caracterizações. Entidades Racionais, ou seja, entidades com a propriedade de ser capaz de raciocinar, são exemplos de *mixins* universais.

Sortais universais podem ser rígidos ou antirrígidos. *Sortais Rígidos (Rigid Sortals)* são sortais universais cujos padrões de características são aplicados a todas as suas instâncias. *Sortais Antirrígidos (Antirigid Sortals)*, por sua vez, são sortais universais cujos padrões de características não se aplicam a todas as suas instâncias. Pessoa, por exemplo, é um sortal rígido. Os padrões de características de Pessoa são aplicados a todas as pessoas. Uma pessoa nasce e morre pessoa. O mesmo vale para as classes de animais (Mamíferos, Répteis, Aves etc.). Por outro lado, as fases da vida de uma pessoa (Criança, Jovem, Adulto, Idoso) são sortais antirrígidos, pois nem toda pessoa é uma criança, logo, os padrões de características de Criança não podem ser aplicados a todas as pessoas. O mesmo vale para as fases do ciclo de vida das plantas (Semente, Broto etc.).

Sortais rígidos podem ser *Tipos (Kinds)* ou *Subtipos (Subkinds)*. Mamífero é um exemplo de tipo. Suas especializações, Mamífero Terrestre e Mamífero Aquático, são exemplos de subtipos.

Sortais antirrígidos podem ser *Fases (Phases)* ou *Papéis (Roles)*. O primeiro representa um possível estágio na história de um sortal universal, constituindo uma partição deste. As fases do ciclo de vida das plantas (Semente, Broto etc.) e das pessoas (Criança, Jovem, Adulto, Idoso) são exemplos de fases. O segundo representa um papel que um sortal universal pode desempenhar ao longo de sua história e que é demarcado por suas relações com outras entidades (é relationalmente dependente). Estudante é um exemplo de papel desempenhado por uma pessoa no contexto de sua relação com uma instituição de ensino.

Assim como sortais universais, *mixins* universais podem ser rígidos ou antirrígidos. *Mixins Rígidos (Rigid Mixins)* são *mixins* cujos padrões de características são aplicados a todas as suas instâncias. Por exemplo, Entidade Racional não provê princípio de identidade a suas instâncias (logo não é um sortal, mas sim um *mixin*), mas suas características são aplicadas a todos as entidades dessa natureza. *Mixins Antirrígidos (Antirigid Mixins)*, ao contrário, são *mixins* cujos padrões de características não são aplicados necessariamente a todas as suas instâncias, ou seja, um *mixin* antirrígido não tem instâncias diretas, por exemplo, o conceito Cliente, onde um cliente pode ser uma pessoa ou uma organização. Nesse caso, não há instâncias diretas de Cliente, apenas de Pessoa ou Organização.

Mixins rígidos que agregam propriedades essenciais e comuns a diferentes sortais universais são chamados de *Categorias (Categories)*. Por outro lado, *mixins* antirrígidos que identificam papéis que podem ser desempenhados por tipos diferentes e disjuntos são

chamados *Mixins de Papéis* (*Role Mixins*). Os exemplos citados no parágrafo anterior (entidade racional e cliente) são exemplos de categoria e *mixin* de papel, respectivamente.

A Figura 3.7 mostra o fragmento de UFO-A que inclui os conceitos apresentados.

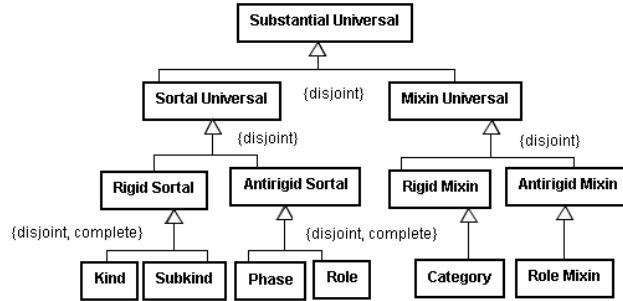


Figura 3.7 – Fragmento de UFO-A incluindo as especializações dos substanciais universais.

3.3.2 UFO-B: Uma Ontologia de Eventos

Conforme apresentado na subseção anterior, UFO-A é uma ontologia que trata das distinções relacionadas a objetos (*endurants*). UFO-B, por sua vez, é uma ontologia que trata eventos (*perdurants*). Eventos diferem de objetos uma vez que, em termos de suas relações com o tempo, objetos estão inteiramente presentes ou ausentes em um determinado instante do tempo, isto é, eles *são no tempo*, no sentido de que, se em uma circunstância *c1* um objeto *O* possui uma propriedade *p1* e em uma circunstância *c2* o objeto *O* possui uma propriedade *p2* (possivelmente incompatível com *p1*), *O* continua sendo o mesmo objeto. Por exemplo, o indivíduo João pode pesar 70kg em *c1* e 80kg em *c2* e, ainda assim, ser o mesmo indivíduo.

Por outro lado, eventos são indivíduos compostos por partes temporais e, ao contrário dos objetos, *acontecem no tempo*, no sentido de se estenderem no tempo acumulando partes temporais. Uma conversa, uma partida de futebol, a execução de uma sinfonia e um processo de negócio são exemplos de eventos. Em qualquer momento em que um evento está presente, apenas algumas de suas partes temporais realmente estão.

Eventos são, ainda, possíveis transformações de uma situação da realidade para outra, ou seja, eventos podem alterar o estado de coisas (conceito de *situação* em UFO-A) de um estado (*pré-estado (pre-state)*) para outro (*pós-estado (pos-state)*).

Eventos são entidades ontologicamente dependentes, ou seja, para existirem dependem de seus participantes. Por exemplo, seja o evento *e: o ataque de Brutus a César*. Nesse evento há participação de César, Brutus e da faca utilizada no ataque. Então, *e* é composto pela participação individual de cada uma dessas entidades. Cada *participação*

(*Participation*) é existencialmente dependente de um único substancial e pode ser por si só um *Evento Atômico* (*Atomic Event*) ou um *Evento Complexo* (*Complex Event*).

Além disso, análogo ao que foi discutido em UFO-A, os momentos de eventos têm seus valores (*quale*) obtidos por sua projeção em uma estrutura de qualidade chamada *Estrutura Temporal* (*Time Structure*), composta por *Intervalos Temporais* (*Time Intervals*), que por sua vez são compostos por *Instantes* (*Time Points*).

A Figura 3.8 apresenta o fragmento de UFO-B que inclui os conceitos descritos. Os conceitos de UFO-A utilizados estão destacados em cinza. Cabe ressaltar que a distinção entre universais e indivíduos realizada em UFO-A permanece em UFO-B. Os conceitos especializados de *Concrete Particular* na figura possuem especializações de *Universal* equivalentes, no entanto, para simplificação, elas não estão representadas.

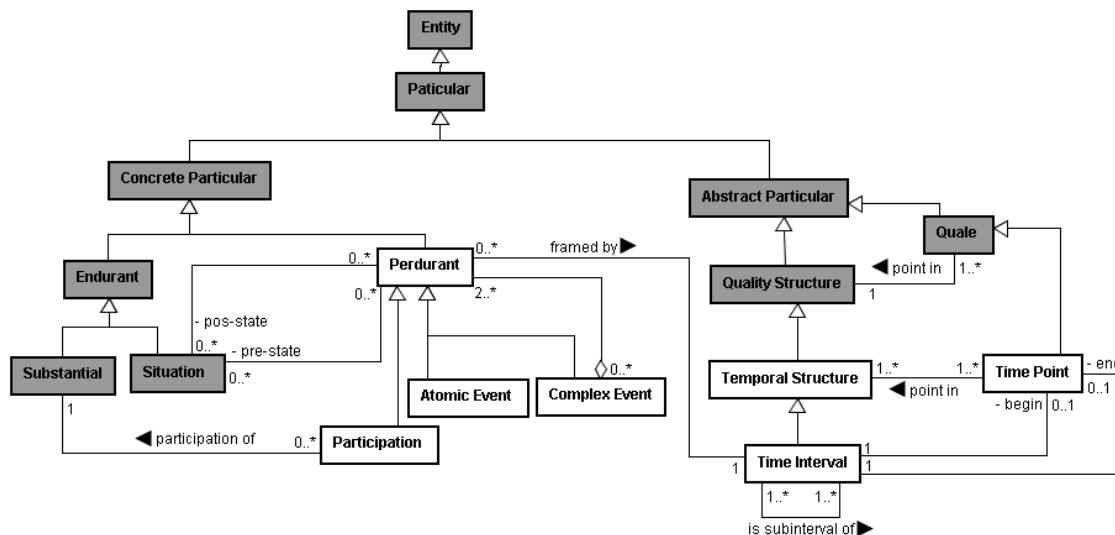


Figura 3.8 – Fragmento de UFO-B incluindo conceitos especializados dos particulares.

3.3.3 UFO-C: Uma Ontologia de Entidades Sociais

A terceira ontologia que compõe UFO é uma ontologia de entidades sociais (objetos e eventos), construída a partir das partes A e B de UFO. Uma distinção fundamental em UFO-C se dá entre entidades *Agentes* (*Agents*) e não agentes, sendo estes chamados *Objetos* (*Objects*). É importante destacar que o termo objeto em UFO-C tem conotação de substancial inanimado, ou seja, substancial incapaz de agir. Agentes e objetos podem ser físicos ou sociais. No contexto de agentes, uma pessoa é um *Agente Físico* (*Physical Agent*) e uma sociedade é um *Agente Social* (*Social Agent*). Por outro lado, considerando-se objetos, um livro é um *Objeto Físico* (*Physical Object*), enquanto uma linguagem é um *Objeto Social* (*Social Object*). *Organizações* (*Organizations*) são uma especialização de agente social.

Segundo a UFO-C, uma *Descrição Normativa (Normative Description)* é um tipo de objeto social que define uma ou mais regras/normas reconhecidas por pelo menos um agente social e que pode definir entidades sociais como universais (por exemplo, tipos de comprometimentos sociais), outros objetos (por exemplo, a coroa do rei da Espanha) e papéis sociais (por exemplo, pedestre e presidente). São exemplos de descrições normativas a Constituição Brasileira e o regimento dos cursos de Pós-Graduação da COPPE/UFRJ, bem como um conjunto de diretrizes sobre como realizar determinadas atividades em uma organização.

Conforme apresentado em UFO-A, momentos são entidades que denotam propriedades e que dependem de outras entidades para existir. Em UFO-C introduz-se o conceito de *Momento Intencional (Intentional Moment)*, um tipo especial de *Momento Mental (Mental Moment)* inerente a agentes, que possui um tipo de intencionalidade e uma *Proposição (Proposition)*, ou seja, um conteúdo proposicional. Momentos intencionais cuja intencionalidade é definida como *alguma coisa que se intenciona* são chamados de *Intenção (Intention)*. Uma intenção caracteriza uma situação almejada pelo agente. Por exemplo, uma organização *O* pode ter a intenção de *ser bem sucedida*. O conteúdo proposicional de uma intenção é um *Objetivo (Goal)*. No exemplo citado, um conteúdo proposicional possível seria: estar entre as dez maiores organizações do seu nicho de mercado em seu país.

Vale destacar que momentos intencionais estão relacionados com situações, sendo essa relação definida da seguinte maneira: uma situação no mundo real pode satisfazer o conteúdo proposicional de um momento intencional, isto é, satisfazer, no sentido lógico, a proposição que representa o conteúdo proposicional. Considerando o exemplo citado, a situação *A organização O é a quinta maior em seu nicho de mercado no Brasil* satisfaz o conteúdo proposicional *estar entre as dez maiores organizações do seu nicho de mercado em seu país*.

Uma vez que intenções caracterizam situações almejadas por um agente, há um comprometimento interno deste em alcançá-las. Por essa razão, intenções levam agentes a executarem *Ações (Actions)*. Ações são eventos intencionais, ou seja, eventos que instanciam um plano (*Ação Universal (Action Universal)*) com o propósito específico de satisfazer o conteúdo proposicional de alguma intenção. Um processo padrão de desenvolvimento de software é exemplo de uma ação universal. Suas instanciações nos projetos de uma organização são exemplos de ações. Assim como eventos, ações podem ser atômicas (*Ação Atômica (Atomic Action)*) ou complexas. Uma *Ação Complexa (Complex Action)* é composta por duas ou mais participações que podem, por sua vez, ser intencionais (sendo, portanto, elas próprias ações) ou eventos não intencionais. Então, no exemplo anterior, tem-se uma ação

complexa universal (o processo padrão) e ações complexas (as instâncias do processo nos projetos).

Seguindo as teorias filosóficas de ação, em UFO nem toda participação de um agente é considerada uma ação, mas somente as participações intencionais. Apenas agentes (entidades capazes de possuir modos intencionais) podem realizar ações. Objetos, sendo entidades inanimadas, não realizam ações, mas podem participar delas (*Resource Participation*) como recurso (*resource*).

A Figura 3.9 apresenta o fragmento de UFO-C que inclui os conceitos apresentados. Na figura são apresentados apenas os conceitos especializados de *Particular*. No entanto, uma vez que a distinção realizada entre universais e particulares em UFO-A e UFO-B permanece em UFO-C, cabe lembrar que há conceitos especializados de *Universal* equivalentes, mas que, para simplificação da figura, não estão representados. Os conceitos de UFO-A e UFO-B utilizados são identificados em tons de cinza claro e cinza escuro, respectivamente. Vale, ainda, ressaltar que, conforme dito anteriormente, UFO-C foi construída a partir de UFO-A e UFO-B, o que pode ser percebido analisando a figura, que mostra os conceitos de UFO-C como especializações de conceitos de UFO-A e UFO-B.

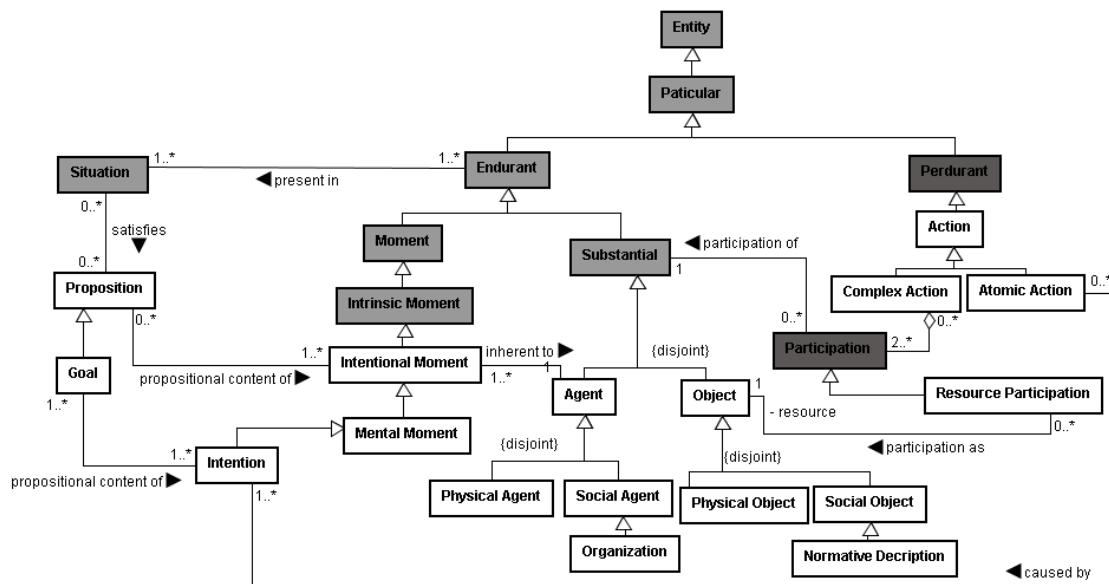


Figura 3.9 – Fragmento de UFO-C incluindo conceitos especializados dos particulares.

Uma visão integrada dos conceitos das partes A, B e C de UFO aqui apresentados é mostrada na Figura 3.10. Os conceitos de UFO-A são identificados em branco e os conceitos de UFO-B e UFO-C são identificados, respectivamente, por tons de cinza escuro e claro. Na figura privilegiou-se a apresentação dos universais, sendo mostrados apenas os particulares que possuem relação direta com os universais.

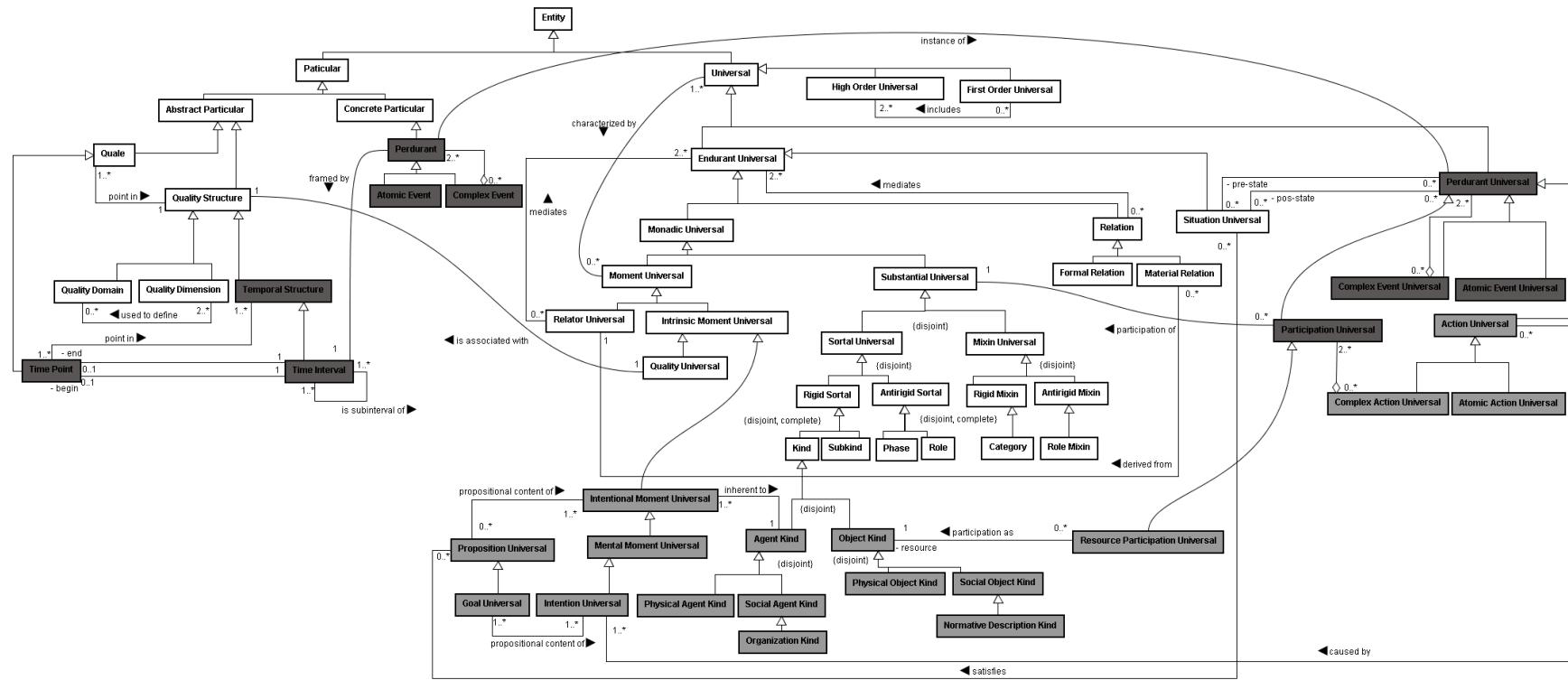


Figura 3.10 – Fragmento de UFO incluindo conceitos de UFO-A, UFO-B e UFO-C.

3.4 Ontologias de Medição de Software

Apesar de, conforme descrito na introdução deste capítulo, haver uma diversidade de propostas de vocabulários relacionados à medição de software na literatura, não há muitos registros de trabalhos que buscam representar esse vocabulário por meio de ontologias. Algumas propostas de ontologias para o domínio medição de software são descritas a seguir.

- DUARTE e FALBO (2000) desenvolveram uma Ontologia de Qualidade de Software, composta pelas subontologias de Características de Qualidade e de Qualidade, a qual, de modo simplificado, trata da medição de software.
- MARTIN e OLSINA (2003) basearam-se em termos das normas ISO/IEC 15939 (ISO/IEC, 2002), ISO/IEC 9126 (ISO/IEC, 2001) e ISO/IEC 14598 (ISO/IEC, 1999) e desenvolveram uma ontologia para medidas e indicadores de software para Web.
- HUANG e FAR (2005), ao definirem um sistema multiagente para automatizar o planejamento de medição baseado em objetivos de negócio organizacionais, utilizaram como referência os termos presentes na ISO/IEC 9126 (ISO/IEC, 2001) e propuseram uma ontologia de medição composta por três subontologias: Questão, que aborda a identificação de questões quantificáveis e indicadores; Medida: que trata da identificação e definição das medidas requeridas pelas questões quantificáveis; e Ação, que aborda as ações que devem ser realizadas para coletar as medidas definidas.
- BERTOA *et al.* (2006) basearam-se nos diversos trabalhos, padrões e normas analisados no estudo registrado em (GARCÍA *et al.*, 2006) e definiram uma Ontologia de Medição de Software composta por quatro subontologias: Caracterização e Objetivos da Medição de Software, que trata do estabelecimento do contexto e dos objetivos da medição; Medidas de Software, que trata dos conceitos básicos para a definição de medidas de software; Formas de Medir, que descreve diferentes modos de obter resultados de medição; e Medição, que inclui conceitos relacionados ao ato de medir software.
- DALMORO e FALBO (2008a, b)(DALMORO, 2008), considerando as limitações da aplicação da proposta de BERTOA *et al.* (2006) à medição de processos de software, definiram uma Ontologia de Qualidade de Software com foco em Avaliação e Melhoria de Processos que inclui diversos

conceitos pertinentes à medição de software, distribuídos em três subontologias: Modelo de Qualidade, que trata das características básicas de entidades que podem ser medidas e avaliadas; Medição, que aborda a medição propriamente dita das características de uma entidade; e Avaliação, que aborda a análise das medições e indicação de ações a serem tomadas no contexto da avaliação de uma entidade.

Analizando esses trabalhos, é possível perceber que os trabalhos registrados em (DUARTE e FALBO, 2000) e (MARTIN e OLSINA, 2003) restringem-se à perspectiva de medição de produtos de software. Já o trabalho registrado em (HUANG e FAR, 2005) apresenta uma visão limitada do processo de medição, uma vez que aborda, de maneira superficial, apenas o planejamento da medição.

Por outro lado, o trabalho registrado em (BERTOA *et al.*, 2006) apresenta uma visão mais completa do processo de medição de software. No entanto, mesmo tendo sido proposta como uma ontologia de medição de software geral, que inclui medição tanto de produtos como de processos de software, a análise da ontologia leva à percepção de uma grande fundamentação de seus conceitos em conceitos oriundos da ISO/IEC 14598 (ISO/IEC, 1999), que é uma norma específica para produtos de software.

Por fim, analisando o trabalho realizado por DALMORO e FALBO (2008a, b) é possível perceber que a ontologia de medição nele proposta fornece uma visão ampla da medição de software e, além disso, aborda a medição de produtos e processos de software. No entanto, a ontologia por eles definida não trata do planejamento da medição considerando o alinhamento aos objetivos organizacionais e dos projetos e, assim como a proposta de BERTOA *et al.* (2006), não inclui aspectos da medição em alta maturidade.

Além disso, nenhum dos trabalhos aqui citados baseou-se em uma ontologia de fundamentação, o que, conforme argumentado neste capítulo, pode ter como consequências a definição de modelos que não existem no mundo real ou que não contemplam todos os aspectos necessários ao domínio na realidade.

3.5 Considerações Finais

A literatura apresenta diversas propostas de vocabulário para o domínio de medição de software, principalmente representadas por meio de terminologias. No entanto, nenhuma delas é considerada um padrão consensual pela área, nem tão pouco abrange aspectos de todo o processo de medição.

Apesar das ontologias serem utilizadas em Engenharia de Software para representar a conceituação de domínios específicos, propostas de vocabulários para medição de software representados por ontologias são menos comuns que terminologias. Além disso, as propostas de ontologias de medição de software encontradas na literatura apresentam limitações, principalmente no que se refere à cobertura dos aspectos da medição realizada nos níveis mais elevados de maturidade.

Ontologias de domínio devem ser fidedignas ao mundo real e dotadas de clareza conceitual, devendo, para isso, seus conceitos representarem especializações de conceitos de uma ontologia de fundamentação.

Neste capítulo o tema ontologias foi introduzido, distinções de UFO, a ontologia de fundamentação utilizada na construção da Ontologia de Medição de Software proposta neste trabalho, foram descritas e as principais propostas de ontologias de medição de software da literatura foram discutidas.

No próximo capítulo é apresentada a visão geral da estratégia para medição de software e avaliação de bases de medidas para controle estatístico de processos definida nesta tese de doutorado, que tem como um de seus principais componentes uma Ontologia de Medição de Software, a qual é apresentada no Capítulo 5.

Capítulo 4

Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade

Neste capítulo são apresentadas a visão geral da estratégia proposta e as justificativas para construção de seus componentes.

4.1 Introdução

Conforme discutido em capítulos anteriores, muitas são as dificuldades relacionadas à medição enfrentadas pelas organizações que desejam realizar o controle estatístico de seus processos para alcançar a alta maturidade. Alguns autores acreditam que grande parte dessas dificuldades ocorre, pois, apesar de modelos como CMMI (CHRISSIS *et al.*, 2006) e MR MPS (SOFTTEX, 2009) incluírem as práticas requeridas à alta maturidade, as organizações não são orientadas sobre como devem realizar a medição para que essas práticas sejam possíveis (CARD, 2004). Nesse contexto, conforme apontam TARHAN e DEMIRORS (2006), dificuldades relacionadas ao controle estatístico de processos podem ser amenizadas pela definição e uso de estratégias que apoiem as organizações na realização das ações necessárias ao controle estatístico.

Assim, nesta tese é proposta uma estratégia que visa apoiar as organizações de software na preparação e realização do controle estatístico de processos, auxiliando-as na realização de medições adequadas ao controle estatístico e na avaliação e adequação de suas bases de medidas para aplicação nesse contexto.

Este capítulo apresenta a visão geral da estratégia proposta e de seus componentes e, para isso, encontra-se assim organizado: na seção 4.2 é apresentada a estratégia para realização de medição de software e avaliação de bases de medidas para controle estatístico de processos, incluindo abordagens para aplicação da estratégia proposta em cenários organizacionais; nas seções 4.3, 4.4 e 4.5 são apresentadas as principais justificativas para a construção de cada componente da estratégia proposta (respectivamente: Ontologia de Medição de Software, Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas e Conjunto de Recomendações para Medição de Software); e na seção 4.6 são realizadas as considerações finais do capítulo.

4.2 Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade

Segundo HOFER e SCHENDEL (1978), uma estratégia pode ser definida como o estabelecimento dos meios fundamentais para alcançar um determinado objetivo. Em consonância com essa definição, a estratégia proposta nesta tese busca fornecer os meios necessários para que as organizações de software que se encontram ou desejam alcançar os níveis mais elevados de maturidade sejam capazes de realizar medições adequadas ao controle estatístico de processos, bem como avaliar e adequar suas bases de medidas para aplicação nesse contexto.

A estratégia proposta é composta por três componentes:

- (a) *Ontologia de Medição de Software (OMS)*: componente que representa o conhecimento útil e necessário referente ao domínio de medição de software, considerando tanto aspectos da medição tradicional quanto em alta maturidade.
- (b) *Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software (LABM)*: componente que utiliza um conjunto de requisitos para avaliar bases de medidas existentes e determinar sua adequação ao controle estatístico de processos, identificando, quando apropriado, ações que podem ser realizadas para tornar a base de medidas adequada.
- (c) *Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos (CRMS)*: componente formado por diversas recomendações que fornecem orientações para a realização de medições adequadas ao controle estatístico de processos.

O conhecimento representado pela Ontologia de Medição de Software é a base para a definição e a utilização dos demais componentes da estratégia proposta, uma vez que ela estabelece um vocabulário comum sobre o domínio em questão.

O Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas apoia a avaliação de bases de medidas existentes e, quando apropriado, sugere ações que podem ser realizadas para adequar a base de medidas para o controle estatístico. A avaliação realizada segundo o

IABM considera o Plano de Medição, a estrutura da base de medidas, as medidas definidas e os dados coletados para as medidas. Os resultados da avaliação de uma base de medidas pelo IABM são registrados em um Diagnóstico de Avaliação que também inclui as ações para adequação possíveis.

O Conjunto de Recomendações para Medição de Software, por sua vez, auxilia a realização do processo de medição de maneira adequada ao controle estatístico de processos, fornecendo orientações sobre aspectos relevantes à medição aplicada a esse contexto. Suas recomendações baseiam-se principalmente nos requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas e na conceituação provida pela Ontologia de Medição de Software.

Na Figura 4.1 é apresentada uma visão geral da estratégia proposta na tese, incluindo-se as principais aplicações dos componentes. As linhas em destaque (mais espessas) indicam relações existentes entre os componentes da estratégia. O detalhamento dos componentes da estratégia é apresentado nos capítulos subsequentes.

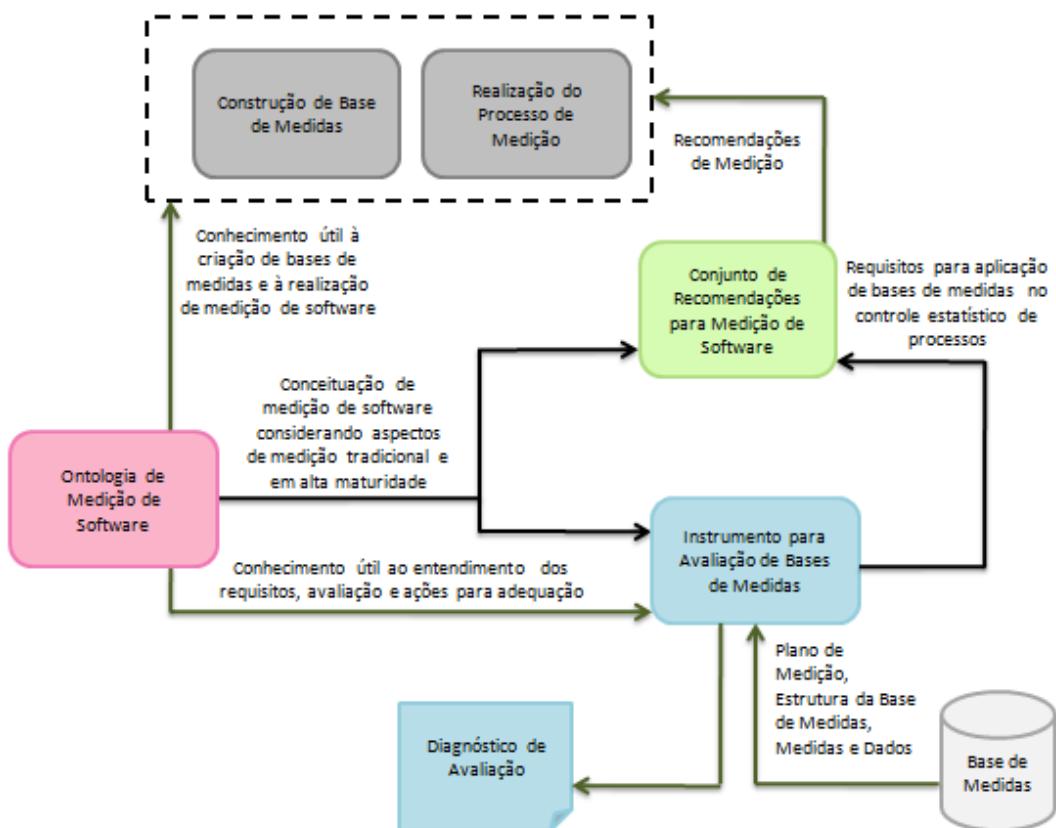


Figura 4.1 – Visão geral da estratégia proposta.

Considerando-se as relações existentes entre os componentes (linhas mais espessas na figura), a análise da Figura 4.1 permite notar que a conceituação representada pela

Ontologia de Medição de Software é utilizada para definição do Conjunto de Recomendações para Medição de Software e do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas. Além disso, os requisitos identificados no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas são considerados na definição do Conjunto de Recomendações para Medição de Software.

Em relação à aplicação dos componentes, a Figura 4.1 ilustra a utilização da Ontologia de Medição de Software para apoiar a criação de bases de medidas, a realização do processo de medição de software e, quando necessário, o entendimento dos requisitos, avaliação e ações para adequação presentes no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas. A figura também mostra a utilização do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas na avaliação de bases de medidas, bem como a utilização do Conjunto de Recomendações para Medição de Software para apoiar a criação de bases de medidas e a realização do processo de medição.

A aplicação da estratégia proposta em ambientes organizacionais considera dois cenários:

- (i) Organizações que já alcançaram os níveis iniciais de maturidade e, com isso, possuem bases de medidas com dados coletados ao longo de seus projetos; e
- (ii) Organizações que estão iniciando um programa de melhoria de processos e desejam desde o início definir bases de medidas e realizar medições adequadas aos níveis mais elevados de maturidade.

Organizações que se encontram no cenário (i), ou seja, que já alcançaram os níveis iniciais de maturidade e, com isso, possuem bases de medidas com dados coletados ao longo de seus projetos, podem utilizar o *Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software (IABM)* para avaliar e adequar, quando possível, sua base de medidas.

Nesse caso, como mostra a Figura 4.2, o IABM é utilizado para avaliar a base de medidas da organização considerando-se o Plano de Medição, a estrutura da base de medidas, as medidas definidas e os dados coletados para as medidas. Os resultados da avaliação são registrados em um Diagnóstico de Avaliação no qual a organização pode se basear para realizar as ações necessárias para adequar sua base de medidas.

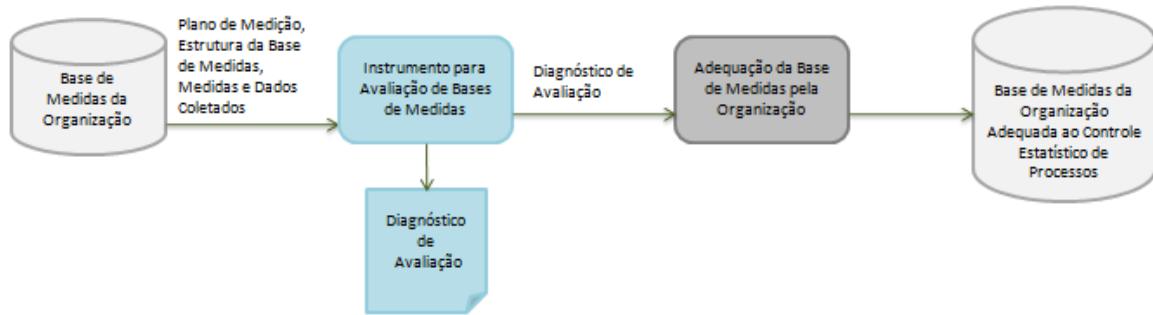


Figura 4.2 - Aplicação do Instrumento de Avaliação de Bases de Medidas no cenário (i).

Nota-se que a avaliação de bases de medidas é uma abordagem reativa, isto é, busca verificar a adequação de medidas já coletadas e armazenadas, identificar problemas e propor soluções. Essa é a única abordagem possível para a preparação para o controle estatístico de processos, quando a organização dispõe de uma base de medidas resultante de medições realizadas em níveis anteriores de maturidade.

Entretanto, não dispor de uma base de medidas adequada pode retardar em muito o início do controle estatístico dos processos e o alcance dos níveis mais altos de maturidade. Torna-se, assim, necessária uma abordagem pró-ativa, que busque desde o início da implantação de um Programa de Medição a definição, coleta e armazenamento de medidas de forma adequada para que, no futuro, a organização possa realizar o controle estatístico dos processos.

Em uma abordagem pró-ativa, organizações que se encontram no cenário (ii), ou seja, que estão iniciando um programa de melhoria de processos e desejam desde o início definir bases de medidas e realizar medições adequadas aos níveis mais elevados de maturidade, podem utilizar o *Conjunto de Recomendações para Medição de Software (CRMS)* e a *Ontologia de Medição de Software (OMS)* para definirem sua base de medidas e seu Plano de Medição adequados ao controle estatístico de processos. Nesse caso, como mostra a Figura 4.3, a OMS e o CRMS fornecem o conhecimento necessário à definição e realização de medições de software, bem como à criação de uma base de medidas adequadas ao controle estatístico de processos.

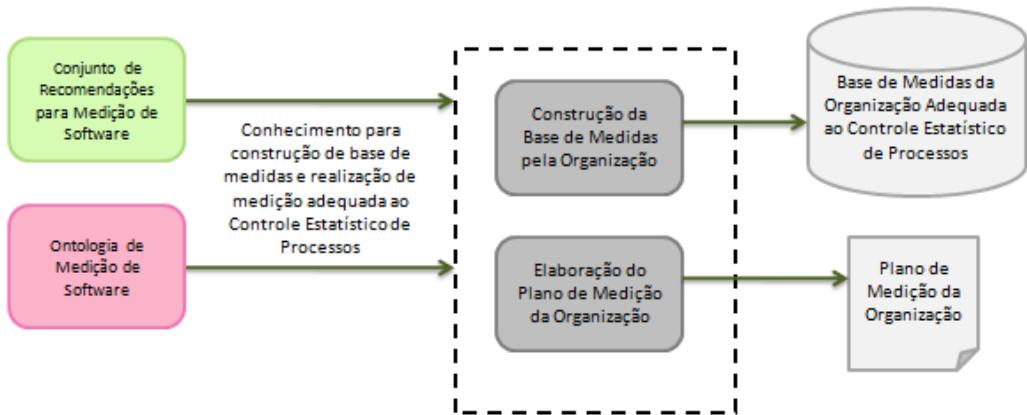


Figura 4.3 - Aplicação da Ontologia de Medição de Software e do Conjunto de Recomendações para Medição de Software no cenário (ii).

A realização do controle estatístico de processos em uma organização requer a coleta frequente de dados para as medidas e, algumas vezes, a definição de novas medidas. Sendo assim, as abordagens de aplicação da estratégia descritas anteriormente devem ser complementadas com a manutenção da adequação da base de medidas e da medição de software.

Para isso, quando dados forem coletados para as medidas definidas ou quando novas medidas forem identificadas, considerando-se necessidades de informação organizacional ou de projetos, a adequação da base de medidas deve ser revista, aplicando-se o *Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas*. Além disso, as medidas identificadas devem ser definidas e coletadas adequadamente, segundo o conhecimento presente no *Conjunto de Recomendações para Medição de Software* e na *Ontologia de Medição de Software*. A Figura 4.4 ilustra essa situação.

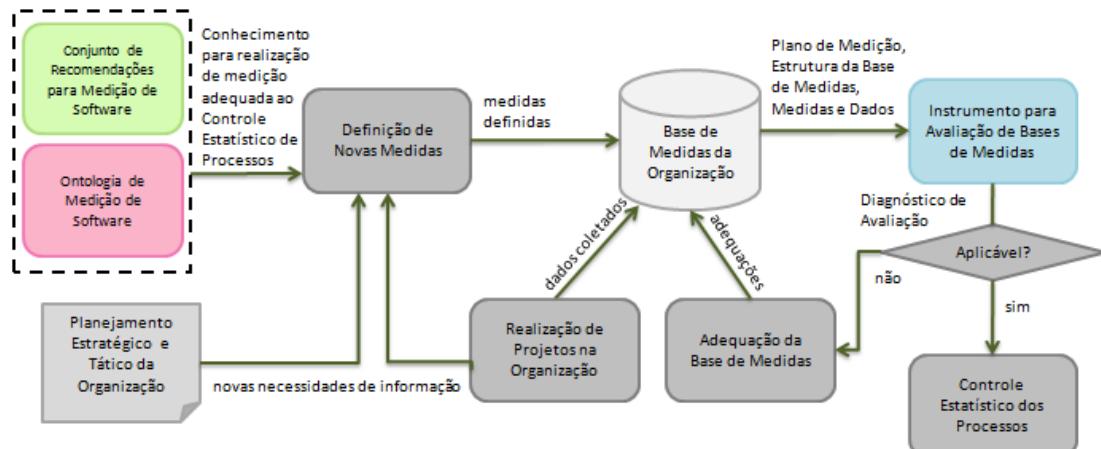


Figura 4.4 - Manutenção da adequação da base de medidas e da medição de software para cenários (i) e (ii).

Como mostra a figura, os objetivos estabelecidos no Planejamento Estratégico e no Planejamento Tático da Organização podem levar à identificação de novas necessidades de informação. Além disso, os projetos da organização podem ter objetivos específicos que também podem levar à identificação de novas necessidades de informação. Essas necessidades de informação são atendidas por medidas cuja definição é orientada pelo *Conjunto de Recomendações para Medição de Software (CRMS)* e pela *Ontologia de Medição de Software (OMS)*. As medidas definidas são registradas na base de medidas da organização e, ao longo dos projetos, são realizadas medições cujos dados coletados são armazenados na base de medidas. Para realizar o controle estatístico, a adequação da base de medidas é avaliada pelo *Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas (IABM)*. Se a base de medidas estiver adequada, as medidas e os dados coletados são utilizados no controle estatístico dos processos. Caso contrário, as inadequações identificadas são tratadas pela organização para, só então, ser possível utilizar as medidas e dados coletados no controle estatístico.

Nas próximas seções, como uma introdução à apresentação dos componentes da estratégia, realizada nos capítulos subsequentes, são apresentadas justificativas para a construção de cada um deles, bem como seus principais pilares teóricos. Cabe destacar que, uma vez que a introdução a cada componente é realizada neste capítulo, nos capítulos nos quais os componentes são detalhados (capítulos 5, 6 e 7), as seções de Introdução foram reduzidas à apresentação da organização dos capítulos.

4.3 Ontologia de Medição de Software

Conforme apresentado no Capítulo 3, a análise dos padrões internacionais de Engenharia de Software que tratam da medição, produzidos pelas maiores instituições de padronização, tais como IEEE, ISO e IEC, leva à percepção de que há diversas inconsistências entre eles e de que nenhuma das propostas oferece uma visão completa da medição de software.

Considerando essas limitações, foi identificada a necessidade de definir uma Ontologia de Medição de Software para representar o conhecimento relevante a esse domínio e prover um vocabulário comum que abranja aspectos relevantes a todo o processo de medição de software, abordando tanto a medição tradicional quanto em alta maturidade. Para isso, o componente Ontologia de Medição de Software proposto tem como base as diversas propostas de conceitos e terminologias da literatura e os requisitos específicos da medição de software em alta maturidade.

Sendo a Ontologia de Medição de Software uma ontologia de domínio, buscando dotá-la de fidedignidade ao mundo real e clareza conceitual, sua construção seguiu a abordagem proposta por GUARINO (1998), sendo tomados como base conceitos genéricos de uma ontologia de fundamentação, a Ontologia de Fundamentação Unificada (*Unified Foundational Ontology* – UFO).

4.4 Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos

Como já discutido neste trabalho, a literatura aponta que um dos maiores obstáculos para se alcançar os níveis mais altos de maturidade em processos de software se deve a dificuldades relacionadas às medidas coletadas e à base de medidas das organizações (CAIVANO, 2005; KITCHENHAM *et al.*, 2006; KOMURO, 2006; BORIA, 2007; RACZINSKI e CURTIS, 2008).

Apesar da literatura conter trabalhos que abordam esse tema (KITCHENHAM *et al.*, 2001; EICKELMANN e ANANT, 2003; WANG e LI, 2005; SARGUT e DEMIRORS, 2006; SCOTTO *et al.*, 2006; TARHAN e DEMIRORS, 2006; WANG *et al.*, 2006; ZHANG e SHETH, 2006; KITCHENHAM *et al.*, 2007), algumas questões continuam em aberto, principalmente questões relacionadas à avaliação das bases de medidas.

Embora tenham sido encontrados vários trabalhos que destacam a necessidade de avaliação das medidas para que sejam aplicadas no controle estatístico de processos, apenas um (TARHAN e DEMIRORS, 2006) inclui especificamente uma proposta para avaliação de medidas considerando sua utilidade no controle estatístico de processos. Nele os autores propõem uma abordagem para seleção dos processos que serão submetidos ao controle estatístico. Entre outros critérios relevantes para escolher os processos mais adequados, os autores incluem a existência de medidas úteis associadas aos processos. Para determinar se uma medida é útil, foi definido um conjunto de atributos para avaliação das medidas e dados coletados.

Segundo os autores, o objetivo da abordagem por eles proposta é prover às organizações um arcabouço para preparação e seleção dos processos a serem submetidos ao controle estatístico. Resultados de aplicação da abordagem foram registrados em (TARHAN e DEMIRORS, 2008).

Apesar de incluir avaliação de medidas, até onde teve-se acesso, a abordagem proposta pelos autores é bastante limitada nesse contexto, já que seu foco é a seleção dos processos a serem submetidos ao controle estatístico de processos e não a avaliação das medidas. Os próprios autores afirmam que a análise da utilidade das medidas considerando-se apenas os atributos por eles definidos não é suficiente para selecionar as medidas mais adequadas ao controle estatístico de processos. Além disso, os autores ressaltam a importância de considerar o contexto de execução dos projetos e processos onde as medidas foram coletadas, o que também não é realizado na abordagem por eles proposta.

Uma vez que não foram encontrados registros de propostas satisfatórias de avaliação de medidas para aplicação no controle estatístico, que a inadequação das medidas é um dos maiores obstáculos para realizar o controle estatístico e que as organizações de software têm aumentado seu interesse em implementar o controle estatístico de processos para alcançar a alta maturidade, decidiu-se pela definição de um Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas existentes nas organizações e adequação destas para a realização do controle estatístico de processos.

O principal pilar utilizado para definir o instrumento de avaliação foi uma lista inicial¹² de requisitos necessários às medidas para que estas sejam utilizadas no controle estatístico de processos de software de forma efetiva, obtida a partir das listas de achados de características e problemas resultantes do estudo baseado em revisão sistemática realizado (apresentado no Capítulo 2 e detalhado no Anexo 1). Os requisitos que compõem essa lista inicial são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Lista de requisitos necessários a uma medida para utilização no controle estatístico de processos de software identificados no estudo.

| Id | Requisito |
|-----------|---|
| R1 | Alinhamento a objetivos do projeto e/ou da organização. |
| R2 | Apoio à melhoria de processo. |
| R3 | Associação a atividade que produz item mensurável. |
| R4 | Associação a processo crítico. |
| R5 | Baixa granularidade. |

¹² Diz-se inicial, pois os requisitos foram refinados ao longo da evolução do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas (descrito no Capítulo 6).

Tabela 4.1 – Lista de requisitos necessários a uma medida para utilização no controle estatístico de processos de software identificados no estudo (continuação).

| Id | Requisito |
|-----------|--|
| R6 | Consistência dos dados coletados. |
| R7 | Critérios para agrupamento, análise e comparação de medidas definidos. |
| R8 | Definição operacional correta e satisfatória. |
| R9 | Existência das informações de contexto da medida. |
| R10 | Localização conhecida e acessível dos dados coletados para a medida. |
| R11 | Medidas correlatas definidas. |
| R12 | Não existência ou quantidade de dados perdidos que não comprometa a análise. |
| R13 | Não utilização de dados agregados. |
| R14 | Normalização correta da medida (se normalizada). |
| R15 | Possibilidade de normalização da medida (se aplicável). |
| R16 | Precisão dos dados coletados. |
| R17 | Relação com o desempenho do processo. |
| R18 | Relevância para tomada de decisão. |
| R19 | Validade das medidas correlatas. |
| R20 | Volume suficiente de dados coletados. |

Vale ressaltar que para a identificação da lista de requisitos, nem todos os elementos das listas de achados de problemas e características foram explicitamente utilizados, porém todos os elementos foram úteis ao detalhamento do instrumento de avaliação, bem como à definição dos demais componentes da estratégia. As informações detalhadas sobre o procedimento realizado para obtenção da lista de requisitos também encontram-se na descrição completa do estudo baseado em revisão sistemática da literatura, registrada no Anexo 1.

4.5 Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos

Definir um programa de medição adequado e realizar a medição corretamente permitem às organizações de software predizer o desempenho e a capacidade de seus processos, garantir a qualidade de seus produtos e melhorar, contínua e eficientemente, seus processos. No entanto, apesar de ser considerada uma atividade básica de Engenharia de Software, comumente as organizações apresentam dificuldades para realizar medição adequadamente e acabam por implementar programas de medição precários ou não alinhados aos objetivos de negócio. Consequentemente, a melhoria dos processos nessas

organizações torna-se limitada ou ineficiente, uma vez que, para implantar um programa de melhoria de processos, o primeiro passo é realizar a medição corretamente (WANG e LI, 2005).

No contexto de modelos de maturidade, à medida que o nível de maturidade dos processos aumenta, novas necessidades são identificadas e novas medidas são definidas. Então, pode-se dizer que o processo de medição e as medidas utilizadas em uma organização orientam a evolução de um nível de maturidade para outro (PFLEEGER, 1993; DUMKE *et al.*, 2004). No entanto, realizar medição de software adequada ao controle estatístico de processos somente quando as práticas relacionadas à alta maturidade são iniciadas pode retardar sua implantação, pois, para obter o volume de dados requerido para aplicar uma medida no controle estatístico de processos, medidas adequadas a esse contexto (as quais, geralmente, não são definidas nos níveis iniciais de maturidade) devem ser definidas e os processos devem ser executados diversas vezes em projetos da organização.

Uma maneira de tratar essa questão é realizar medição de software adequada ao controle estatístico de processos desde os níveis anteriores à alta maturidade. Assim, quando a organização iniciar as práticas da alta maturidade, dentre elas o controle estatístico, ela possuirá em sua base de medidas dados e medidas adequados à análise de desempenho dos processos. Entretanto, ainda não há um conjunto bem estabelecido de orientações com esse propósito.

Considerando essa lacuna, decidiu-se por definir um Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos, que visa auxiliar as organizações na implementação de um processo de medição adequado ao controle estatístico, fornecendo orientações relacionadas a aspectos considerados relevantes à medição realizada nesse contexto.

4.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a visão geral da estratégia proposta para realização de medição e avaliação de bases de medidas para controle estatístico de processos em organizações de alta maturidade. Também foram apresentadas abordagens para aplicação da estratégia proposta em cenários organizacionais. Os componentes que formam a estratégia foram introduzidos e serão detalhados nos próximos capítulos.

É importante destacar que, para que o controle estatístico de processos de software proporcione resultados satisfatórios, ele deve estar associado a um programa de melhoria

de processos, caso contrário seus resultados tendem a ser pontuais ou ineficientes (ISSAC *et al.*, 2004). Nesse sentido, a estratégia de apoio à realização do controle estatístico de processos definida nesta tese deve, então, ser associada a um programa de melhoria de processos para que seja eficiente.

No próximo capítulo, o componente Ontologia de Medição de Software é apresentado em detalhes.

Capítulo 5

Ontologia de Medição de Software

Neste capítulo é apresentada a Ontologia de Medição de Software, primeiro componente da estratégia para realização de medição e adequação de bases de medidas para controle estatístico de processos proposta nesta tese.

5.1 Introdução

Este capítulo apresenta parcialmente a Ontologia de Medição de Software desenvolvida e se encontra assim organizado: na seção 5.2 é apresentada a extensão realizada em UFO-A para incluir aspectos necessários ao contexto da Ontologia de Medição de Software; na seção 5.3 é descrita a metodologia utilizada para construir a Ontologia de Medição de Software; na seção 5.4 são apresentados os fragmentos da Ontologia de Organização de Software e da Ontologia de Processos de Software utilizados pela Ontologia de Medição de Software; na seção 5.5 a Ontologia de Medição de Software propriamente dita é apresentada; e na seção 5.6 são realizadas as considerações finais do capítulo. A ontologia completa é apresentada no Anexo 2 desta tese.

5.2 Extensão em UFO-A

De acordo com a apresentação de UFO realizada no Capítulo 3, segundo UFO-A, *Momentos Intrínsecos Universais (Intrinsic Moment Universals)* denotam propriedades presentes em universais. Eles estão associados a *Estruturas de Qualidade (Quality Structures)* formadas por pontos (*qualia*) que representam as possíveis percepções para um momento. Ainda segundo UFO-A, quando um momento intrínseco universal está associado a uma estrutura de qualidade tem-se um *Universal de Qualidade (Quality Universal)*.

Como exemplo que inclui esses conceitos, tem-se o universal de qualidade Peso presente no substancial universal Maçã, relacionado à estrutura de qualidade Peso, formada pelos números reais positivos. O valor x do peso p de uma maçã específica m é um *quale*. A Figura 5.1 ilustra esse exemplo.

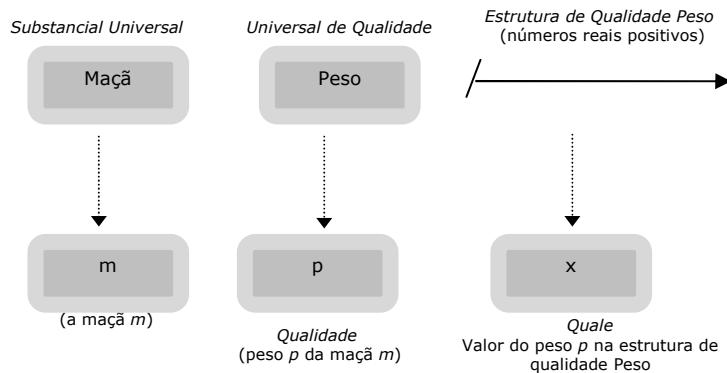


Figura 5.1 – Exemplo envolvendo conceitos relacionados à estrutura de qualidade em UFO-A.

Segundo a *General Formal Ontology* (GFO) uma propriedade pode ser percebida de formas diferentes, de acordo com o instrumento de medição utilizado (HERRE *et al.*, 2004) (HERRE *et al.*, 2006). Por exemplo, a percepção de uma cor no sistema de medição RGB (*Red-Green-Blue*) é diferente da percepção dessa cor no sistema de medição CMY (*Cyan-Magenta-Yellow*), embora a cor seja a mesma.

Em termos de UFO-A, isso significa dizer que para um universal de qualidade é possível ter diferentes estruturas de qualidade, associadas a diferentes instrumentos (GUIZZARDI, 2005). No entanto, o conceito de instrumento não foi encontrado explicitamente nos modelos de UFO-A registrados na literatura.

No contexto da medição de software, uma propriedade (por exemplo, o tamanho de um projeto) pode ser mensurada por diferentes medidas (por exemplo, número de pontos de função, número de linhas de código e número de casos de uso) e, de acordo com a medida utilizada, a propriedade é representada por um valor específico. Ou seja, para a medição de software, uma medida é um instrumento. Dessa forma, para contemplar esse contexto, decidiu-se por tornar explícita a representação do conceito *Instrumento Universal* (*Instrument Universal*) em UFO-A.

Além disso, foi introduzido o conceito de *Universais Mensuráveis* (*Measurable Universals*), que são universais (*perdurants* e *endurants*) caracterizados por universais de qualidade, que são quantificados de acordo com um instrumento, o qual realiza a associação entre um indivíduo qualidade e um valor da estrutura de medição, ou seja, um *quale*.

Considerando o exemplo apresentado na Figura 5.1 e acrescentando os conceitos de universal mensurável e instrumento, tem-se que o substancial universal *Maçã* também é

um universal mensurável e que o peso p de uma maçã m é obtido de acordo com o instrumento universal *Peso em Gramas*. A Figura 5.2 ilustra esse exemplo.

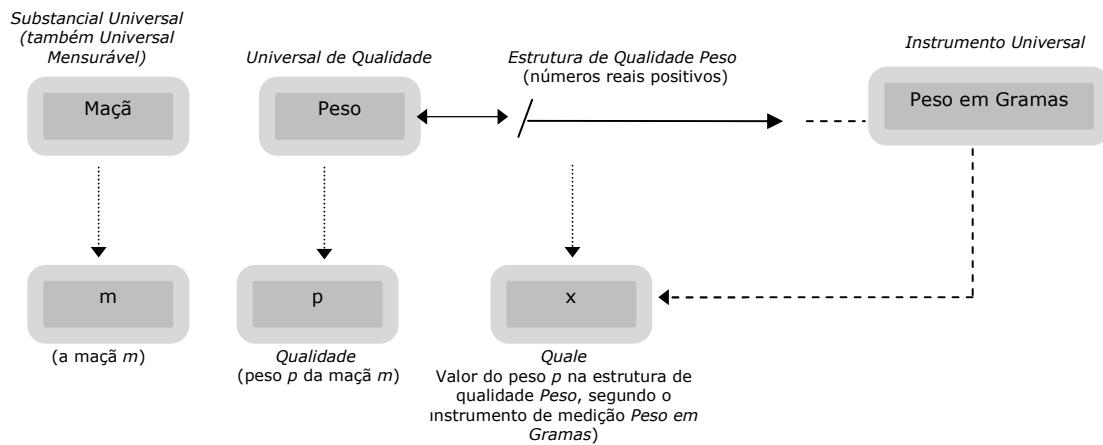


Figura 5.2 – Exemplo envolvendo a alteração realizada em UFO-A (inclusão de Universal Mensurável e representação de Instrumento Universal).

É importante notar que a substituição do instrumento adotado (*Peso em Gramas*) por outro instrumento como, por exemplo, *Peso em Quilos*, leva à identificação de outro *quale* na estrutura de qualidade, ou seja, à associação de outro valor à qualidade p da maçã m .

Na Figura 5.3 é apresentado o fragmento de UFO-A que inclui as alterações realizadas (em destaque na figura).

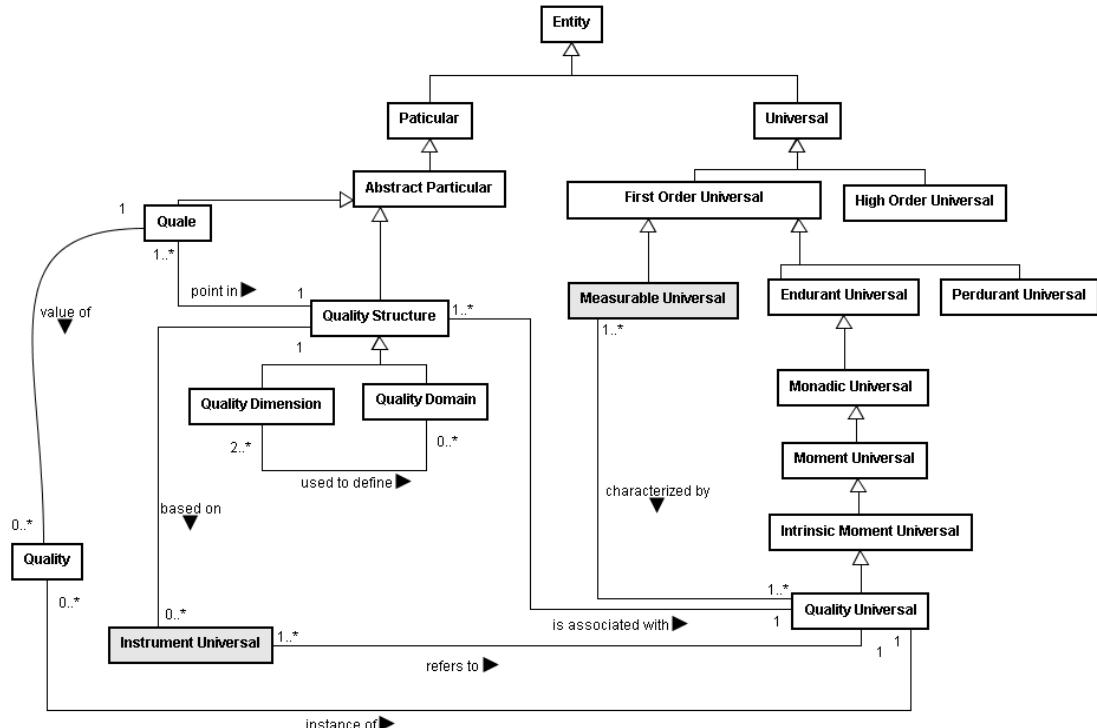


Figura 5.3 – Fragmento de UFO-A com alterações realizadas.

5.3 Metodologia de Construção da Ontologia de Medição de Software

A Ontologia de Medição de Software foi construída seguindo o processo proposto por SABiO - *Systematic Approach for Building Ontologies* (FALBO, 2004), cujas principais atividades são:

- a) **Identificação do Propósito e Especificação de Requisitos:** consiste na identificação do propósito da ontologia e de sua utilização esperada. Inclui a definição de questões de competência que indicam as questões que a ontologia deve ser capaz de responder.
- b) **Captura da Ontologia:** consiste na captura da conceituação do domínio, com base no propósito da ontologia. Nesta atividade, conceitos, relações, propriedades e axiomas²³ relevantes devem ser identificados e organizados. Modelos usando uma linguagem gráfica e um dicionário de termos devem ser utilizados para facilitar a comunicação com especialistas do domínio.
- c) **Formalização da Ontologia:** consiste na representação da conceituação capturada pela ontologia em uma linguagem formal.
- d) **Integração com Ontologias Existentes:** consiste na integração da ontologia em questão com outras já existentes, de modo a reutilizar conceituações previamente estabelecidas, quando necessário.
- e) **Avaliação da Ontologia:** consiste na verificação da competência da ontologia, ou seja, da satisfação aos requisitos estabelecidos em sua especificação.
- f) **Documentação:** consiste na documentação da ontologia.

SABiO inclui, ainda, o uso de uma linguagem de modelagem para facilitar a comunicação dos modelos da ontologia, sugerindo um perfil UML (*Unified Modeling Language*) como linguagem gráfica para representação de ontologias. No entanto, na Ontologia de Medição de Software proposta, adotou-se o perfil OntoUML proposto por GUIZZARDI (2005), o qual é baseado nos conceitos definidos em UFO. Quando um conceito não está estereotipado, significa que ele possui o mesmo estereótipo de seu supertípico.

²³ Axiomas são utilizados para tornar explícitas restrições que envolvem conceitos e relações, bem como as leis de integridade que os regem (FALBO, 2004).

No Anexo 2 encontram-se informações sobre as notações utilizadas nos modelos UML apresentados neste capítulo.

5.4 Ontologias Integradas à Ontologia de Medição de Software

Para construir a Ontologia de Medição de Software, alguns conceitos relacionados aos processos de software e às organizações de software foram requeridos. Buscando reutilizar conceituações previamente definidas, foram utilizados conceitos originalmente estabelecidos por (BERTOLLO, 2006) e (VILLELA, 2004), que propuseram, respectivamente, uma Ontologia de Processos de Software e uma Ontologia de Organização de Software.

Considerando que a Ontologia de Medição de Software baseia-se em UFO, os conceitos utilizados das demais ontologias também devem apresentar essa característica. Sendo assim, em relação à Ontologia de Processos de Software, foi utilizada sua evolução adequada à UFO apresentada em (GUIZZARDI *et al.*, 2008a). Já em relação à Ontologia de Organização de Software, foi realizada uma reengenharia do substrato da ontologia considerado relevante à Ontologia de Medição de Software, adequando-o à UFO.

A seguir, os fragmentos da Ontologia de Organização de Software e da Ontologia de Processos de Software que foram integrados à Ontologia de Medição de Software são descritos.

5.4.1 Ontologia de Organização de Software

A Figura 5.4 apresenta o fragmento da Ontologia de Organização de Software considerado pela Ontologia de Medição de Software. Os conceitos diretamente utilizados aparecem em destaque. Após a figura é apresentada uma sucinta descrição dos conceitos.

A descrição completa da reengenharia realizada na Ontologia de Organização de Software original (VILLELA, 2004) para obtenção do fragmento mostrado na Figura 5.4 encontra-se no Anexo 3.

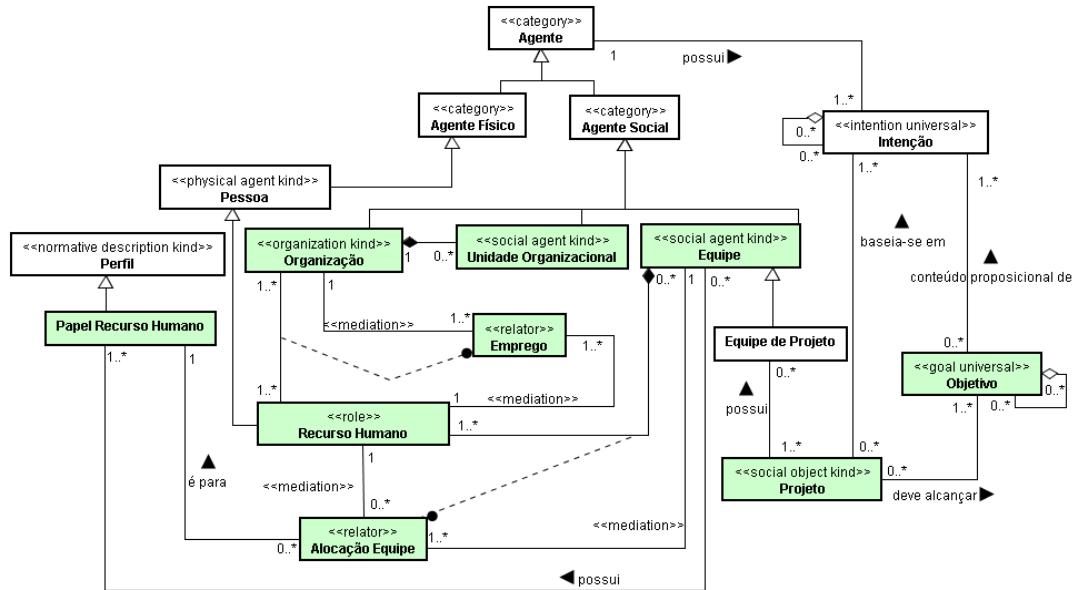


Figura 5.4 – Fragmento da Ontologia de Organização de Software adequado à UFO (BARCELLOS e FALBO, 2009).

Seguindo a conceituação de UFO, *Agentes* são capazes de realizar ações com alguma intenção, que é expressa por objetivos. Sendo assim, uma *Intenção* é o propósito pelo qual ações são planejadas e realizadas e um *Objetivo* é o conteúdo proposicional de uma intenção. Organizações, unidades organizacionais e equipes são *Agentes Sociais*, enquanto pessoas são *Agentes Físicos*.

Uma *Organização* é um agente social que emprega recursos humanos para realizarem ações visando o alcance de seus objetivos. *Pessoas* passam a desempenhar o papel de *Recurso Humano* de uma organização quando são nela empregadas. Organizações podem ser divididas em *Unidades Organizacionais*, que são agrupamentos de recursos humanos, objetivos e intenções, estabelecidos de acordo com a homogeneidade de conteúdo e alinhamento aos objetivos da organização. De maneira análoga, uma *Equipe* é um agrupamento de recursos humanos estabelecido com uma determinada finalidade, sendo uma *Equipe de Projeto* uma equipe estabelecida no contexto de um projeto. Um *Projeto* é um objeto social temporário que envolve duas ou mais partes e é realizado para alcançar determinados objetivos. Além disso, um projeto baseia-se em intenções.

Uma *Alocação Equipe* registra a ocorrência do evento de alocação de um recurso humano a uma equipe, onde ele desempenha um *Papel Recurso Humano*, que é a descrição de um *Perfil* necessário para atuação em contextos específicos (por exemplo, um recurso humano alocado como gerente de projeto na equipe de um projeto).

5.4.2 Ontologia de Processos de Software

A Figura 5.5 apresenta o fragmento da Ontologia de Processos de Software considerado pela Ontologia de Medição de Software. Os conceitos diretamente utilizados aparecem em destaque. Após a figura é apresentada uma sucinta descrição dos conceitos.

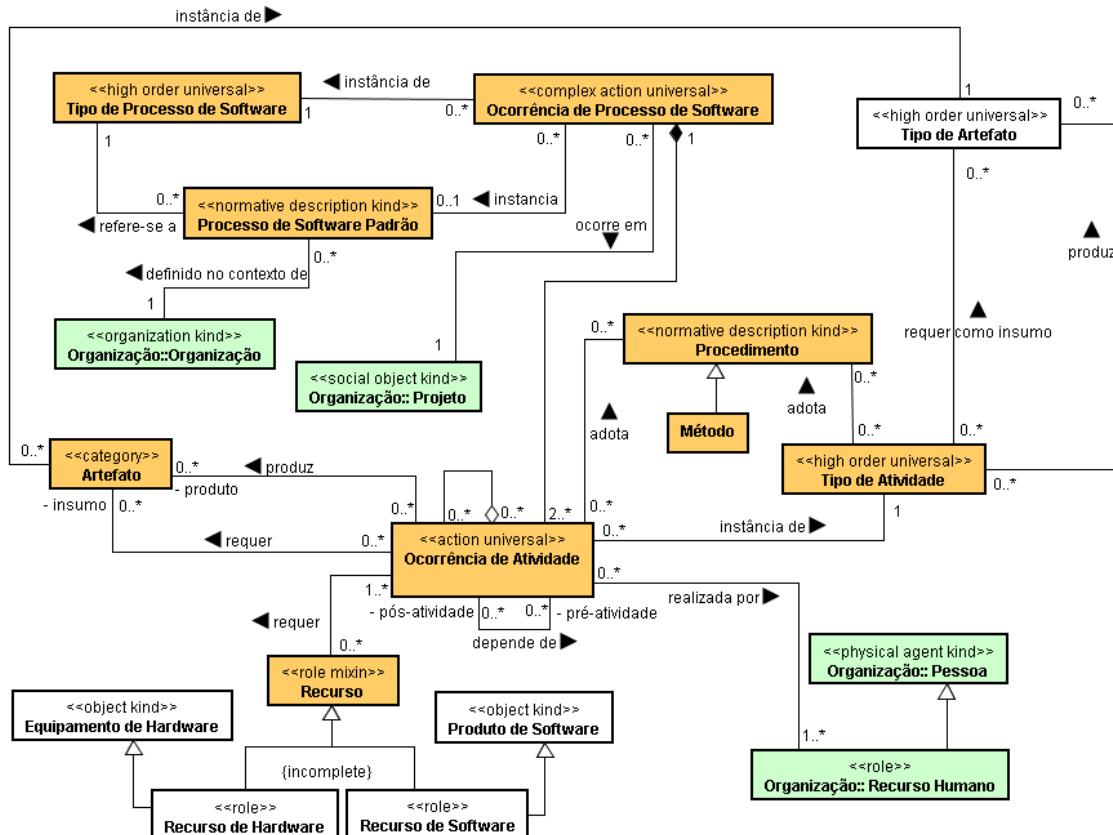


Figura 5.5 – Fragmento da Ontologia de Processos de Software (GUIZZARDI *et al.*, 2008a).

Um *Tipo de Processo de Software* é um universal de mais alta ordem (*High Order Universal*) em UFO e, como tal, possui como instâncias universais de primeira ordem (*First Order Universal*), no caso, *Ocorrências de Processo de Software*. Processo de Verificação e Processo de Desenvolvimento de Requisitos são exemplos de tipos de processos de software. *Ocorrência de Processo de Software* é uma ação complexa instanciada de *Tipo de Processo de Software* e denota uma ação complexa particular que ocorre em um determinado momento, no contexto de um *Projeto* específico, ou seja, um processo de software que é executado em um projeto. O Processo de Desenvolvimento de Requisitos do Projeto X é um exemplo de uma ocorrência de processo de software.

Um *Processo de Software Padrão* é a descrição de um tipo de processo de software, definida no contexto de uma organização. A descrição do Processo de Desenvolvimento de Requisitos da Organização Org é um exemplo de processo de software padrão.

Ocorrências de processo de software são compostas por *Ocorrências de Atividade* que, por sua vez, são instâncias de *Tipo de Atividade*. Um exemplo de tipo de atividade é Elaborar Especificação de Requisitos, enquanto que a atividade Elaborar Especificação de Requisitos que compõe o Processo de Desenvolvimento de Requisitos do Projeto X é um exemplo de ocorrência de atividade. Uma ocorrência de atividade é realizada por *Recursos Humanos* e requer *Recursos*, que podem ser *Recursos de Hardware* (por exemplo, um computador e uma impressora) ou *Recursos de Software* (por exemplo, um editor de textos). Além disso, uma ocorrência de atividade pode adotar *Procedimentos* (como por exemplo, Descrição de Casos de Uso) e utilizar ou produzir *Artefatos* (por exemplo, um diagrama de casos de uso ou um documento de Especificação de Requisitos).

5.5 A Ontologia de Medição de Software

A Ontologia de Medição de Software proposta tem como objetivo representar o conhecimento relevante à medição de software e prover um vocabulário consistente relativo a esse domínio, abordando tanto aspectos da medição tradicional quanto em alta maturidade.

Para abranger o escopo necessário ao alcance desse objetivo, a Ontologia de Medição de Software foi dividida em sete subontologias, a saber:

- a. *Subontologia de Entidades Mensuráveis*: trata das entidades que podem ser submetidas à medição e de suas propriedades que podem ser medidas.
- b. *Subontologia de Medidas de Software*: trata da definição de medidas de software.
- c. *Subontologia de Objetivos de Medição*: trata do alinhamento da medição de software com os objetivos estratégicos.
- d. *Subontologia de Definição Operacional de Medidas*: trata do detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise de medidas, estabelecido por uma organização de acordo com seus objetivos de medição.
- e. *Subontologia de Medição de Software*: trata da medição propriamente dita, ou seja, a coleta e armazenamento dos dados para as medidas.
- f. *Subontologia de Resultados da Medição*: trata da análise dos dados coletados para as medidas para obtenção das informações de apoio às decisões.
- g. *Subontologia de Comportamento de Processos*: trata da aplicação dos resultados da medição na análise do comportamento de processos.

Na Figura 5.6 são apresentadas as subontologias que compõem a Ontologia de Medição de Software e os relacionamentos entre elas. Também são apresentadas as relações com as ontologias de Processos de Software e de Organização de Software.

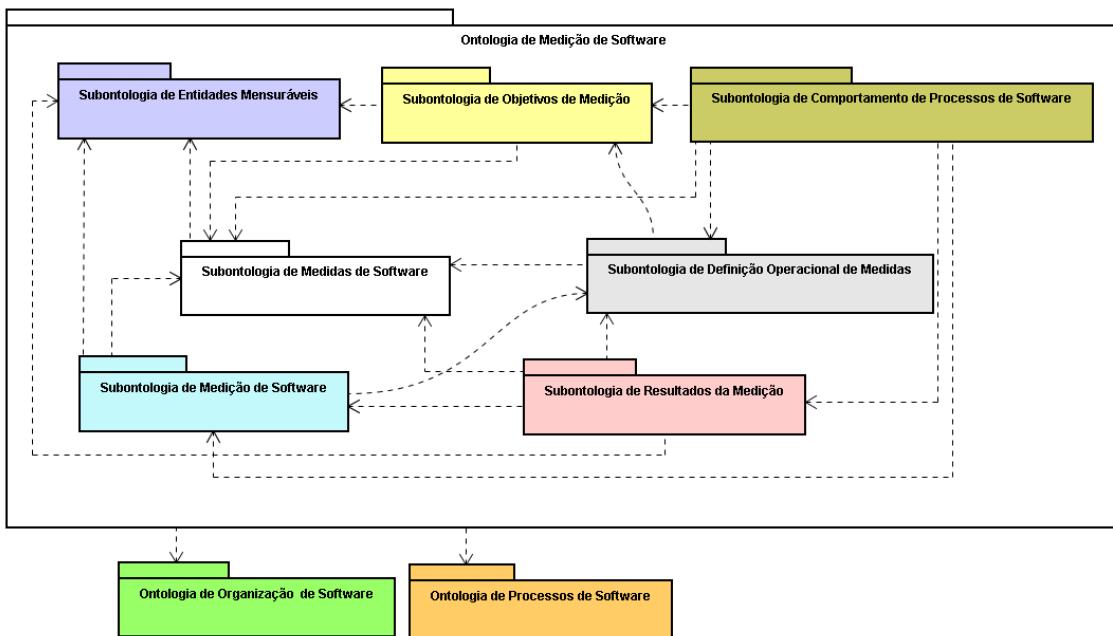


Figura 5.6 – Ontologia de Medição de Software: subontologias e ontologias integradas.

Nas próximas subseções (5.5.1 a 5.5.7) as subontologias que compõem a Ontologia de Medição de Software são apresentadas.

Seguindo o processo definido em SABiO (FALBO, 2004), a identificação do propósito e especificação dos requisitos de cada subontologia foi realizada através da definição de questões de competência, às quais cada subontologia deve ser capaz de responder. A captura e a formalização das subontologias foram realizadas utilizando-se modelos UML, descrições textuais e axiomas. A avaliação foi realizada através da identificação dos conceitos, relações e axiomas necessários para responder a cada questão de competência estabelecida, visando a um compromisso ontológico mínimo, isto é, obter subontologias compostas somente por conceitos, relações e axiomas realmente necessários ao atendimento do propósito delimitado pelas questões de competência. Por fim, para avaliar a aplicação das subontologias considerando indivíduos do mundo real, foram realizadas instanciações de seus conceitos.

Nos modelos UML apresentados, para identificar a ontologia ou subontologia de origem de cada conceito, foram utilizadas cores diferentes. As cores utilizadas para cada subontologia e para as ontologias de Processos de Software e de Organização foram identificadas na Figura 5.6.

Cabe, ainda, destacar que alguns elementos (questões de competência, conceitos e axiomas) presentes no trabalho de DALMORO (2008) foram reutilizados integral ou parcialmente na Ontologia de Medição de Software. A identificação desses elementos consta do Anexo 2 desta tese.

5.5.1 Subontologia de Entidades Mensuráveis

A Subontologia de Entidades Mensuráveis trata das entidades que podem ser submetidas à medição e de suas propriedades que podem ser medidas.

5.5.1.1 Questões de Competência da Subontologia de Entidades Mensuráveis

QC1. Que tipos de entidades podem ser medidos?

QC2. Qual é o tipo de uma entidade mensurável?

QC3. Quais elementos mensuráveis caracterizam um tipo de entidade mensurável?

QC4. Quais elementos mensuráveis caracterizam uma entidade mensurável?

QC5. Quais elementos mensuráveis podem ser diretamente medidos e quais não podem?

QC6. A partir de quais outros elementos mensuráveis um elemento indiretamente mensurável pode ser medido?

QC7. Quais elementos diretamente mensuráveis devem ser medidos para que seja possível medir um elemento indiretamente mensurável?

5.5.1.2 Captura e Formalização da Subontologia de Entidades Mensuráveis

A Figura 5.7 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Entidades Mensuráveis. Em seguida seus conceitos são descritos.

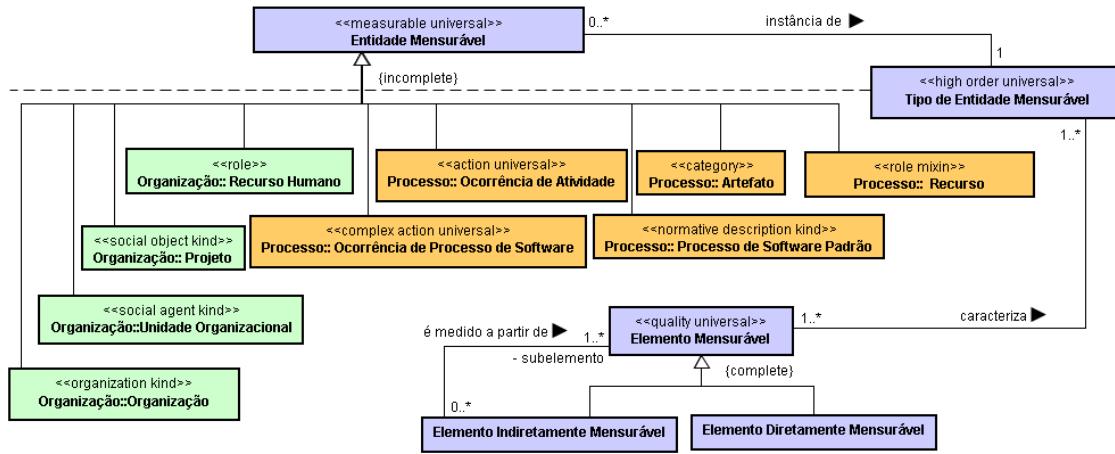


Figura 5.7 – Modelo da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

Um *Tipo de Entidade Mensurável* é uma classificação de entidades mensuráveis que indica quais elementos mensuráveis podem ser utilizados para caracterizar entidades desse tipo. *Tipo de Entidade Mensurável* é um *High Order Universal* em UFO, ou seja, suas instâncias, entidades mensuráveis, são universais.

Uma *Entidade Mensurável* pode ser caracterizada pela medição de elementos mensuráveis utilizados para caracterizar entidades do seu tipo, podendo uma entidade mensurável, no contexto de medições de software, ser, dentre outros, uma *Organização*, uma *Unidade Organizacional*, um *Recurso Humano*, um *Projeto*, um *Processo de Software Padrão*, uma *Ocorrência de Processo de Software*, uma *Ocorrência de Atividade*, um *Artefato* ou um *Recurso*.

Um *Elemento Mensurável* é uma propriedade (*Quality Universal* em UFO) de um tipo de entidade mensurável, por meio da qual entidades mensuráveis desse tipo podem ser caracterizadas. Pode ser direta ou indiretamente mensurável. Um *Elemento Diretamente Mensurável* é um elemento mensurável que pode ser medido diretamente, ou seja, sem que haja necessidade de medir outros elementos mensuráveis (por exemplo, tamanho). Por outro lado, um *Elemento Indiretamente Mensurável* é um elemento mensurável que só pode ser medido a partir da medição de outros elementos mensuráveis, ditos seus *Subelementos*, que devem caracterizar o mesmo tipo de entidade mensurável. Por exemplo, o elemento indiretamente mensurável produtividade, que caracteriza o tipo de entidade Projeto, pode ser medido a partir da medição dos subelementos tamanho, tempo e esforço, sendo que esses elementos mensuráveis devem caracterizar o mesmo tipo de entidade mensurável que o elemento indiretamente mensurável produtividade caracteriza, ou seja, Projeto.

Além dos conceitos apresentados, algumas restrições que não puderam ser explícitas pelo modelo da subontologia foram definidas na forma de axiomas.

Os axiomas definidos nesta e nas demais subontologias que compõem a Ontologia de Medição de Software são dependentes do domínio e, como tal, classificam-se em *axiomas de consolidação* ou *axiomas de derivação*. Um axioma de consolidação impõe restrições que precisam ser atendidas para que uma relação seja estabelecida consistentemente. Um axioma de derivação, por sua vez, representa o conhecimento declarativo que pode derivar novo conhecimento a partir de conhecimento factual representado na ontologia, mas que não é capturado pela estruturação de conceitos e relações da ontologia (FALBO, 2004).

A seguir os axiomas definidos na Subontologia de Entidades Mensuráveis são apresentados. Considerando os tipos de axiomas apresentados, A1, A2 e A3 são axiomas de consolidação, enquanto que A4 é um axioma de derivação, uma vez que deriva conhecimento referente a *Subelemento Diretamente Mensurável*.

A1. Se um elemento mensurável *elm* é subelemento de um elemento indiretamente mensurável *elm-im*, então *elm* e *elm-im* devem caracterizar o mesmo tipo de entidade *tp-ems*.

$$\begin{aligned} & (\forall \text{elm} \in \text{Elemento Mensurável}, \text{elm-im} \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável}) \\ & (\text{subelemento}(\text{elm}, \text{elm-im}) \rightarrow (\exists \text{tp-ems} \in \text{Tipo de Entidade Mensurável})) \\ & (\text{caracteriza}(\text{elm}, \text{tp-ems}) \wedge \text{caracteriza}(\text{elm-im}, \text{tp-ems})) \end{aligned}$$

A2. Se uma entidade mensurável *ems* é do tipo de entidade mensurável *tp-ems* e o elemento mensurável *elm* caracteriza o tipo de entidade mensurável *tp-ems*, então *elm* caracteriza a entidade mensurável *ems*.

$$\begin{aligned} & (\forall \text{ems} \in \text{Entidade Mensurável}, \text{tp-ems} \in \text{Tipo de Entidade Mensurável}, \text{elm} \in \text{Elemento Mensurável}) \\ & (\text{instânciaDe}(\text{ems}, \text{tp-ems}) \wedge \text{caracteriza}(\text{elm}, \text{tp-ems}) \rightarrow \text{caracteriza}(\text{elm}, \text{ems})) \end{aligned}$$

A3. Se um elemento indiretamente mensurável *elm-im2* é subelemento de um elemento indiretamente mensurável *elm-im1* e um elemento mensurável *elm* é subelemento de *elm-im2*, então o elemento mensurável *elm* é subelemento de *elm-im1*.

$$\begin{aligned} & (\forall \text{elm-im1}, \text{elm-im2} \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável}, \text{elm} \in \text{Elemento Mensurável}) \\ & (\text{subelemento}(\text{elm-im2}, \text{elm-im1}) \wedge \text{subelemento}(\text{elm}, \text{elm-im2}) \rightarrow \text{subelemento}(\text{elm}, \text{elm-im1})) \end{aligned}$$

A4. Se um elemento mensurável $elm1$ é um elemento diretamente mensurável e é subelemento de um elemento indiretamente mensurável $elm2$, então o elemento mensurável $elm1$ é subelemento diretamente mensurável de $elm2$.

$$(\forall elm1 \in \text{Elemento Diretamente Mensurável}, elm2 \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável})$$

$$(subelemento(elm1, elm2) \rightarrow subelementoDIRETAMENTEmensuravel(elm1, elm2))$$

5.5.1.3 Avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis

A avaliação da ontologia busca analisar se as questões de competência para ela identificadas são respondidas pela conceituação representada.

Uma vez que a Ontologia de Medição de Software proposta não foi implementada em uma linguagem de programação, sua avaliação foi realizada manualmente. Para isso, para cada questão de competência especificada, foi criada uma entrada em uma tabela e foram identificados os conceitos, relações e axiomas necessários para respondê-la.

Na Tabela 5.1 é apresentada a avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis. Vale notar que algumas questões ($QC1, QC2, QC3$ e $QC5$) são diretamente respondidas por uma única relação do modelo, enquanto outras dependem de várias relações e de axiomas ($QC4, QC6$ e $QC7$).

Tabela 5.1 – Avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

| Questão de Competência | Conceito A | Relação | Conceito B | Axiomas |
|------------------------|---------------------|----------------|------------------------------------|---------|
| $QC1$ | Entidade Mensurável | é supertipo de | Organização | |
| | | | Unidade Organizacional | |
| | | | Recurso Humano | |
| | | | Projeto | |
| | | | Processo de Software Padrão | |
| | | | Ocorrência de Processo de Software | |
| | | | Ocorrência de Atividade | |
| | | | Recurso | |
| | | | Artefato | |
| $QC2$ | Entidade Mensurável | instância de | Tipo de Entidade Mensurável | |
| $QC3$ | Elemento Mensurável | caracteriza | Tipo de Entidade Mensurável | |
| $QC4$ | Entidade Mensurável | instância de | Tipo de Entidade Mensurável | A2 |
| | Elemento Mensurável | caracteriza | Tipo de Entidade Mensurável | |
| $QC5$ | Elemento Mensurável | é supertipo de | Elemento Diretamente Mensurável | |
| | | | Elemento Indiretamente Mensurável | |

Tabela 5.1 – Avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------|
| <i>QC6</i> | Elemento Indiretamente Mensurável | é medido a partir de | Elemento Mensurável | A1, A3 |
| | Elemento Mensurável | caracteriza | Tipo de Entidade Mensurável | |
| <i>QC7</i> | Elemento Mensurável | é supertipo de | Elemento Diretamente Mensurável | A1, A3, A4 |
| | Elemento Indiretamente Mensurável | é medido a partir de | Elemento Indiretamente Mensurável | |
| | Elemento Mensurável | | Elemento Mensurável | |

5.5.1.4 Instanciação da Subontologia de Entidades Mensuráveis

Para avaliar se a Ontologia de Medição de Software é capaz de representar situações concretas do mundo real, foram extraídos dados de bases de medidas de organizações, bem como de exemplos da literatura, que foram utilizados para instanciar os conceitos abordados.

Na Tabela 5.2 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Entidades Mensuráveis. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura 5.6.

Tabela 5.2 – Instanciação da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

| <i>Conceito</i> | <i>Instância</i> |
|---|---|
| <i>Tipo de Entidade Mensurável</i> | Processo de Software Padrão |
| <i>Entidade Mensurável</i> | Processo de Gerência de Requisitos da Organização <i>Org</i> |
| <i>Organização</i> | Organização <i>Org</i> |
| <i>Unidade Organizacional</i> | Área de Desenvolvimento de Sistemas da Organização <i>Org</i> |
| <i>Recurso Humano</i> | Empregado <i>João da Silva</i> |
| <i>Projeto</i> | Projeto de Desenvolvimento <i>PD1</i> |
| <i>Ocorrência de Processo de Software</i> | Processo de Gerência de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento <i>PD1</i> |
| <i>Ocorrência de Atividade</i> | Atividade Elaborar Especificação de Requisitos do Processo de Gerência de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento <i>PD1</i> |
| <i>Recurso</i> | Impressora <i>Imp</i> |
| <i>Artefato</i> | Especificação de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento <i>PD1</i> |
| <i>Elemento Mensurável</i> | Requisitos Homologados, Requisitos Alterados, Estabilidade dos Requisitos |
| <i>Elemento Diretamente Mensurável</i> | Requisitos Homologados, Requisitos Alterados |
| <i>Elemento Indiretamente Mensurável</i> | Estabilidade dos Requisitos |

Para as demais subontologias que compõem a Ontologia de Medição de Software, neste capítulo, não serão apresentados seus axiomas, dicionário de termos, avaliação e instanciação. No entanto, a documentação completa da Ontologia de Medição de Software consta do Anexo 2 desta tese.

5.5.2 Subontologia de Medidas de Software

A Subontologia de Medidas de Software trata dos conceitos básicos relacionados à definição de medidas de software.

5.5.2.1 Questões de Competência da Subontologia de Medidas de Software

- QC1.* Um elemento mensurável pode ser quantificado por qual(is) medida(s)?
- QC2.* Por quais medidas base um elemento diretamente mensurável pode ser quantificado?
- QC3.* Por quais medidas derivadas um elemento indiretamente mensurável pode ser quantificado?
- QC4.* Quanto à dependência de uma medida em relação a outras, qual é a natureza de uma medida?
- QC5.* Que medidas precisam ser medidas para que uma medida derivada possa ser calculada?
- QC6.* Qual é a unidade de medida de uma medida?
- QC7.* Qual é a escala de uma medida?
- QC8.* Em função do tipo, como as escalas podem ser classificadas?
- QC9.* Qual é o tipo de escala de uma escala?
- QC10.* Quais são os valores de uma escala e que, por conseguinte, podem ser atribuídos a uma medida?
- QC11.* Considerando-se o tipo da escala usada, como medidas podem ser classificadas?
- QC12.* Quais os procedimentos de medição que se aplicam a uma medida?
- QC13.* Quais os procedimentos de análise de medição que se aplicam a uma medida?
- QC14.* Que fórmulas de cálculo de medida estão envolvidas em um procedimento de medição?
- QC15.* Que medidas estão envolvidas em uma fórmula de cálculo de medida?
- QC16.* Quais são as medidas correlatas a uma medida?

5.5.2.2 Captura e Formalização da Subontologia de Medidas de Software

A Figura 5.8 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Medidas de Software. Em seguida seus conceitos são descritos.

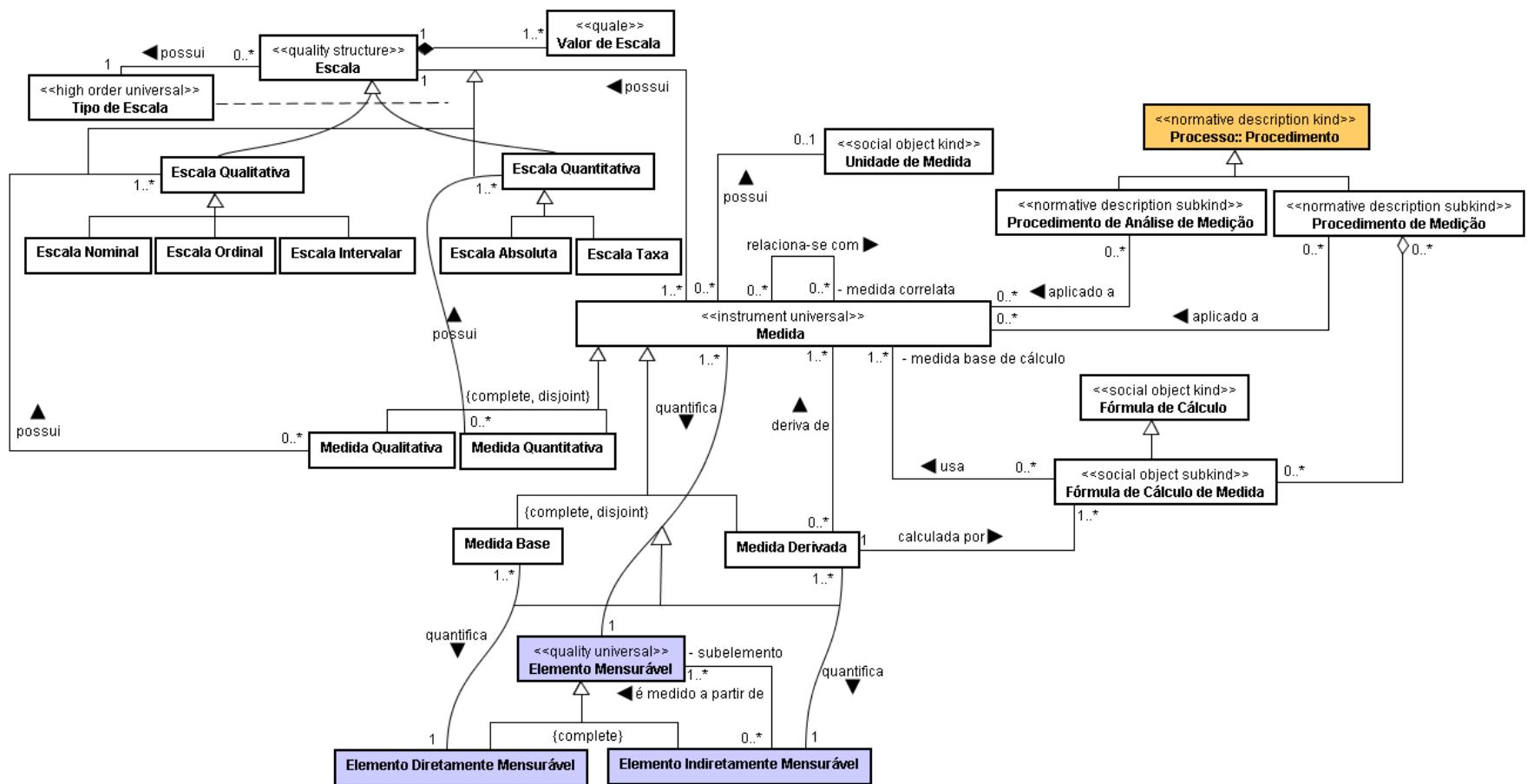


Figura 5.8 – Modelo da Subontologia de Medidas de Software.

Conforme discutido na seção 5.2, segundo a UFO-A, universais de qualidade (*Quality Universals*) são associados a estruturas de qualidade (*Quality Structures*) e instrumentos (*Instrument Universals*) são utilizados para associar um universal de qualidade a valores (*Qualia*²⁴) em uma estrutura de qualidade. Baseando-se nesses conceitos e relações, tem-se que uma *Medida* é um instrumento (*Instrument Universal* em UFO) que é utilizado para associar um *Elemento Mensurável* (*Quality Universal* em UFO) a um *Valor* (*Quale* em UFO) considerando uma determinada *Escala* (*Quality Structure* em UFO).

Medidas podem depender funcionalmente de outras ou não. Uma medida funcionalmente independente é uma *Medida Base* e é utilizada para quantificar um elemento diretamente mensurável. Por outro lado, uma medida funcionalmente dependente, ou seja, que deriva de outras medidas, é chamada de *Medida Derivada* e é utilizada para quantificar um elemento indiretamente mensurável. As medidas “número de requisitos homologados” e “número de requisitos alterados” são exemplos de medidas base que quantificam, respectivamente, os elementos diretamente mensuráveis “requisitos homologados” e “requisitos alterados”. Já a medida “taxa de alteração de requisitos”, dada pela razão entre o número de requisitos alterados e o número de requisitos homologados, é um exemplo de medida derivada, que quantifica o elemento indiretamente mensurável “estabilidade dos requisitos”.

Medidas possuem *Escala*, sendo, conforme dito anteriormente, uma escala uma estrutura de qualidade formada por valores discretos ou contínuos ou por categorias para a qual uma medida é mapeada. Cada valor ou categoria que forma uma escala é um *Valor de Escala* e é um *quale* em UFO. De acordo com a natureza dos seus valores, uma escala possui um *Tipo de Escala*, que, sendo um universal de mais alta ordem em UFO (*High Order Universal*), possui universais de primeira ordem (os tipos de escala) como instâncias. *Escalas Quantitativas* são aquelas cujos valores representam uma contagem do número de ocorrências de um determinado elemento (*Escala Absoluta*) ou o resultado da aplicação de operações matemáticas sobre outros valores (*Escala Taxa*). *Escalas Qualitativas* são aquelas cujos valores são categorizados por um nome (*Escala Nominal*), classificados em uma ordem (*Escala Ordinal*) ou agrupados em um intervalo (*Escala Intervalar*).

Medidas que possuem escala qualitativa são chamadas *Medidas Qualitativas*. Medidas que possuem escala quantitativa são chamadas *Medidas Quantitativas*. Exemplos de medida qualitativa e medida quantitativa são, respectivamente, grau de experiência do analista

²⁴ Plural de *quale*.

(cujos valores da escala são {muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto}) e número de casos de uso (cujos valores da escala compreendem os números inteiros positivos).

Medidas possuem *Unidade de Medida*, que é uma unidade, definida e adotada por convenção, em relação à qual um valor é associado a um elemento mensurável, de forma que outros valores expressos na mesma unidade possam ser comparados. Linhas de código, horas e reais são exemplos de unidades de medida.

Um *Procedimento de Medição* é um procedimento que define uma sequência lógica de operações a ser aplicada a uma medida para associar um valor a um elemento mensurável. Procedimentos de medição aplicados a medidas derivadas incluem *Fórmulas de Cálculo de Medida*, que usam outras medidas como *Medidas Base de Cálculo* para obter a medida derivada. É importante perceber que procedimentos de medição que incluem fórmulas de cálculo de medida não são aplicáveis às medidas qualitativas. Um exemplo de procedimento de medição para a medida “taxa de alteração de requisitos” é “calcular a taxa de alteração de requisitos no período, dada pela razão entre o número de requisitos homologados que sofreram alteração no período e o número de requisitos homologados para o projeto”. Uma vez que a medida taxa de alteração de requisitos é uma medida derivada, seu procedimento de medição deve incluir uma fórmula de cálculo de medida que, nesse exemplo, é dada por: taxa de alteração de requisitos = número de requisitos alterados / número de requisitos homologados. As medidas “número de requisitos alterados” e “número de requisitos homologados” são, então, medidas base de cálculo da medida “taxa de alteração de requisitos”.

Um *Procedimento de Análise de Medição*, por sua vez, é um procedimento que define uma sequência lógica de operações utilizada para representar e analisar valores obtidos com a aplicação de uma medida. Medidas que não são o foco de uma análise não precisam de um procedimento de análise de medição. Por exemplo, se a medida “número de requisitos alterados” só for submetida à análise quando utilizada na composição da medida “taxa de alteração de requisitos”, não há necessidade de um procedimento de análise de medição para a medida “número de requisitos alterados”. Como exemplo de um procedimento de análise de medição, para a medida “taxa de alteração de requisitos” (considerando a análise do comportamento do processo de Gerência de Requisitos em um projeto) tem-se: “(i) Representar graficamente os valores medidos para a medida em análise. (ii) Analisar o desempenho do processo no projeto em relação ao desempenho previsto no âmbito da organização. Para isso, os dados coletados para a medida devem ser representados em um gráfico de controle cujos limites são fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo na

organização. (iii) Caso haja quantidade de dados coletados suficiente para o projeto (pelo menos 20 valores coletados para a medida no projeto) é possível determinar o desempenho do processo especificamente no projeto em análise, representando-se em um gráfico de controle seus valores coletados e calculando-se os limites de controle. O desempenho obtido para o processo no projeto (descrito pelos seus limites de controle) pode, então, ser comparado com o desempenho esperado para o processo no âmbito da organização (descrito pelos limites de controle da *baseline* de desempenho do processo)”.

Por fim, uma medida pode relacionar-se com outras medidas que, de alguma forma, influenciam no valor a ela atribuído, ditas suas *Medidas Correlatas*. Medidas com relações de causa e efeito, medidas relacionadas a um mesmo objetivo no Plano de Medição e medidas utilizadas em uma fórmula de cálculo de medida são exemplos de medidas correlatas.

5.5.3 Subontologia de Objetivos de Medição

A Subontologia de Objetivos de Medição trata do alinhamento da medição aos objetivos estratégicos.

5.5.3.1 Questões de Competência da Subontologia de Objetivos de Medição

- QC1.* Em relação a seu propósito, como os objetivos de medição podem ser classificados?
- QC2.* Com base em que objetivos estratégicos um objetivo de software é estabelecido?
- QC3.* Com base em que objetivos um objetivo de medição é estabelecido?
- QC4.* Quais são as necessidades de informação identificadas a partir de um objetivo?
- QC5.* Que medidas podem ser utilizadas como indicadores para analisar o alcance a um objetivo?
- QC6.* Que medidas são necessárias para atender uma necessidade de informação?
- QC7.* Que elementos mensuráveis podem quantificar uma necessidade de informação?

5.5.3.2 Captura e Formalização da Subontologia de Objetivos de Medição

A Figura 5.9 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Objetivos de Medição. Em seguida seus conceitos são descritos.

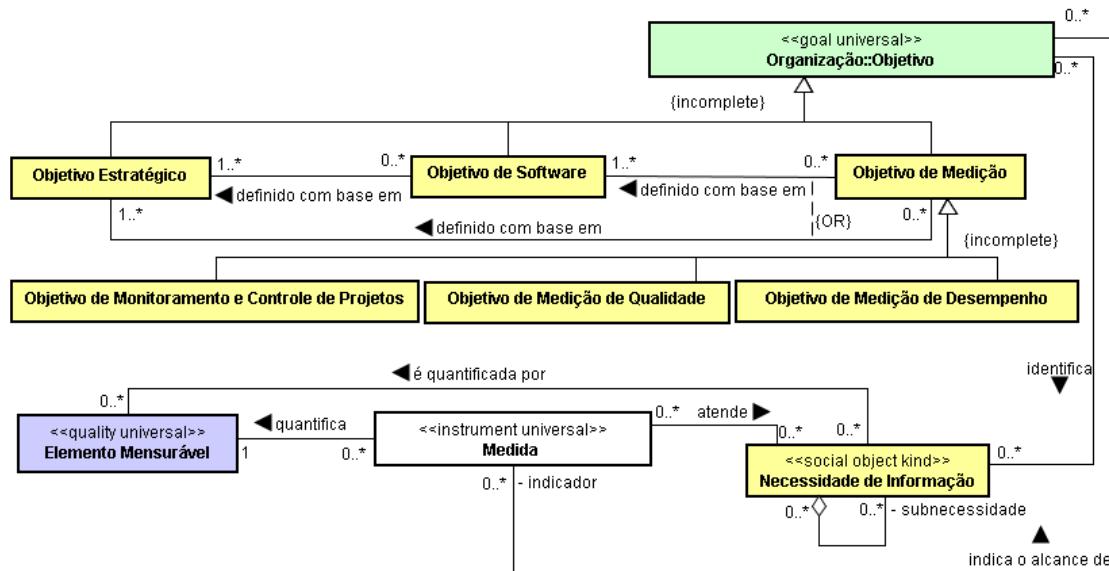


Figura 5.9 – Modelo da Subontologia de Objetivos de Medição.

Conforme definido na Ontologia de Organização de Software, um *Objetivo* é o conteúdo proposicional de uma intenção. Em outras palavras, pode-se dizer que um objetivo expressa a intenção pela qual ações são planejadas e realizadas. No contexto da medição de software, um objetivo pode ser um *Objetivo Estratégico*, um *Objetivo de Software* ou um *Objetivo de Medição*. Um objetivo estratégico expressa a intenção pela qual ações estratégicas são planejadas e realizadas. Como exemplo, tem-se o objetivo “aumentar o número de clientes em 10%”. Um objetivo de software expressa a intenção pela qual ações relacionadas à área de software de uma organização são planejadas e realizadas. O objetivo “obter avaliação MPS.BR nível B” é um exemplo de objetivo de software. Por fim, um objetivo de medição expressa a intenção pela qual ações relacionadas à medição de software são planejadas e realizadas. Como exemplo, tem-se o objetivo “monitorar o desempenho dos processos críticos”. Objetivos de software e objetivos de medição são definidos com base em objetivos estratégicos, sendo que objetivos de medição também podem ser definidos com base em objetivos de software.

Um objetivo de medição pode ser um *Objetivo de Monitoramento e Controle de Projetos* (por exemplo, “melhorar a aderência dos projetos aos planos”), um *Objetivo de Medição de Qualidade* (por exemplo, “reduzir o número de defeitos dos produtos entregues”) ou um

Objetivo de Medição de Desempenho (por exemplo, “conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos”).

Objetivos identificam *Necessidades de Informação* que são quantificadas por elementos mensuráveis e atendidas por medidas. Como exemplo, tem-se a necessidade de informação “conhecer a estabilidade dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente”, identificada a partir do objetivo de monitoramento e controle de projetos “melhorar a aderência dos projetos aos planos”, quantificada pelo elemento mensurável “estabilidade dos requisitos” e atendida pela medida “taxa de alteração de requisitos”.

Medidas podem ser utilizadas para indicar o alcance a objetivos. Quando isso ocorre, a medida desempenha o papel de *indicador*. No exemplo citado anteriormente, caso a medida taxa de alteração de requisitos seja uma medida utilizada para indicar o alcance do objetivo “melhorar a aderência dos projetos aos planos”, nesse contexto, ela desempenha o papel de indicador.

5.5.4 Subontologia de Definição Operacional de Medidas

A Subontologia de Definição Operacional de Medidas trata do detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise das medidas, estabelecido por uma organização de acordo com objetivos de medição.

5.5.4.1 Questões de Competência da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

- QC1.* Quais são as definições operacionais de uma medida em uma organização?
- QC2.* De acordo com quais objetivos de medição uma definição operacional de medida é estabelecida?
- QC3.* Segundo uma definição operacional de medida, durante que tipo de atividade a medição de uma medida deve ser realizada?
- QC4.* Segundo uma definição operacional de medida, que papel deve desempenhar o responsável pela medição da medida?
- QC5.* Segundo uma definição operacional de medida, qual deve ser a periodicidade de medição de uma medida?
- QC6.* Segundo uma definição operacional de medida, que procedimento de medição é indicado para se medir uma medida?
- QC7.* Segundo uma definição operacional de medida, durante que tipo de atividade a análise de medição de uma medida deve ser realizada?

- QC8.* Segundo uma definição operacional de medida, que papel deve desempenhar o responsável pela análise de medição da medida?
- QC9.* Segundo uma definição operacional de medida, qual deve ser a periodicidade de análise de medição de uma medida?
- QC10.* Segundo uma definição operacional de medida, que procedimento de análise de medição é indicado para se analisar uma medida?
- QC11.* Que definições operacionais são consideradas na obtenção de um modelo preditivo calibrado?
- QC12.* Quais os tipos de modelos preditivos?
- QC13.* Para qual organização um modelo preditivo calibrado é definido?
- QC14.* Que modelos preditivos podem ser usados para prever uma medida derivada?
- QC15.* Que fórmula de cálculo de medida caracteriza um modelo preditivo?

5.5.4.2 Captura e Formalização da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

A Figura 5.10 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Definição Operacional de Medidas. Em seguida seus conceitos são descritos.

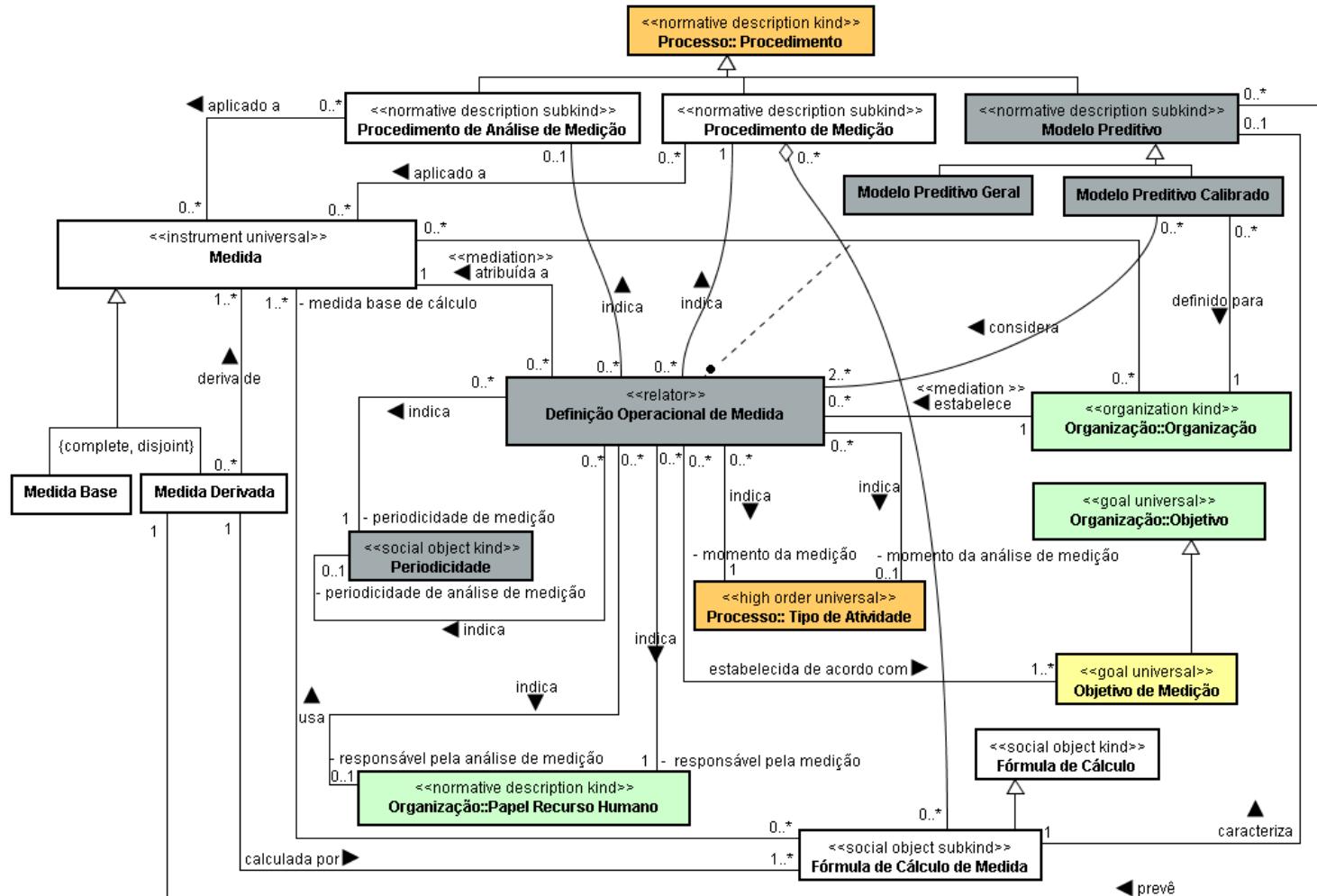


Figura 5.10 – Modelo da Subontologia de Definição Operacional de Medidas.

Uma *Definição Operacional de Medida* é um detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise de uma medida, estabelecido por uma organização, de acordo com objetivos de medição específicos. Uma definição operacional de medida indica: os procedimentos de medição e análise de medição a serem adotados (ambos devem ser procedimentos aplicados à medida em questão), o *momento da medição* (tipo de atividade na qual a medição de uma medida deve ser executada como, por exemplo, a atividade Homologar Especificação de Requisitos do Projeto), a *periodicidade da medição* (frequência com a qual deve ser realizada a medição de uma medida como, por exemplo, mensal, semanal e uma vez em cada ocorrência da atividade), o *responsável pela medição* (papel que deve ser desempenhado pelo recurso humano responsável pela execução de uma medição de uma medida como, por exemplo, o papel Gerente de Projetos pode ser definido como responsável pela medição da medida “taxa de alteração dos requisitos”), o *momento da análise de medição* (tipo de atividade na qual a análise de medição de uma medida deve ser executada como, por exemplo, a atividade Analisar Dados de Monitoramento do Projeto), a *periodicidade de análise de medição* (frequência com a qual deve ser realizada a análise de medição de uma medida) e o *responsável pela análise de medição* (papel que deve ser desempenhado pelo recurso humano responsável pela execução da análise de medição de uma medida como, por exemplo, o papel Gerente de Projetos pode ser definido como responsável pela análise de medição da medida “taxa de alteração dos requisitos”).

Um *Modelo Preditivo* é um procedimento utilizado para prever o valor de uma medida derivada por meio da quantificação das relações dessa medida com outras. São dois os tipos de modelo preditivo: geral e calibrado. Um *Modelo Preditivo Geral* é um modelo preditivo cuja quantificação das relações da medida prevista com outras medidas é estabelecida considerando-se resultados de experiências envolvendo dados coletados para medidas em diversas organizações. Geralmente, são modelos propostos na literatura como, por exemplo, o Modelo Putnam (PUTNAM, 1978; PUTNAM e MYERS, 2003). Um *Modelo Preditivo Calibrado*, por sua vez, é um modelo preditivo cuja quantificação das relações da medida prevista com outras medidas é estabelecida considerando-se os valores coletados para as medidas em uma organização específica, baseando-se em definições operacionais estabelecidas por essa organização. Como exemplo de modelo preditivo calibrado tem-se o modelo preditivo que estabelece uma relação entre as medidas “grau de experiência do analista” e “taxa de alteração dos requisitos”, dada pela fórmula de cálculo de medida “Taxa de Alteração dos Requisitos = k * Número de Requisitos

Homologados”²⁵, onde k é uma constante definida com base em dados coletados para as medidas ao longo de projetos realizados em uma organização específica e vale: 0,317, se o Grau de Experiência do Analista é igual a inexperiente; 0,268, se o Grau de Experiência do Analista é igual a pouco experiente; 0,115, se o Grau de Experiência do Analista é igual a experiente e 0,098, se o Grau de Experiência do Analista é igual a muito experiente.

5.5.5 Subontologia de Medição de Software

A Subontologia de Medição de Software trata da medição propriamente dita, ou seja, a coleta e armazenamento dos dados para as medidas.

5.5.5.1 Questões de Competência da Subontologia de Medição de Software

- QC1.* Que entidade mensurável é medida em uma medição?
- QC2.* Qual o tipo da entidade mensurável que está sendo medida em uma medição?
- QC3.* Qual elemento mensurável da entidade mensurável é medido em uma medição?
- QC4.* Que medida é aplicada na medição de um elemento mensurável?
- QC5.* Que procedimento de medição é adotado em uma medição?
- QC6.* Qual o resultado de uma medição?
- QC7.* Que definição operacional da medida é utilizada em uma medição?
- QC8.* Por qual recurso humano é realizada uma medição?
- QC9.* Em que atividade é realizada uma medição?
- QC10.* Em que contexto é realizada uma medição?
- QC11.* Quando é realizada uma medição?

5.5.5.2 Captura e Formalização da Subontologia de Medição de Software

A Figura 5.11 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Medição de Software. Em seguida seus conceitos são descritos. O conceito *Intervalo de Tempo* foi utilizado diretamente de UFO, estando, por isso, identificado em uma nova cor no modelo.

²⁵ Modelo preditivo hipotético, apenas para exemplificação.

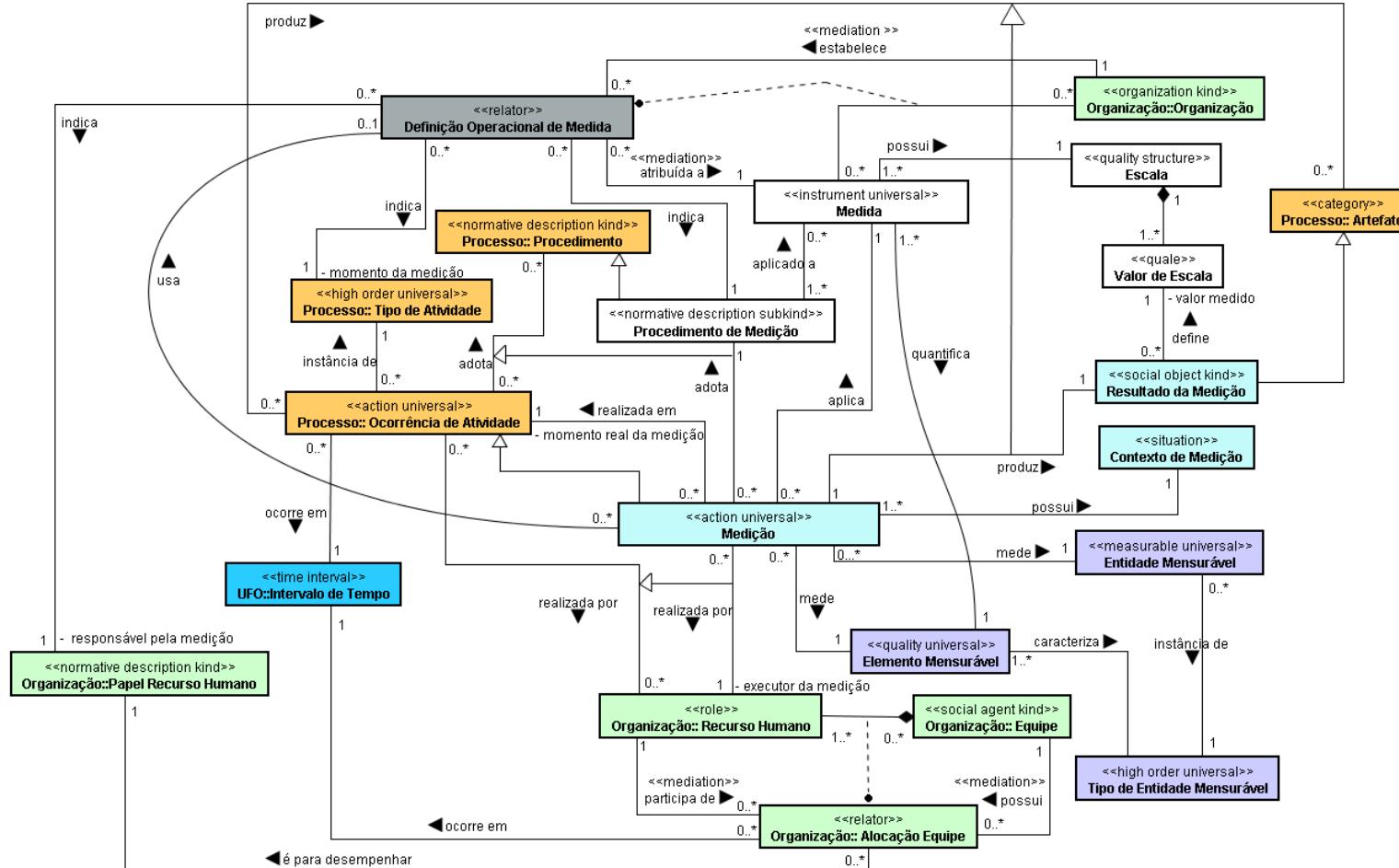


Figura 5.11 – Modelo da Subontologia de Medição de Software.

Medição é uma ação que visa medir um *Elemento Mensurável* de uma *Entidade Mensurável*, aplicando-se uma *Medida* e obtendo-se um *Resultado de Medição* que define um *valor medido*. Por exemplo, a medição do elemento mensurável “requisitos alterados” do artefato “Especificação de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento PD1”, aplicando a medida “número de requisitos alterados”, obtém o resultado que define como valor medido “8”. Uma medição pode usar uma *Definição Operacional de Medida* e, nesse caso, a definição operacional de medida utilizada na medição deve ser uma definição operacional da medida que a referida medição aplica.

Uma medição é executada por um *Recurso Humano*, que atua como *executor da medição*, e é realizada em uma *Ocorrência de Atividade*, que representa o *momento real da medição*. Por exemplo, a medição citada anteriormente pode ter sido executada pelo recurso humano “João da Silva” na ocorrência de atividade “Avaliar a Necessidade de Mudança de Requisitos”. Quando uma medição utiliza uma definição operacional de medida, o *Papel de Recurso Humano* desempenhado pelo executor da medição quando a medição é realizada deve ser o mesmo papel de recurso humano indicado pela definição operacional de medida para o responsável pela medição. De forma análoga, a ocorrência de atividade que representa o momento real da medição deve ser uma instância do *Tipo de Atividade* indicado pela definição operacional de medida para o momento da medição.

Uma medição usa um *Procedimento de Medição*, sendo que esse procedimento deve ser um procedimento de medição aplicado à medida utilizada na medição. Além disso, se uma medição utiliza uma definição operacional de medida, o procedimento de medição usado deve ser o procedimento que a referida definição operacional indica.

Uma medição produz um *Resultado de Medição*, o qual, por sua vez, define um *valor medido*, que deve ser um valor da escala da medida aplicada. Além disso, uma medição possui um *Contexto de Medição*, que é uma situação (*Situation* em UFO) que descreve as condições sob as quais a medição foi realizada. Para a medição do exemplo citado anteriormente, um contexto de medição poderia ser “medição realizada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo sistema, o que contribuiu para o elevado número de alterações registradas”.

5.5.6 Subontologia de Resultados da Medição

A Subontologia de Resultados da Medição trata da análise dos dados coletados para as medidas para obtenção das informações de apoio às decisões.

5.5.6.1 Questões de Competência da Subontologia de Resultados da Medição

- QC1.* Quais os tipos de procedimento de análise de medição?
- QC2.* Que métodos analíticos um procedimento de análise de medição sugere?
- QC3.* Quais os tipos de métodos analíticos?
- QC4.* Quais são os critérios de decisão de um procedimento de análise de medição baseado em critérios?
- QC5.* Que premissas compõem um critério de decisão?
- QC6.* Qual a conclusão de um critério de decisão?
- QC7.* Que procedimentos são adotados em uma análise de medição?
- QC8.* Que entidade mensurável é caracterizada em uma análise de medição?
- QC9.* Qual medida é analisada em uma análise de medição?
- QC10.* Quais valores medidos são analisados em uma análise de medição?
- QC11.* De que atividade de medição depende uma atividade de análise de medição?
- QC12.* Qual o resultado de uma análise de medição?
- QC13.* Que definição operacional é considerada em uma análise de medição?
- QC14.* Por qual recurso humano uma análise de medição é realizada?
- QC15.* Em que atividade é realizada uma análise de medição?
- QC16.* Quando é realizada uma análise de medição?

5.5.6.2 Captura e Formalização da Subontologia de Resultados da Medição

A Figura 5.12 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Resultados da Medição. Em seguida seus conceitos são descritos.

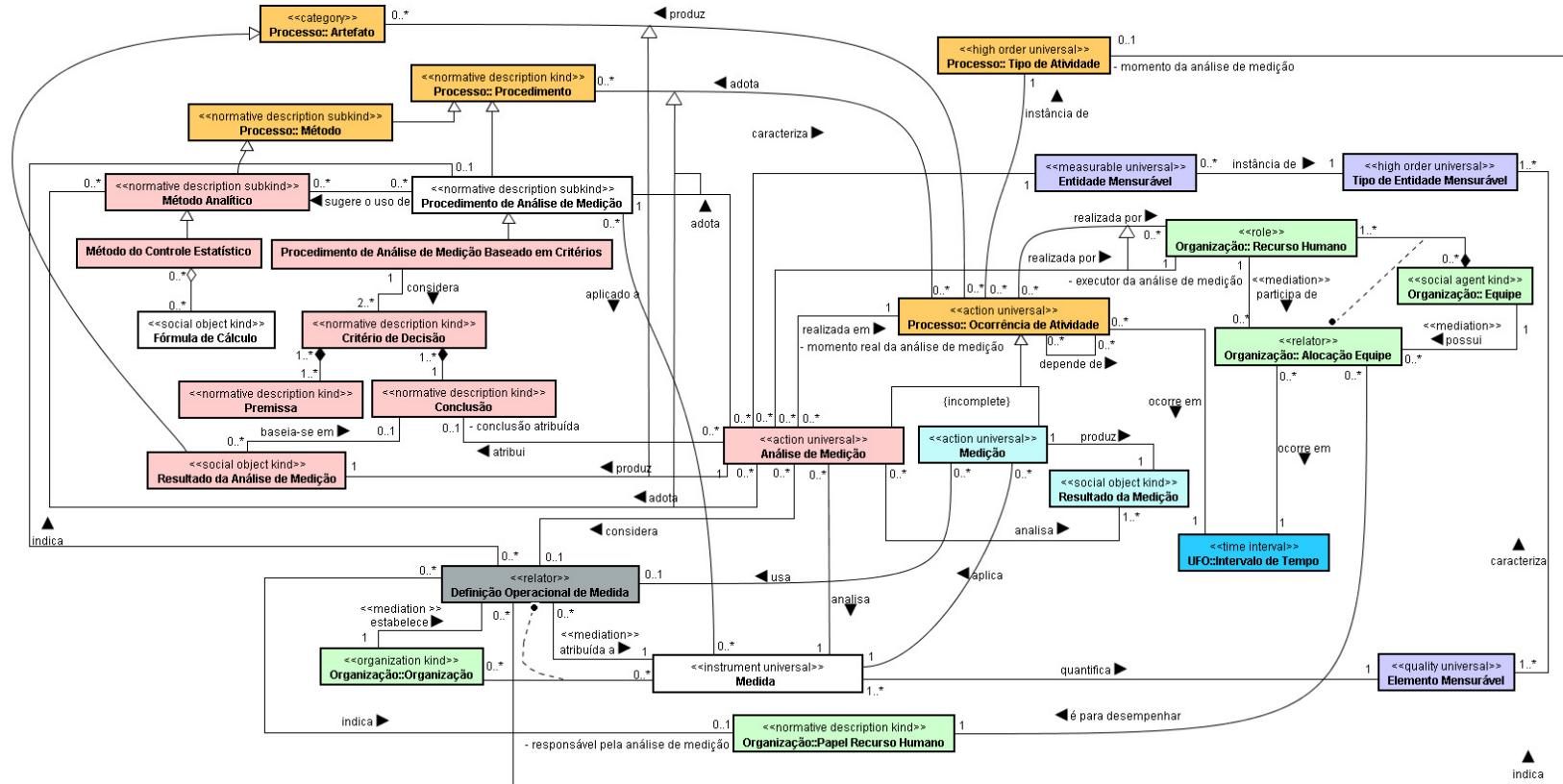


Figura 5.12 – Modelo da Subontologia de Resultados da Medição.

Uma *Análise de Medição* é uma ação que visa analisar *valores medidos* definidos em *Resultados de Medição*, adotando um *Procedimento de Análise de Medição* para chegar a um resultado (*Resultado da Análise de Medição*) que, de algum modo, caracterize a *Entidade Mensurável* que foi medida. Um exemplo desse conceito seria a análise de valores medidos para a medida “taxa de alteração de requisitos”, a fim de caracterizar a ocorrência de processo de software Gerência de Requisitos no Projeto PD1.

Uma análise de medição analisa valores medidos produzidos em *Medições* que aplicam uma determinada *Medida*, logo, o procedimento de análise de medição adotado deve ser um procedimento de análise de medição aplicado a essa medida. Além disso, uma análise de medição pode utilizar uma *Definição Operacional de Medida* e, nesse caso, o procedimento de análise de medição adotado deve ser o procedimento que a referida definição operacional de medida indica.

Um procedimento de análise de medição pode sugerir o uso *Métodos Analíticos* para representar e analisar os valores medidos. Histograma e gráfico de barras são exemplos de métodos analíticos. Quando um método analítico utiliza os princípios do controle estatístico para representar e analisar valores, tem-se um *Método do Controle Estatístico*. Os gráficos XmR e mXmR (FLORAC e CARLETON, 1999) são exemplos de métodos do controle estatístico.

Quando um procedimento de análise de medição inclui critérios de decisão, tem-se um *Procedimento de Análise de Decisão Baseado em Critérios*. Um *Critério de Decisão* é uma sentença que estabelece uma *Conclusão* a partir de um conjunto de *Premissas*. Por exemplo, um procedimento de análise de decisão baseado em critérios para analisar um gráfico de controle que descreve o comportamento de um processo poderia incluir o critério de decisão *CD1*, composto pela premissa *P1* “os valores coletados para a medida encontram-se dentro dos limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo” e pela conclusão *C1* “o desempenho do processo está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização”, e o critério de decisão *CD2*, composto pela premissa *P2* “há um ou mais valores coletados para a medida que se encontram fora dos limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo” e pela conclusão *C2* “o desempenho do processo não está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização, sendo necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento”.

Quando uma análise de medição adota um procedimento de análise de medição baseado em critérios, a conclusão do critério do procedimento de análise de medição baseado em critérios cuja premissa é satisfeita representa a *conclusão atribuída* pela análise de

medição e o resultado dessa análise de medição deve basear-se nessa conclusão atribuída. Por exemplo, caso uma análise de medição satisfaça a premissa *P1* “os valores coletados para a medida encontram-se dentro dos limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo” do critério de decisão *CD1*, a conclusão *C1* “o desempenho do processo está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização” seria a conclusão atribuída pela análise de medição e seria utilizada como base para o resultado da análise de medição que, no caso desse exemplo, poderia ser “o desempenho do processo é satisfatório, não havendo necessidade de realizar ações corretivas”.

Uma análise de medição é executada por um *Recurso Humano*, que atua como *executor da análise de medição*, e é realizada em uma *Ocorrência de Atividade*, que representa o *momento real da análise de medição*. Quando uma análise de medição utiliza uma *Definição Operacional de Medida*, o *Papel de Recurso Humano* desempenhado pelo executor da análise de medição quando a análise de medição é realizada deve ser o mesmo papel recurso humano indicado pela definição operacional de medida para o responsável pela análise de medição. Por exemplo, se uma análise de medição é realizada pelo recurso humano “Maria Silva” e usa uma definição operacional que indica o papel recurso humano “gerente de qualidade” como responsável pela análise de medição, o recurso humano “Maria Silva” deve desempenhar o papel de “gerente de qualidade” no momento em que a análise de medição é realizada. De forma análoga, a ocorrência de atividade que representa o momento real da análise de medição deve ser uma instância do *Tipo de Atividade* indicado pela definição operacional de medida para o momento da análise de medição.

5.5.7 Subontologia de Comportamento de Processos

A Subontologia de Comportamento de Processos trata da aplicação dos resultados da medição na análise do comportamento de processos.

5.5.7.1 Questões de Competência da Subontologia de Comportamento de Processos

- QC1.* Em relação a uma dada medida, qual o desempenho especificado para um processo de software padrão?
- QC2.* Quais os limites inferior e superior de um desempenho especificado de processo?
- QC3.* Em relação a uma dada medida, qual a *baseline* de desempenho de um processo de software padrão?
- QC4.* Quais os limites inferior e superior de uma *baseline* de desempenho?

- QC5.* A partir de qual análise de medição uma *baseline* de desempenho de processo é identificada?
- QC6.* A partir de quais valores medidos uma *baseline* de desempenho de processo é determinada?
- QC7.* Por qual recurso humano uma *baseline* de desempenho de processo é registrada?
- QC8.* Em que contexto uma *baseline* de desempenho de processo é estabelecida?
- QC9.* A partir de que *baselines* de desempenho de processo um modelo de desempenho de processo é definido?
- QC10.* Em relação a uma dada medida, qual a capacidade de um processo de software padrão?
- QC11.* A partir de qual *baseline* de desempenho de processo uma capacidade de processo é obtida?
- QC12.* Em relação a qual desempenho de processo especificado uma capacidade de processo é calculada?
- QC13.* Qual é o procedimento de determinação de capacidade de processo utilizado para determinar uma capacidade de processo?
- QC14.* Quais fórmulas de cálculo estão envolvidas em um procedimento de determinação de capacidade de processo?
- QC15.* Considerando seu comportamento, quais são os tipos de processo de software padrão?
- QC16.* Que desempenho de processo especificado é atendido por um processo de software padrão capaz?

5.5.7.2 Captura e Formalização da Subontologia de Comportamento de Processos

A Figura 5.13 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Comportamento de Processos. Em seguida seus conceitos são descritos.

No modelo apresentado na Figura 5.13, apesar de não estar explicitamente representado (o que poderia prejudicar a visualização, devido à quantidade de relações envolvidas), é importante notar que *Capacidade de Processo* é um *relator* em UFO e media uma relação material quaternária entre *Processo de Software Padrão Estável*, *Medida*, *Baseline de Desempenho de Processo* e *Desempenho de Processo Especificado*. No modelo apenas estão representadas as relações de mediação, as quais se encontram destacadas em vermelho.

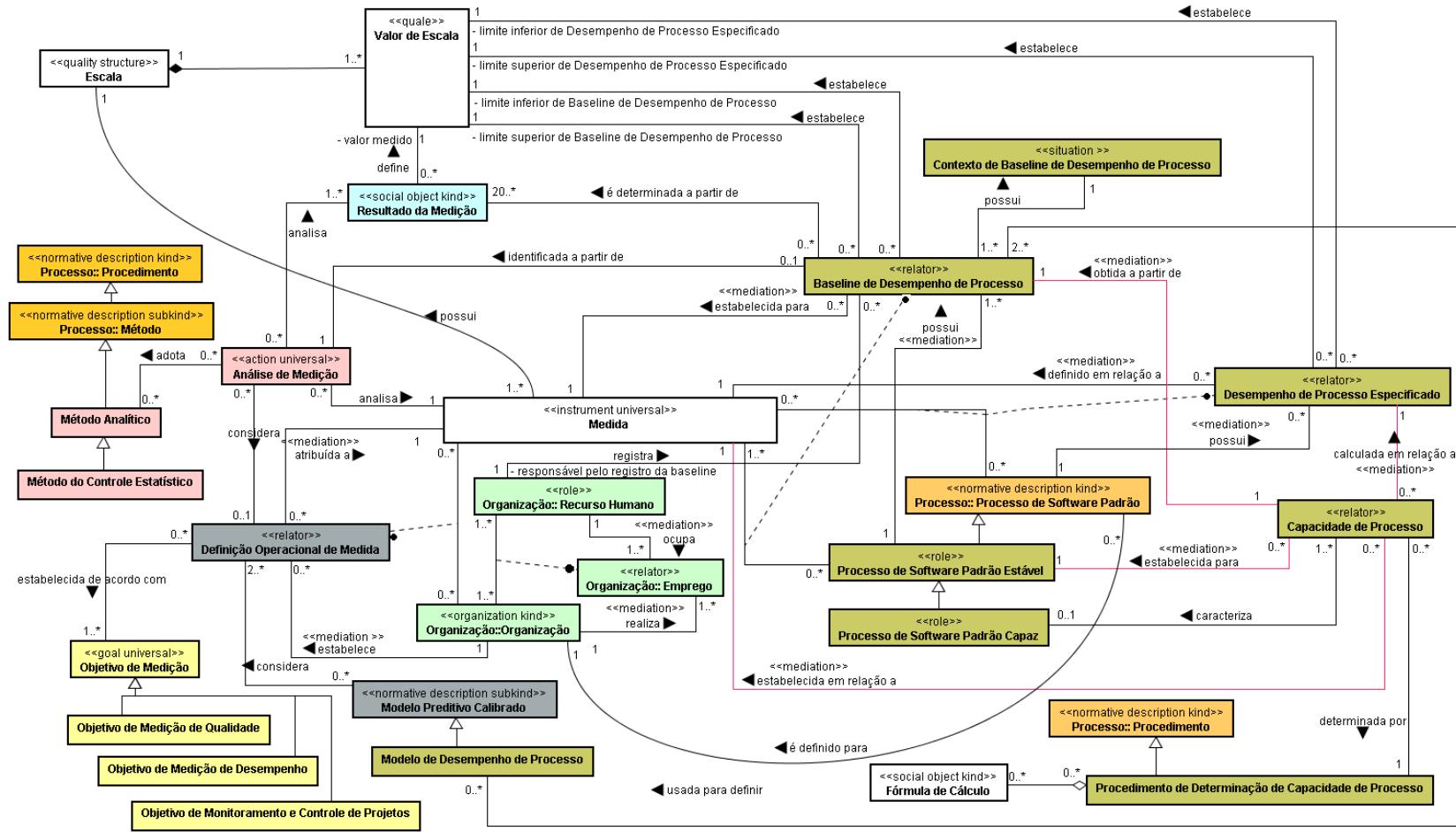


Figura 5.13 – Modelo da Subontologia de Comportamento de Processos.

Em uma *Análise de Medição* que adota um *Método do Controle Estatístico* pode-se identificar uma *Baseline de Desempenho de Processo* para um *Processo de Software Padrão*, relativa a uma *Medida*. Para tal, é necessário que vinte ou mais *Resultados de Medição* sejam analisados para uma medida cuja definição operacional foi estabelecida de acordo com um objetivo de medição de desempenho. Uma *baseline* de desempenho de processo é o intervalo dos resultados alcançados por um processo de software padrão estável, obtido a partir de valores medidos considerando uma medida específica. Esse intervalo é utilizado como referencial para a análise de desempenho do referido processo e é definido por dois limites de *baseline* de desempenho (*Límite Inferior de Baseline de Desempenho* e *Límite Superior de Baseline de Desempenho*), cujos valores fazem parte da *Escala* da medida em relação à qual a *baseline* de desempenho é estabelecida. Quando um processo de software padrão possui uma *baseline* de desempenho de processo, tem-se um *Processo de Software Padrão Estável*. Por exemplo, a análise de valores medidos para a medida “taxa de alteração de requisitos”, relacionada ao processo padrão de Gerência de Requisitos da organização Org, utilizando-se o gráfico de controle XmR, pode levar à definição de uma *baseline* de desempenho de processo composta pelos limites inferior e superior 0,1 e 0,25, respectivamente, o que faria do processo padrão de Gerência de Requisitos da organização Org um processo de software estável.

Uma *baseline* de desempenho de processo é registrada por um *Recurso Humano* (*responsável pelo registro da baseline*) e possui um *Contexto de Baseline de Desempenho de Processo*, que é uma situação (*situation* em UFO) que descreve o contexto no qual a *baseline* foi estabelecida. Por exemplo: “primeira *baseline* de desempenho estabelecida para o processo padrão de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo padrão executado em 6 projetos pequenos, cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais, tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional”.

Baselines de desempenho de processo são usadas na definição de um tipo específico de modelo preditivo calibrado, os *Modelos de Desempenho de Processo*. Um modelo que relaciona medidas de esforço, tamanho e prazo, obtido a partir de *baselines* de desempenho estabelecidas para essas medidas, é um exemplo de modelo de desempenho de processo.

Um processo de software padrão pode ter um *Desempenho de Processo Especificado*, que é o intervalo de resultados que se espera que esse processo padrão alcance considerando uma medida específica. Um desempenho de processo especificado é definido por dois limites de desempenho de processo especificado (*Límite Inferior de Desempenho de Processo*

Especificado e *Límite Superior de Desempenho de Processo Especificado*), representados por valores que fazem parte da escala da medida em relação à qual o desempenho de processo especificado é definido. Por exemplo, o processo de software padrão de Gerência de Requisitos da organização Org pode ter um desempenho de processo especificado, definido em relação à medida “taxa de alteração de requisitos”, dado pelos limites de especificação inferior e superior 0 e 0,25, respectivamente.

A partir de uma *baseline* de desempenho de processo e de um desempenho de processo especificado, obtém-se uma *Capacidade de Processo*, que é a caracterização da habilidade de um processo de software padrão estável atender a um desempenho de processo para ele especificado, considerando uma medida específica. É importante perceber que, uma vez que uma capacidade de processo é obtida a partir de uma *baseline* de desempenho de processo e de um desempenho de processo especificado, ela deve ser estabelecida em relação à mesma medida por eles considerada.

Uma capacidade de processo é determinada aplicando-se um *Procedimento de Determinação de Capacidade de Processo*, que define uma sequência lógica de operações utilizadas para determinar a capacidade de um processo de software padrão e identificar se o mesmo é capaz. Um exemplo de procedimento de determinação de capacidade de processo é “Calcular o índice de capacidade do processo utilizando a fórmula de cálculo $C_p = (L_{Sb} - L_{Ib}) / (L_{Se} - L_{Ie})$, onde C_p = Índice de Capacidade, L_{Sb} = Limite Superior da *Baseline* de Desempenho, L_{Ib} = Limite Inferior da *Baseline* de Desempenho, L_{Se} = Limite Superior do Desempenho Especificado e L_{Ie} = Limite Inferior do Desempenho Especificado. Um índice de capacidade menor ou igual a 1 indica um processo capaz, enquanto que um índice de capacidade maior que 1 indica um processo não capaz.”¹⁶.

Quando a capacidade de um processo revela que ele é capaz de atender ao desempenho de processo considerado, tem-se um *Processo de Software Padrão Capaz*. Utilizando os exemplos de *baseline* de desempenho de processo e de desempenho de processo especificado citados anteriormente, tem-se que o processo padrão de Gerência de Requisitos da organização Org é um processo capaz para a medida “taxa de alteração de requisitos”, pois, aplicando o procedimento de determinação de capacidade de processo apresentado, tem-se como resultado da fórmula de cálculo o valor 0,6, que indica que o processo é capaz.

¹⁶ Recomenda-se a utilização de representação gráfica associada ao cálculo do índice de capacidade para a verificação de que os limites da *baseline* são internos aos limites de especificação (WELLER, 2000).

5.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a Ontologia de Medição de Software, o primeiro componente da estratégia para medição de software e avaliação de bases de medidas para controle estatístico de processos proposta nesta tese. A ontologia foi definida a fim de prover a conceituação e o conhecimento relacionados ao domínio de medição de software considerado pela estratégia proposta.

Além da Ontologia de Medição propriamente dita, também foram apresentados os fragmentos das ontologias de Organização de Software e de Processos de Software que foram integrados à Ontologia de Medição de Software e foram descritos o processo utilizado em sua construção e a extensão realizada em UFO-A.

No próximo capítulo é apresentado o segundo componente da estratégia proposta: um Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos.

Capítulo 6

Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

Neste capítulo é apresentado o Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software. Também são apresentadas informações relacionadas ao seu desenvolvimento e avaliação.

6.1 Introdução

Este capítulo apresenta o Instrumento de Avaliação de Bases de Medidas (IABM) e está assim organizado: na seção 6.2 os passos realizados para desenvolver o IABM são descritos; na seção 6.3 o IABM propriamente dito é apresentado; na seção 6.4 é descrita a utilização de Lógica Fuzzy no IABM para determinar o grau de adequação de uma base de medidas ao controle estatístico de processos; na seção 6.5 são apresentados alguns resultados das aplicações do IABM em organizações; e na seção 6.6 são realizadas as considerações finais do capítulo.

6.2 Desenvolvimento do IABM

A Figura 6.1 apresenta uma visão geral do processo de desenvolvimento do IABM, sendo seguida de sua descrição.

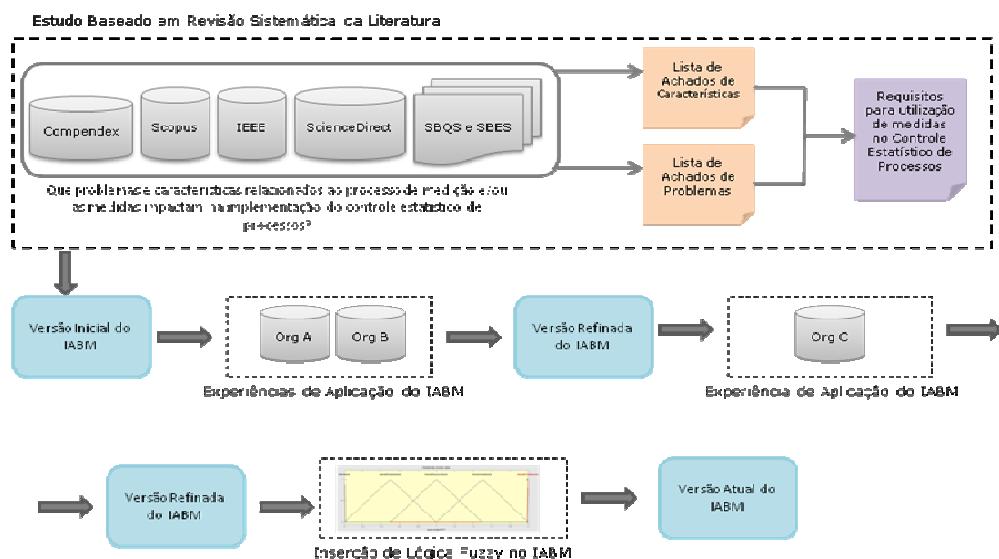


Figura 6.1 – Desenvolvimento do IABM.

Para desenvolver o IABM, inicialmente foi realizado um estudo baseado em revisão sistemática da literatura (apresentado no Capítulo 2 e detalhado no Anexo 1) a partir do qual foi identificado um conjunto de requisitos considerados necessários para a aplicação de uma medida no controle estatístico de processos (apresentado no Capítulo 4 e detalhado no Anexo 1).

O conjunto de requisitos identificado foi, então, utilizado para a criação da primeira versão do IABM, formada por um *checklist* para avaliar cada medida da base de medidas e os dados para ela coletados. Essa versão inicial foi avaliada através de experiências de aplicação em bases de medidas de duas organizações (BARCELLOS, 2008; BARCELLOS e ROCHA, 2008b, a). O principal objetivo da avaliação da versão inicial foi verificar se os requisitos identificados eram adequados. Para isso, os principais questionamentos realizados foram:

- (a) Uma medida que atende aos requisitos do IABM pode, realmente, ser aplicada no controle estatístico de processos de forma satisfatória?
- (b) Uma medida que não atende aos requisitos do IABM é, realmente, não adequada ao controle estatístico de processos?

Para responder a essas questões, as medidas foram submetidas à avaliação utilizando-se o *checklist* do IABM. Em seguida, os dados das medidas avaliadas foram aplicados em gráficos de controle. Os resultados obtidos com a aplicação dos dados das medidas em gráficos de controle foram ao encontro das avaliações realizadas pelo IABM. Ou seja, as medidas consideradas adequadas ao controle estatístico de processos segundo a avaliação pelo IABM puderam corretamente ser utilizadas nos gráficos de controle e forneceram informações sobre o desempenho dos processos, úteis aos objetivos da organização. Em contrapartida, as medidas que não foram consideradas adequadas ao controle estatístico de processos segundo a avaliação do IABM não puderam ser utilizadas nos gráficos de controle, ou, quando puderam, não foram capazes de descrever o desempenho dos processos e fornecer informações relevantes aos objetivos da organização.

Apesar dos resultados das experiências iniciais de aplicação do IABM terem mostrado, considerando-se as bases avaliadas, que os requisitos identificados eram adequados, durante a aplicação do IABM percebeu-se que seria necessário fazer uma reestruturação em sua forma de aplicação, uma vez que, para avaliar as medidas propriamente ditas, fez-se necessário avaliar também o Plano de Medição e a estrutura da base de medidas. Assim, o IABM foi evoluído, passando a ser composto por quatro

checklists: um para avaliação do Plano de Medição, um para avaliação da estrutura da base de medidas, um para avaliação das medidas definidas e um para avaliação dos dados coletados para as medidas. Além dessa alteração, na segunda versão do IABM foram formalizados os procedimentos de avaliação de cada requisito, bem como ações corretivas possíveis quando um requisito não for atendido.

A segunda versão do IABM foi, então, aplicada para avaliar a base de medidas de uma terceira organização. Essa experiência revelou, ainda, a necessidade de alguns pequenos ajustes no IABM. Os ajustes identificados foram considerados simples, uma vez que estavam relacionados ao texto do IABM, buscando tornar seu entendimento mais claro.

Finalmente, após essa experiência de aplicação do IABM, considerando que a avaliação de uma base de medidas tem caráter subjetivo, foram incluídos no IABM alguns princípios da Lógica *Fuzzy* para determinar quão adequada ao controle estatístico de processos é uma base de medidas. Essa alteração resultou na versão atual do IABM, que é apresentada a seguir.

6.3 Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos

A avaliação de uma base de medidas utilizando-se o instrumento aqui definido é composta pela avaliação de quatro itens: o Plano de Medição, a estrutura da base de medidas, as medidas propriamente ditas e os dados coletados para essas medidas. Além disso, uma vez que, de acordo com a abordagem de melhoria contínua de processos de software, somente os processos considerados críticos para a organização devem ser submetidos ao controle estatístico de processos, é desejável que a organização identifique esses processos antes da avaliação da base de medidas, a fim de evitar a avaliação desnecessária de medidas não relacionadas a esses processos ou a tendência à escolha de processos que tenham medidas aplicáveis, porém que não sejam críticos.

A Figura 6.2 mostra uma visão geral do instrumento.

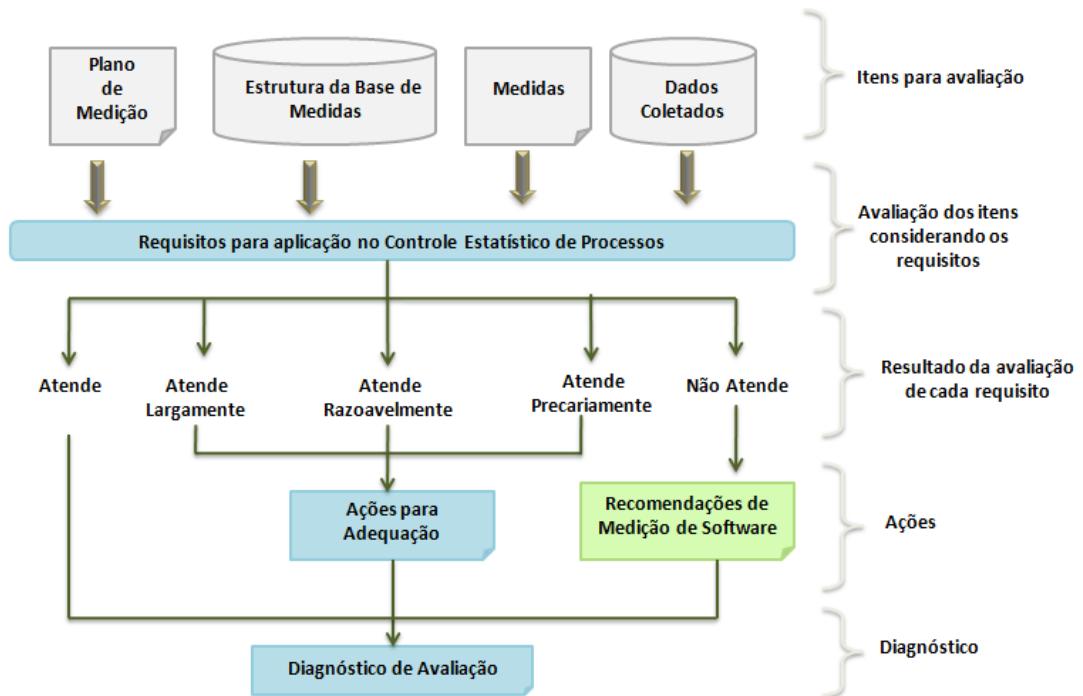


Figura 6.2 – Visão geral do IABM.

Cada item considerado pelo instrumento é submetido à avaliação considerando-se um conjunto de requisitos. A avaliação de cada item segundo cada requisito pode produzir um dos seguintes resultados:

- (i) *Atende*: o item satisfaz totalmente o requisito e nenhuma ação de alteração do item avaliado é necessária em relação ao requisito considerado.
- (ii) *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* ou *Atende precariamente*: o item não satisfaz o requisito, mas é possível realizar ações que irão adequá-lo a fim de satisfazer o requisito em questão e, consequentemente, permitir sua utilização no controle estatístico de processos. O grau de atendimento do item ao requisito (*Largamente*, *Razoavelmente* ou *Precariamente*) está diretamente relacionado com o esforço necessário para realizar as ações que levarão o item a atender o requisito em questão. Quanto mais esforço, menor o grau de atendimento.
- (iii) *Não Atende*: o item não satisfaz o requisito e não há ações possíveis para adequar o item avaliado ao controle estatístico de processos, sendo necessário descartá-lo e redefini-lo, se pertinente.

De acordo com o resultado da avaliação de cada requisito, ações são sugeridas. Quando o resultado da avaliação de um requisito é *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* ou *Atende Precariamente*, são sugeridas *Ações para Adequação*. Essas ações são orientações

providas à organização que visam à realização de correções que permitam a utilização do item avaliado no controle estatístico de processos.

Quando o resultado da avaliação de um requisito é *Não Atende*, não há ações de adequação possíveis e o item deve ser descartado da utilização no controle estatístico de processos. Nesse caso, a organização pode ser orientada sobre como é possível atender ao referido requisito através de *Recomendações de Medição* contidas no *Conjunto de Recomendações para Medição de Software*, outro componente da estratégia proposta nesta tese, descrito no Capítulo 7. Vale destacar que as *Recomendações de Medição* também podem ser associadas às *Ações para Adequação* como fonte de conhecimento para realização destas.

Os resultados da avaliação de uma base de medidas são registrados em um documento denominado *Diagnóstico de Avaliação*, que inclui, além da avaliação detalhada de cada item, sugestões das ações de adequação possíveis e o grau de adequação da base de medidas como um todo ao controle estatístico de processos, dado em percentual.

Nas próximas subseções são apresentados os *checklists* do IABM, as descrições dos requisitos neles contidos, as instruções para avaliação de cada requisito e as ações de adequação identificadas.

6.3.1 *Checklists* e Descrição dos Requisitos do IABM

Conforme dito anteriormente, a avaliação dos itens considerados pelo IABM é realizada através da aplicação de *checklists* que contêm os requisitos necessários para que um item seja utilizado no controle estatístico de processos. A seguir, esses *checklists* são apresentados, bem como a descrição de cada requisito que os compõe.

6.3.1.1 Requisitos para Avaliação do Plano de Medição

Na Figura 6.3 é apresentado o *checklist* para avaliação do Plano de Medição. Esse *checklist* é composto por um único requisito, decomposto em quatro sub-requisitos.

Avaliação do Plano de Medição considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

Organização:
Data da Avaliação:
Avaliador:

Item: Plano de Medição

Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar.

| Requisitos | Avaliação | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1. O Plano de Medição da Organização encontra-se alinhado aos objetivos da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.1 Os objetivos de negócios da organização relevantes à medição estão registrados no Plano de Medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.2 Os objetivos de medição estão registrados no Plano de Medição e corretamente associados aos objetivos de negócios da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.3 As necessidades de informação para monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.4 As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas e devidamente associadas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |

Figura 6.3 - *Checklist* para avaliação do Plano de Medição.

Conforme mostra a Figura 6.3, a avaliação do Plano de Medição considera o seguinte requisito:

PM-R1. O Plano de Medição da Organização encontra-se alinhado aos objetivos da organização.

O Plano de Medição da Organização deve possuir alinhamento com os objetivos estabelecidos pelo Planejamento Estratégico da organização, uma vez que as medidas coletadas devem fornecer os dados que permitirão avaliar o alcance a esses objetivos. Este requisito é composto por quatro sub-requisitos:

- PM.R1.1. Os objetivos de negócios da organização relevantes à medição estão registrados no Plano de Medição.
- PM.R1.2. Os objetivos de medição estão registrados no Plano de Medição e corretamente associados aos objetivos de negócios da organização.
- PM.R1.3. As necessidades de informação para monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas.
- PM.R1.4. As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas e devidamente associadas.

6.3.1.2 Requisitos para Avaliação da Estrutura da Base de Medidas

Na Figura 6.4 é apresentado o *checklist* para avaliação da estrutura da base de medidas.

Avaliação da Base de Medidas considerando sua Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

Organização:
Data da Avaliação:
Avaliador:

Item: Estrutura da Base de Medidas

Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar

| Requisitos | Avaliação | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1. A base de medidas apresenta-se bem estruturada e permite que as medidas sejam integradas aos processos e atividades da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.1 A estrutura definida para a base de medidas permite relacionar as medidas definidas aos processos e atividades da organização nos quais a medição deve ser realizada. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.2 A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 3. Um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos é estabelecido. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 4. É possível identificar a versão dos processos executados nos projetos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5. É possível armazenar e recuperar as informações de contexto das medidas coletadas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| Para cada medida coletada, é possível armazenar e recuperar: | | | | | | |
| 5.1 Momento da medição (processo e atividade nos quais a medição foi realizada) | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.2 Condições da medição (dados relevantes sobre a execução do processo ou projeto no momento da coleta da medida). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.3 Executor da medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.4 Projeto no qual a medida foi coletada. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.5 Características do projeto no qual a medida foi coletada. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |

Figura 6.4 - Checklist para avaliação da estrutura da base de medidas.

Conforme mostra a Figura 6.4, a avaliação da estrutura da base de medidas considera os seguintes requisitos:

EB-R1. A base de medidas apresenta-se bem estruturada e permite que as medidas sejam integradas aos processos e atividades da organização.

A estrutura da base de medidas deve permitir que as medidas definidas sejam relacionadas aos processos e atividades da organização, nos quais sua coleta deve ser realizada. Além disso, é desejável que a base de medidas seja única. Porém, caso a base de medidas seja composta por diferentes fontes, do mesmo tipo ou não (bancos de dados, planilhas, arquivos etc.), é necessário que haja integração entre essas fontes bem como entre as medidas e os processos e atividades nos quais a medição deve ser realizada. Este requisito é composto por dois sub-requisitos:

EB-R1.1. A estrutura definida para a base de medidas permite relacionar as medidas definidas aos processos e atividades da organização nos quais a medição deve ser realizada.

EB-R1.2. A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas.

EB-R2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente.

Os projetos da organização devem ser caracterizados para permitir a identificação de projetos cujos dados coletados para as medidas possam ser analisados em conjunto ou sejam passíveis de comparações entre si. Uma caracterização é considerada satisfatória quando os subconjuntos formados pelos projetos que possuem o mesmo perfil, ou seja, cujos critérios de caracterização possuem os mesmos valores, são homogêneos. Exemplos de critérios para caracterizar projetos são: domínio do software, tipo de software, tecnologias envolvidas, restrições estabelecidas etc.

EB-R3. Um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos é estabelecido.

Considerando-se os critérios de caracterização definidos, deve ser estabelecido um mecanismo que permita selecionar projetos similares. São exemplos de mecanismos desse tipo: *(i)* projetos são similares quando os valores atribuídos a todos os critérios de caracterização são iguais entre os projetos; *(ii)* projetos são similares quando os valores atribuídos a pelo menos um dos critérios de caracterização são iguais entre os projetos; e *(iii)* projetos são similares quando os valores atribuídos a alguns dos critérios de caracterização (determinados de acordo com o contexto de utilização dos projetos similares) são iguais entre os projetos. O mecanismo de identificação de projetos similares é considerado satisfatório quando os grupos formados por dados de projetos similares são homogêneos e quando, considerando diversos projetos desenvolvidos, é possível obter projetos similares. Não é viável, por exemplo, uma organização que desenvolve projetos com apenas pequenas particularidades que os diferenciam, estabelecer mecanismos muito rígidos que só considerem projetos similares aqueles que possuem exatamente os mesmos valores para todos os critérios de caracterização.

EB-R4. É possível identificar a versão dos processos executados nos projetos.

Para verificar se os dados referentes a um processo submetido ao controle estatístico dizem respeito a execuções de uma mesma definição daquele processo, é necessário que seja possível identificar a versão dos processos executados nos

projetos da organização. Um processo possui entradas, saídas, papéis, ferramentas e uma sequência de atividades bem definidas. Alterações nesses componentes caracterizam alterações na definição do processo e, consequentemente, novas versões.

EB-R5. É possível armazenar e recuperar as informações de contexto das medidas coletadas.

A estrutura da base de medidas deve permitir o armazenamento e recuperação das seguintes informações, para cada medida coletada: momento da medição (processo e atividade nos quais a medição foi realizada), executor da medição, projeto no qual a medida foi coletada, características desse projeto e condições da medição (dados sobre a execução do processo no momento da coleta como, por exemplo: “a medida foi coletada durante mudança de tecnologia no decorrer da execução do processo no projeto”). Este requisito é composto por cinco sub-requisitos:

Para cada medida coletada é possível armazenar e recuperar:

EB-R5.1. Momento da medição.

EB-R5.2. Condições da medição.

EB-R5.3. Executor da medição.

EB-R5.4. Projeto no qual a medida foi coletada.

EB-R5.5. Características do projeto no qual a medida foi coletada.

6.3.1.3 Requisitos para Avaliação das Medidas de Software

Na Figura 6.5 é apresentado o *checklist* para avaliação das medidas de software. Diferente dos *checklists* para avaliação do Plano de Medição e da estrutura da base de medidas que, normalmente, são aplicados uma única vez na avaliação de uma base de medidas, o *checklist* para avaliação das medidas deve ser aplicado uma vez para cada medida a ser avaliada.

Avaliação de Base de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

Organização:

Data da Avaliação:

Avaliador:

Medida:

Item: Medida

Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar

| Requisitos | Avaliação | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| A definição operacional da medida inclui corretamente: | | | | | | |
| 1.1 Definição da medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.2 Entidade medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.3 Propriedade medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.4 Unidade de medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.5 Tipo de escala. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.6 Valores da escala. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.7 Intervalo esperado dos dados. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.8 Fórmula(s) (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.9 Descrição precisa do procedimento de medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.10 Responsável pela medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.11 Momento da medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.12 Periodicidade de Medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.13 Descrição precisa do procedimento de análise (se indispensável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.14 Periodicidade da análise (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 2. A medida está alinhada a objetivos dos projetos ou da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| A medida está associada a: | | | | | | |
| 2.1 Objetivo da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 2.2 Objetivo dos projetos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 3. Os resultados da análise da medida são relevantes às tomadas de decisão. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processo. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 5. A medida está relacionada ao desempenho de um processo. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 6. A medida está relacionada a um processo crítico. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 7. A medida está associada a uma atividade ou processo que produz item mensurável. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 8. As medidas correlatas à medida estão definidas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 9. As medidas correlatas à medida são válidas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 10. A medida possui baixa granularidade. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 11. A medida é passível de normalização (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 13. Os critérios de agrupamento de dados para análise da medida estão definidos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 14. A medida não considera dados agregados. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |

Figura 6.5 - *Checklist* para avaliação das medidas de software.

Conforme mostra a Figura 6.5, a avaliação de cada medida deve considerar os seguintes requisitos:

MS-R1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória.

A definição operacional da medida deve conter todas as informações necessárias para que sua coleta possa ser realizada de forma consistente e para que sua análise seja realizada de forma a fornecer as informações necessárias. Uma definição operacional deve conter: definição da medida, entidade medida, propriedade medida, unidade de medida, tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos dados (se possível), fórmulas (se aplicáveis), descrição detalhada e precisa dos procedimentos de medição e análise, responsável pela medição, momento de medição e periodicidade de medição. O procedimento de análise pode ser omitido em medidas base que não são analisadas isoladamente, ou seja, quando não estão associadas a outras medidas onde o procedimento de análise é claramente descrito.

Este requisito é composto por treze sub-requisitos:

A definição operacional da medida inclui corretamente:

- MS.R1.1. Definição da medida.
- MS.R1.2. Entidade medida.
- MS.R1.3. Propriedade medida.
- MS.R1.4. Unidade de medida.
- MS.R1.5. Tipo de escala.
- MS.R1.6. Valores da escala.
- MS.R1.7. Intervalo esperado dos dados (se possível).
- MS.R1.8. Fórmula(s) (se aplicável).
- MS.R1.9. Descrição detalhada e precisa do procedimento de medição.
- MS.R1.10. Responsável pela medição.
- MS.R1.11. Momento da medição (*refinamento do requisito EB.R1.1*).
- MS.R1.12. Periodicidade de medição.
- MS.R1.13. Descrição detalhada e precisa do procedimento de análise (se indispensável).
- MS.R1.14. Periodicidade da análise (se aplicável)

MS-R2. A medida está alinhada a objetivos dos projetos ou da organização.

Este requisito é um refinamento do requisito PM-R1 de avaliação do Plano de Medição. A medida deve estar associada a pelo menos um objetivo da organização ou dos projetos. Este requisito é composto por dois sub-requisitos:

A medida está associada a:

MS.R2.1. Objetivo da organização.

MS.R2.2. Objetivo do projeto.

MS-R3. Os resultados da análise da medida são relevantes à tomada de decisão.

Os dados coletados para a medida, ao serem analisados, devem fornecer subsídios relevantes para a tomada de decisão no contexto da organização ou dos projetos. Medidas que desempenham o papel de indicadores (diretamente associadas aos objetivos e responsáveis por fornecer as informações necessárias para a análise do alcance a esses objetivos) são medidas relevantes à tomada de decisão, bem como suas medidas correlatas¹⁷.

MS-R4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processos.

Os dados coletados para a medida, ao serem analisados, devem fornecer subsídios relevantes para a melhoria de processos, uma vez que este é o foco da utilização do controle estatístico de processos.

MS-R5. A medida fornece informações sobre o desempenho de um processo.

A medida deve estar relacionada a um processo e deve ser capaz de fornecer informações sobre seu desempenho. Medidas que registram estimativas, por exemplo, são medidas essencialmente de controle e não descrevem o desempenho dos processos, logo, isoladas, não são aplicáveis ao controle estatístico de processos. Porém, vale ressaltar que medidas que registram estimativas podem ser utilizadas para formar medidas compostas que descrevam o desempenho de um processo. Por exemplo, a medida “aderência ao cronograma”, obtida pela razão entre as medidas “tempo estimado” e “tempo efetivo”, é uma medida que provê informações sobre o desempenho do processo.

MS-R6. A medida está relacionada a um processo crítico.

Apenas processos críticos devem ser submetidos ao controle estatístico de processos, sendo assim, a medida deve estar relacionada a um desses processos, identificados considerando-se os objetivos da organização.

¹⁷ Exemplos de medidas correlatas: medidas utilizadas na composição de outras são correlatas entre si, medidas com relação de causa e efeito e medidas associadas a um mesmo objetivo no Plano de Medição.

MS-R7. A medida está associada a uma atividade ou processo que produz item mensurável.

A medida deve estar associada a uma atividade que produz pelo menos um item que possa ser medido e avaliado, para que seja possível identificar os resultados das ações de melhoria realizadas sobre o processo.

MS-R8. As medidas correlatas à medida estão identificadas.

As medidas correlatas à medida avaliada, necessárias à composição dessa medida, à análise do comportamento do processo ao qual a medida está associada ou à identificação de possíveis causas de variações indesejadas, devem ser definidas e coletadas.

MS-R9. As medidas correlatas à medida são válidas.

Uma vez que as medidas correlatas serão utilizadas para apoiar a análise de comportamento e investigação de causas de variações, elas devem ser válidas para o controle estatístico dos processos.

MS-R10. A medida possui baixa granularidade.

A granularidade da medida deve permitir o acompanhamento frequente (diário) dos projetos. Para isso a medida deve estar relacionada a atividades ou processos de curta duração¹⁸. Algumas medidas, apesar de não apresentarem granularidade baixa, podem ser úteis no controle estatístico de processos como medidas de normalização. Por exemplo, a medida “número de casos de uso do projeto”, sozinha, não é adequada ao controle estatístico de processos. Porém, ela pode ser utilizada para normalizar outras (por exemplo, a medida “número de casos de uso alterados” pode ser normalizada pelo número de casos de uso do projeto, a fim de permitir comparações), o que a torna útil ao controle estatístico dos processos.

MS-R11. A medida é passível de normalização (se aplicável).

Algumas vezes faz-se necessário normalizar uma medida para que seja possível realizar comparações. Caso a medida definida seja normalizável, as medidas necessárias para normalizá-la devem estar disponíveis e serem válidas. Por exemplo, para normalizar esforço considerando tamanho, é preciso que as medidas de tamanho estejam disponíveis e sejam válidas.

¹⁸ Recomenda-se processos ou atividades com duração entre quatro e quarenta horas (BORIA, 2008).

MS-R12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável).

Caso a medida já esteja normalizada, é preciso assegurar-se de que sua normalização está correta. Por exemplo, para a medida “esforço de codificação”, normalizada pelo “número de linhas de código fonte”, é preciso assegurar-se de que seja correto normalizar esforço utilizando o tamanho e, além disso, de que as medidas “número de linhas de código fonte” e “esforço de codificação” sejam referentes à mesma porção de código.

MS-R13. Os critérios para agrupamento dos dados para análise da medida estão definidos.

É necessário definir para cada medida quais são os critérios que devem ser considerados para que dados para elas coletados possam formar grupos para serem analisados. Normalmente, os critérios podem ser os mesmos adotados na caracterização e identificação de similaridade entre projetos (requisitos EB-R2 e EB-R3 da avaliação da estrutura da base de medidas), desde que eles não sejam muito amplos. Os critérios de agrupamento de dados são considerados satisfatórios se os conjuntos de dados obtidos caracterizarem populações¹⁹.

MS-R14. A medida não considera dados agregados.

Os dados coletados para a medida não devem ser referentes a valores agregados, pois estes não permitem uma análise acurada e, uma vez agregados, dificilmente os dados podem ser separados. Como exemplo de uma medida que considera dados agregados tem-se a medida “esforço de análise”, que quantifica o esforço despendido na organização na fase de Análise dos projetos. O valor coletado para a medida corresponde à agregação dos dados dos esforços despendidos na fase Análise de todos os projetos, que não é útil ao controle estatístico dos processos.

6.3.1.4 Requisitos para Avaliação dos Dados Coletados para as Medidas

A Figura 6.6 apresenta o *checklist* para avaliação dos dados coletados para as medidas. Assim como o *checklist* para avaliação das medidas, ele também deve ser aplicado para os dados coletados para cada medida a ser avaliada.

¹⁹ Uma população é o conjunto de todos os elementos que compartilham características em comum e estão sob investigação (BUSSAB e MORETTIN, 2006) *apud* (FÁVERO *et al.*, 2009). Exemplos: o grupo de pessoas que moram em um determinado bairro e o conjunto de dados coletados para uma medida em projetos com determinadas características em uma organização.

Avaliação de Base de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

Organização:

Data da Avaliação:

Avaliador:

Medida:

Item: Dados coletados para a Medida

Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar

| Requisitos | Avaliação | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 2. Há volume suficiente de dados coletados. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 3. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 4. Os dados coletados são precisos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5. Os dados coletados são consistentes. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| Características dos dados coletados: | | | | | | |
| 5.1 Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.2 Os dados foram coletados sob as mesmas condições. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.3 Os dados compõem grupos relativamente homogêneos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6. Os dados que descrevem o contexto de coleta da medida estão armazenados. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| Estão armazenados: | | | | | | |
| 6.1 Momento da medição (processo e atividade em que a medição foi realizada). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.2 Condições da medição (dados relevantes sobre a execução do processo ou projeto no momento da coleta da medida). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.3 Executor da medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.4 Projeto no qual a medida foi coletada. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.5 Características do projeto no qual a medida foi coletada. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |

Figura 6.6 - Checklist para avaliação dos dados coletados para as medidas de software.

Conforme mostra a Figura 6.6, a avaliação dos dados coletados para as medidas deve considerar os seguintes requisitos:

DC-R1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.

Este requisito é um refinamento do requisito EB-R1 de avaliação da estrutura da base de medidas. Indica que é necessário que os dados coletados para a medida estejam disponíveis em local (banco de dados, arquivo, planilha etc.) conhecido e acessível, e que possam ser recuperados.

DC-R2. Há volume de dados suficiente para a medida ser aplicada ao controle estatístico de processos.

Sob o ponto de vista estatístico é preciso que existam pelo menos 20 valores adequados registrados para que seja possível utilizar uma medida no controle estatístico de processos.

DC-R3. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise.

É desejável que não haja valores perdidos para a medida e, havendo, que sua quantidade não comprometa os resultados da análise. Na análise estatística a ordem temporal dos dados é relevante, sendo assim, a ausência de dados pode revelar um comportamento irreal para o processo. Por exemplo, vários dados sequencialmente perdidos prejudicarão a representação adequada do comportamento do processo. Além dos dados referentes aos valores coletados para a medida, os dados relacionados à medida também devem ser considerados neste requisito (processo e atividade – mencionados no requisito EB-R1 – e informações de contexto – mencionadas no requisito EB-R5).

DC-R4. Os dados coletados são precisos.

Os dados registrados para a medida devem ser exatamente os mesmos que foram coletados. Caso não tenha sido realizada validação dos dados antes do armazenamento, pode ser realizada uma verificação dos dados coletados em relação à definição operacional da medida considerando principalmente: tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos dados, entidade medida, propriedade medida e periodicidade.

DC-R5. Os dados coletados são consistentes.

Os dados coletados para a medida devem ser consistentes, ou seja, devem ter sido coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos, sob as mesmas condições e devem compor grupos de dados relativamente homogêneos. Este requisito é composto por três sub-requisitos:

DC-R5.1. Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos.

DC-R5.2. Os dados foram coletados sob as mesmas condições.

DC-R5.3. Os dados compõem grupos relativamente homogêneos.

DC-R6. Os dados que descrevem o contexto de coleta da medida estão armazenados.

As informações de contexto mencionadas no requisito EB-R5 de avaliação da estrutura da base de medidas devem ser armazenadas para cada valor coletado para a medida. Assim como o requisito EB-R5, este requisito é composto por cinco sub-requisitos:

Estão armazenados:

DC-R6.1. Momento da medição.

DC-R6.2. Condições da medição.

DC-R6.3. Executor da medição.

DC-R6.4. Projeto no qual a medida foi coletada.

DC-R6.5. Características do projeto no qual a medida foi coletada.

6.3.2 Avaliação do Atendimento aos Requisitos do IABM

Conforme descrito na início dessa seção (6.3), a avaliação de cada requisito presente nos *checklists* do IABM produz um dos seguintes resultados:

- *Atende*: o requisito é totalmente satisfeito e nenhuma ação é necessária.
- *Atende Largamente, Atende Razoavelmente ou Atende Precariamente*: o requisito não é satisfeito, mas é possível realizar ações para adequar o item avaliado para satisfazer o requisito.
- *Não Atende*: o requisito não é satisfeito e não há ações de adequação possíveis para satisfazê-lo.

Observando-se os *checklists* apresentados anteriormente, percebe-se que alguns requisitos só podem ter como resultados de avaliação *Atende* ou *Não Atende*, como por exemplo, o requisito de avaliação das medidas MS-R5 (*A medida está relacionada ao desempenho de um processo*). Para esses requisitos, não existe a possibilidade de atendimento parcial, uma vez que não existem ações de adequação que possam ser realizadas. No exemplo citado, não há nada que possa ser feito para que uma medida que não descreve o desempenho de um processo seja adequadamente utilizada no controle estatístico de processos.

Para orientar a avaliação dos itens considerados pelo IABM, para cada requisito presente nos *checklists* para avaliação, foram descritas características que identificam cada um dos resultados de avaliação possíveis.

Como exemplo, a seguir é apresentada a descrição realizada para a avaliação do requisito EB-R2 de avaliação da estrutura da base de medidas. As descrições para avaliação dos demais requisitos encontram-se no Anexo 4.

EB-R2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente.

Atende: A caracterização dos projetos é explícita, ou seja, há uma caracterização formalmente definida e implementada na estrutura da base de medidas para os projetos, baseada em critérios relevantes que permitem à organização identificar os perfis de projetos que a mesma desenvolve. Os subconjuntos formados pelos projetos que possuem o mesmo perfil, ou seja, cujos critérios de caracterização possuem os mesmos valores, são homogêneos.

Atende Largamente: A caracterização dos projetos é explícita, porém precisa de alguns critérios complementares que podem ser identificados analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Atende Razoavelmente: A caracterização dos projetos é explícita, porém precisa de vários critérios complementares que podem ser identificados analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Atende Precariamente: A caracterização dos projetos é implícita, ou seja, não há caracterização formal para os projetos, mas é possível identificar uma caracterização analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Não atende: Não há caracterização explícita ou ela é insuficiente e não é possível identificar critérios para estabelecer a caracterização analisando-se os dados armazenados para os projetos na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Observando-se os *checklists* do IABM, percebe-se que alguns requisitos são divididos em sub-requisitos. O resultado da avaliação desses requisitos é obtido através de uma agregação dos resultados de seus sub-requisitos. O procedimento para a obtenção do resultado de avaliação de requisitos que possuem sub-requisitos é descrito na seção 6.4.

6.3.3 Ações para Adequação aos Requisitos do IABM

Quando o atendimento de um item em relação a um requisito é avaliado como *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* ou *Atende Precariamente*, ações para adequação são sugeridas para que a organização altere o item avaliado para satisfazer o referido requisito, sem que seja necessário descartar o item. Nesse sentido, para cada requisito presente no IABM foram identificadas ações para adequação consideradas pertinentes.

Para exemplificar, utilizando-se o mesmo requisito para o qual foram descritas as orientações para avaliação na subseção anterior, a seguir são apresentadas as ações para adequação identificadas. As ações para adequação dos demais requisitos podem ser encontradas no Anexo 4.

EB-R2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. Os projetos possuem caracterização implícita na base de medidas.

- a) Explicitar a caracterização implícita, analisando-se os dados armazenados para os projetos na base de medidas. Para isso, deve-se identificar, entre os dados registrados na base de medidas para os projetos, aqueles que descrevem características para os projetos executados. Por exemplo: restrições do projeto, equipe do projeto, tecnologias utilizadas, paradigma de desenvolvimento, domínio da aplicação, tipo de projeto, tamanho do projeto etc.
- b) Reestruturar a base de medidas, se necessário, para explicitar em classes (ou tabelas) e atributos os critérios identificados que caracterizam os projetos.
- c) Registrar os dados dos projetos adequadamente na base de medidas modificada.

2. Os projetos não possuem caracterização (implícita ou explícita) na base de medidas.

- a) Estabelecer uma caracterização com base na análise de documentos ou entrevistas com pessoas relacionadas aos referidos projetos. Por exemplo, os gerentes dos projetos realizados podem fornecer características dos projetos (tecnologias utilizadas, paradigma de desenvolvimento utilizado, tipo dos projetos, restrições consideradas etc.).
- b) Reestruturar a base de medidas para explicitar em classes (ou tabelas) e atributos os critérios identificados para caracterizar os projetos.

- c) Registrar os dados dos projetos adequadamente na base de medidas modificada.

3. A caracterização explícita dos projetos precisa de critérios complementares.

- a) Refinar a caracterização. O refinamento pode ser realizado identificando-se novos critérios executando-se as ações apresentadas nos itens 1 e 2 anteriores.

6.4 Grau de Adequação de uma Base de Medidas ao Controle Estatístico de Processos

Os resultados das avaliações de cada requisito do Plano de Medição, da estrutura da base de medidas, das medidas e dos dados coletados determinam a adequação de cada um desses itens ao controle estatístico de processos. De acordo com os resultados da avaliação, um item pode ser *Adequado*, *Largamente Adequado*, *Razoavelmente Adequado*, *Precariamente Adequado* ou *Não Adequado*. Com base na adequação de seus itens, a adequação da base de medidas ao controle estatístico de processos é determinada.

No entanto, se a avaliação de duas bases de medidas determina que ambas têm adequação *Razoavelmente Adequada*, é correto afirmar que elas têm realmente a mesma adequação ou uma pode ser “mais adequada” que a outra? Uma delas pode, por exemplo, ser 45% adequada ao controle estatístico de processos e a outra 50%?

Para diminuir a subjetividade dos termos *Largamente Adequada*, *Razoavelmente Adequada*, *Precariamente Adequada*, o IABM determina, além do termo que indica a adequação de uma base de medidas ao controle estatístico de processos, o seu grau de adequação nesse contexto, dado em percentual. Organizações podem utilizar o grau de adequação de suas bases de medidas para decidirem por sua correção ou pelo desenvolvimento de uma nova base.

Para obter os resultados da avaliação de uma base de medidas através do IABM foram utilizados os princípios da Lógica *Fuzzy* e dos Conjuntos *Fuzzy*.

A seguir são brevemente apresentados os principais conceitos da Lógica *Fuzzy* e dos Conjuntos *Fuzzy* utilizados no contexto do IABM e, em seguida, sua aplicação para determinar o grau de adequação de uma base de medidas é descrito.

6.4.1 Lógica Fuzzy e Conjuntos Fuzzy

O termo *fuzzy* pode ser entendido como uma situação que envolve imprecisão, ou seja, onde não é possível responder simplesmente *sim* ou *não*. Mesmo conhecendo as informações necessárias sobre a situação, dizer algo entre *sim* e *não*, como *talvez* ou *quase*, pode ser mais apropriado em alguns casos. Construir uma estrutura formal quantitativa capaz de capturar essas imprecisões do conhecimento humano ao utilizar conceitos subjetivos é a principal motivação da Teoria *Fuzzy*, que incorpora esses conceitos em classes de objetos onde a pertinência ou não de um elemento a um conjunto dá-se de forma gradual e não abrupta (BELCHIOR *et al.*, 1997).

Na teoria clássica, os conjuntos são denominados *crisp* e um dado elemento do universo em discurso pertence ou não pertence ao referido conjunto. Por outro lado, na teoria dos conjuntos *fuzzy* existe um grau de pertinência de cada elemento a um determinado conjunto.

Para isso, a função característica do conjunto *crisp* pode ser generalizada de modo que os valores designados aos elementos do conjunto universo U pertençam ao intervalo de números reais de 0 a 1 inclusive, isto é [0,1]. Esses valores indicam o grau de pertinência dos elementos do conjunto U em relação a um conjunto \tilde{A} , isto é, quanto é possível para um elemento x de U pertencer ao conjunto \tilde{A} . A função que identifica o grau de pertinência é chamada *função de pertinência* e o conjunto \tilde{A} é um *conjunto fuzzy*. Diz-se que uma função de pertinência modela um conjunto *fuzzy*. A representação matemática da função de pertinência dos elementos do conjunto U em relação ao conjunto *fuzzy* \tilde{A} é dada por $\mu_{\tilde{A}}: U \rightarrow [0,1]$.

Um conjunto *fuzzy* é denotado por um conjunto de pares ordenados, em que o primeiro elemento é $x \in X$ (X é um conjunto *crisp*) e o segundo é $\mu_{\tilde{A}}(x)$, que é o grau de pertinência de x em \tilde{A} .

Exemplificando: seja X um conjunto de idades dado por $X = \{5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80\}$ e sejam *Infantil*, *Adulto*, *Jovem* e *Velho* subconjuntos *fuzzy* de X , cujos graus de pertinência de cada elemento de X a cada subconjunto *fuzzy* identificado são indicados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Exemplo de Conjuntos *Fuzzy* (KLIR e FOLGER, 1998) *apud* (BELCHIOR *et al.*, 1997).

| <i>Idades</i> | <i>Infantil</i> | <i>Adulto</i> | <i>Jovem</i> | <i>Velho</i> |
|---------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|
| 5 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 20 | 0 | 0.8 | 0.8 | 0.1 |
| 30 | 0 | 1 | 0.5 | 0.2 |
| 40 | 0 | 1 | 0.2 | 0.4 |
| 50 | 0 | 1 | 0.1 | 0.6 |
| 60 | 0 | 1 | 0 | 0.8 |
| 70 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 80 | 0 | 1 | 0 | 1 |

O conjunto *fuzzy* \tilde{A} , *Jovens*, representado na Tabela 6.1 pode ser descrito como $\tilde{A} = \{(5; 1), (10; 1), (20; 0.8), (30; 0.5), (40; 0.2), (50; 0.1)\}$. Os conjuntos *fuzzy* *Infantil*, *Adulto* e *Velho* são descritos de maneira análoga.

No contexto dos conjuntos *fuzzy*, também são relevantes os conceitos de *variável linguística* e *termo linguístico*. Uma *variável linguística* é um rótulo para um atributo dos elementos do conjunto *crisp* considerado. No exemplo apresentado anteriormente, X é uma variável linguística identificada por *Idade*, cujo conjunto de elementos é dado por {5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80}. Um *termo linguístico* é um rótulo que qualifica uma variável linguística e, comumente, é um adjetivo ou advérbio. Um termo linguístico identifica um conjunto *fuzzy*, ou seja, pode ser modelado por uma função de pertinência. No exemplo anterior, *Infantil*, *Adulto*, *Jovem* e *Velho* são termos linguísticos que qualificam a variável linguística *Idade*.

Lógica *fuzzy* e conjuntos *fuzzy* são, entre outros, aplicados nos chamados sistemas *fuzzy*, que envolvem a análise de conceitos subjetivos e obtenção de um resultado final único e nítido. Um sistema *fuzzy* baseia-se fundamentalmente em dois processos: *fuzzificação* e *defuzzificação*.

No processo de *fuzzificação* é realizada a conversão das entradas e saídas de um universo *crisp* tradicional para o universo *fuzzy*. Para isso, cada valor de entrada e de saída deve ser associado a uma variável linguística. Para cada variável linguística deve ser determinado o conjunto de termos linguísticos que a descrevem. Cada termo linguístico é um conjunto *fuzzy* obtido por uma função de pertinência que deve ser definida.

Se de um lado, o processo de fuzzificação transforma valores *crisp* em valores *fuzzy*, de outro, tem-se a *defuzzificação*, que transforma valores *fuzzy* em um único valor *crisp*.

Os valores de saída *fuzzy* que serão transformados na defuzzificação em um único valor *crisp* são calculados com base em um conjunto de regras que deve ser definido para identificar as relações entre os termos linguísticos de entrada e saída. Ou seja, as regras

devem definir para uma determinada entrada *fuzzy* (ou uma combinação de entradas), qual é a saída *fuzzy* apropriada. Essas regras são utilizadas em um *método de inferência* que realiza as combinações e análises necessárias para, considerando uma determinada entrada, fornecer a saída apropriada.

6.4.2 Utilização de *Fuzzy* no IABM

A aplicação de *Fuzzy* no contexto do IABM foi realizada para, a partir dos resultados subjetivos da avaliação dos requisitos dos itens avaliados pelo IABM, obter como saída um valor único e objetivo que caracterize o grau de adequação da base de medidas ao controle estatístico de processos. Para isso foram seguidas as etapas do raciocínio *fuzzy*, presentes nos sistemas *fuzzy*: fuzzificação, inferência *fuzzy* e defuzzificação.

Inicialmente foi realizada a fuzzificação dos valores de entrada e de saída. Ou seja, as variáveis linguísticas referentes às entradas e saídas necessárias foram identificadas, seus termos linguísticos foram determinados e as funções de pertinência correspondentes foram definidas.

As funções de pertinência definidas seguiram o formato triangular, sendo caracterizadas por uma terna (a, b, c) , sendo que a e c determinam os pontos onde o grau de pertinência é zero e b indica o ponto onde o grau de pertinência é máximo. Uma função de pertinência triangular definida pela terna (a, b, c) é, na verdade, a função dada por

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{se } x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & \text{se } a < x \leq b \\ (c-x)/(c-b) & \text{se } b < x < c \\ 0 & \text{se } x \geq c, \end{cases}$$

cujo gráfico é apresentado na Figura 6.7.

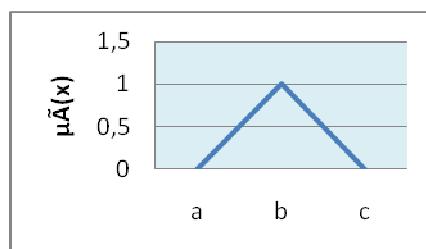


Figura 6.7 – Função de pertinência triangular (a, b, c) .

Como resultados da fuzzificação foram obtidos:

Entradas:

- *Variáveis Linguísticas:* Atendimento R₁, ..., Atendimento R_n (onde R simboliza um requisito e n é o número de requisitos considerados na avaliação).
- *Termos Linguísticos:* Atende, Atende Largamente, Atende Razoavelmente, Atende Precariamente, Não Atende.
- *Funções de Pertinência:*

Atende: (4.0, 4.0, 4.0)

Atende Largamente: (2.0, 3.0, 4.0)

Atende Razoavelmente: (1.0, 2.0, 3.0)

Atende Precariamente: (0.0, 1.0, 2.0)

Não Atende: (0.0, 0.0, 0.0)

Na Figura 6.8 são representadas as áreas correspondentes a cada termo linguístico das variáveis de entrada.

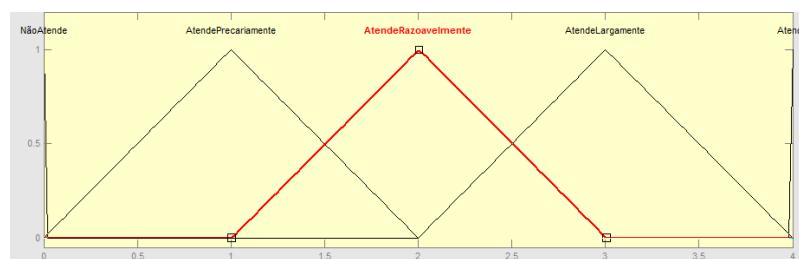


Figura 6.8 – Áreas correspondentes aos termos linguísticos das variáveis de entrada.

Saídas:

- *Variáveis Linguísticas:* Grau de Adequação.
- *Termos Linguísticos:* Adequado, Largamente Adequado, Razoavelmente Adequado, Precariamente Adequado, Não Adequado.
- *Funções de Pertinência:*

Adequado: (100, 100, 100)

Largamente Adequado: (50, 75, 100)

Razoavelmente Adequado: (25, 50, 75)

Precariamente Adequado: (0, 25, 50)

Não Adequado: (0, 0, 0)

Na Figura 6.9 são representadas as áreas correspondentes a cada termo linguístico da variável de saída.

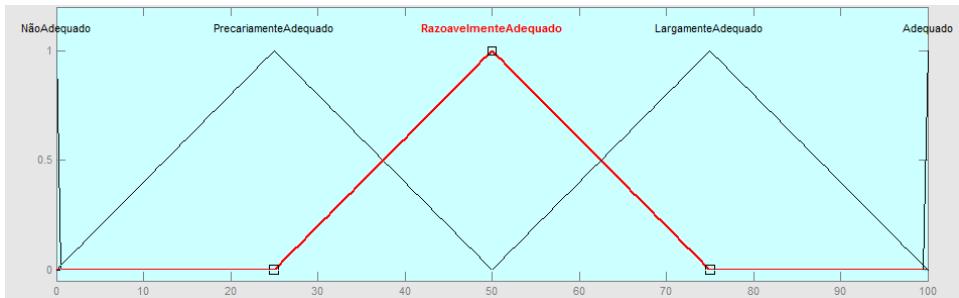


Figura 6.9 – Áreas correspondentes aos termos linguísticos da variável de saída.

Realizada a fuzzificação, foram definidas as regras para a inferência *fuzzy*. Dado o grande número de variáveis de entrada e a grande variedade de combinações possíveis, a definição de regras no formato tradicional SE-ENTÃO para cobrir todas as combinações de entradas possíveis mostrou-se inapropriada. Decidiu-se, então, pela utilização do operador *OWA_{MEDIA}* (*Ordered Weighted Average*) (YAGER, 1988) para realizar a agregação das variáveis *fuzzy* de entrada em um único valor *fuzzy* de saída. Para isso, a cada termo linguístico de entrada foi atribuída uma nota, sendo: 4 – Atende, 3 – Atende Largamente, 2 – Atende Razoavelmente, 1 – Atende Precariamente, 0 – Não Atende. O agregado resultante de vários termos linguísticos de entrada (lembrando que um termo linguístico de entrada é o resultado da avaliação de um requisito) é igual à média de suas notas.

Para a avaliação de cada item, além da utilização de *OWA_{MEDIA}*, a seguinte regra foi estabelecida:

- Se a nota correspondente a algum termo linguístico de entrada for 0, então o agregado é 0.²⁰

Para determinar o agregado resultante da avaliação de um item, inicialmente deve ser determinado o resultado da avaliação dos requisitos que possuem sub-requisitos, utilizando-se *OWA_{MEDIA}* e considerando-se a regra definida anteriormente. A Figura 6.10 ilustra a obtenção do resultado da avaliação de um requisito a partir dos resultados das avaliações de seus sub-requisitos.

²⁰ Isso significa que, caso algum requisito de algum item seja avaliado como *Não Atende*, o item avaliado será considerado *Não Adequado* ao controle estatístico. A justificativa para essa regra está no fato de que, quando um requisito é avaliado como *Não Atende*, significa que não existem ações possíveis para adequar o item avaliado ao controle estatístico de processos, logo, o mesmo deve ser descartado, mesmo que atenda aos demais requisitos. Ter um requisito avaliado como *Não Atende* significa que o item pode ser reconstruído, porém, não pode ser adequado. Por isso, o não atendimento a um único requisito torna o item *Não Adequado*.



Figura 6.10 – Procedimento adotado para avaliação de um requisito considerando-se os resultados da avaliação de seus sub-requisitos.

Determinados os resultados de avaliação dos requisitos com sub-requisitos, todos os resultados de avaliação dos requisitos do item são agregados aplicando-se OWA_{MEDIA} , para obter o agregado de cada item. A adequação da base de medidas como um todo é determinada pela média dos agregados dos itens avaliados.

Na Figura 6.11 é representado o procedimento adotado para determinar a adequação da base de medidas.

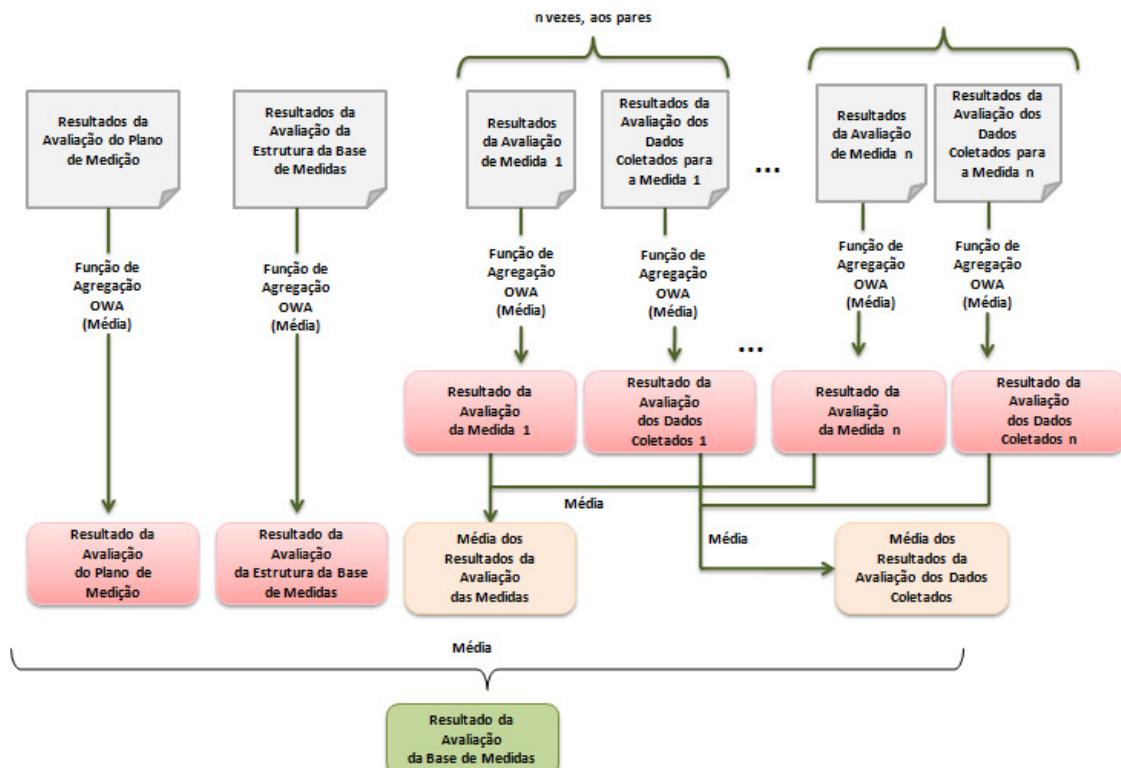


Figura 6.11 – Procedimento adotado para obtenção do valor que determina a adequação da base de medidas.

Obtida a saída *fuzzy* (Resultado da Avaliação da Base de Medidas), é utilizado o método de defuzzificação Centróide para determinar o valor *crisp* correspondente, equivalente ao grau de adequação da base de medidas. Vale notar que também é possível obter o grau de adequação de cada item, realizando a defuzzificação dos valores de seus resultados de avaliação.

A implementação dos princípios da Lógica *Fuzzy* e dos Conjuntos *Fuzzy* para determinar a adequação de uma base de medidas a partir dos resultados de avaliação dos *checklists* do IABM foi realizada com apoio do software MATLAB R2007a²¹.

É importante ressaltar que a solução utilizando-se *fuzzy* proposta neste trabalho é uma solução inicial, não sendo considerada uma solução *fuzzy* ótima. No entanto, a solução proposta poderá ser refinada em oportunidade futura incluindo-se, por exemplo, pesos aos requisitos, determinados por especialistas e calibrados a partir de resultados de avaliações realizadas em bases de medidas. Algumas informações sobre o raciocínio realizado para a escolha da solução adotada podem ser obtidas no Anexo 5.

6.5 Experiências de Aplicação do IABM

Conforme apresentado na seção 6.2, durante o desenvolvimento do IABM foram realizadas três experiências de aplicação para avaliá-lo. Como representado na Figura 6.1, as primeiras experiências de aplicação do IABM foram realizadas em duas organizações, tendo sido utilizada a primeira versão do IABM, composta por um único *checklist*. Nessa versão do IABM, o diagnóstico de avaliação da base de medidas era composto pelos *checklists* de avaliação preenchidos e por um relatório com os resultados gerais da avaliação, não sendo determinada a adequação da base de medidas como um todo.

A avaliação das bases de medidas das duas organizações considerou todas as medidas presentes na base de medidas, ou seja, a avaliação não se limitou às medidas associadas aos processos críticos das organizações, uma vez que o principal objetivo dessas avaliações iniciais foi verificar se os requisitos identificados eram adequados, ou seja, se o resultado de avaliação pelo IABM era confirmado ao se utilizar as medidas avaliadas para analisar o desempenho de um processo aplicando-se seus dados em gráficos de controle.

De acordo com os resultados da experiência de aplicação, os requisitos foram considerados adequados, pois os resultados das avaliações coincidiram com os resultados de aplicação das medidas e seus dados na análise de desempenho de processos utilizando-se técnicas do controle estatístico. Percebeu-se, inclusive, que algumas vezes os dados das

²¹ Disponível em <http://www.mathworks.com>.

medidas eram aplicáveis em gráficos de controle, porém, a medida não era capaz de descrever o desempenho do processo, não fornecia informações relevantes para a melhoria de processos ou não era possível investigar causas de variação por falta de informações adicionais. Ou seja, apesar dos dados serem ‘plotáveis’ em gráficos de controle, as medidas não eram úteis ao controle estatístico de processos.

A seguir é apresentado um resumo dos diagnósticos de avaliação das duas primeiras bases de medidas avaliadas.

Avaliação da Base de Medidas da Organização “A”

(i) *Contexto:* No momento da avaliação da base de medidas, a organização era uma organização avaliada CMMI nível 2 que se encontrava implementando as práticas necessárias ao atendimento dos requisitos do nível 3 do modelo. Para realizar a avaliação da base de medidas, primeiramente foram realizadas reuniões que permitiram que os principais processos, práticas e ferramentas da organização fossem conhecidos pela avaliadora.

(ii) *Análise Geral:* A organização A possuía um Plano de Medição detalhado, que poucos meses antes da avaliação havia sido adequado para atender os requisitos do nível 3 do CMMI. As medidas definidas no plano possuíam alinhamento ao Planejamento Estratégico da organização. Os projetos eram agrupados de acordo com suas características, permitindo analisar os valores coletados para as medidas entre projetos de um mesmo grupo. A empresa utilizava um ambiente de apoio à gerência dos projetos que permitia que algumas das medidas definidas fossem coletadas automaticamente, ou cuja entrada fosse realizada pelo próprio ambiente. Outras medidas eram registradas manualmente em planilhas eletrônicas.

Apesar da organização não possuir um banco de dados com uma estrutura refinada para a base de medidas e das medidas coletadas serem armazenadas em locais distintos (planilhas e banco de dados), os dados coletados eram integrados, sendo centralizados em planilhas de projetos e organizacional, vinculadas entre si.

Considerando que a coleta das medidas despende esforço e, consequentemente, tem um custo, a organização decidiu incluir no Plano de Medição apenas as medidas necessárias para atender aos requisitos do modelo CMMI e, ao mesmo tempo, que fossem úteis à organização, tendo seus resultados aplicáveis em decisões perceptíveis a todos os envolvidos.

(iii) Análise Detalhada: A organização A possuía em sua base de medidas um volume considerável de dados que foram coletados em mais de quarenta projetos desde 2003. Porém, muitos desses dados não eram úteis ao controle estatístico de processos, pois referiam-se a definições diferentes de um mesmo processo. Por esse motivo, foram considerados na avaliação apenas os dados de projetos realizados em 2007, onde foram utilizadas as mesmas definições para os processos dos projetos.

Durante a experiência foram avaliadas 61 medidas, entre elas: esforço planejado, esforço realizado, esforço consumido, nº de itens planejados, nº de itens realizados, itens com desvio de prazo, nº de requisitos incluídos, nº de requisitos excluídos, nº de requisitos alterados, nº de não conformidades, nº de defeitos identificados internamente, nº de defeitos identificados pelo cliente, nº total de não conformidades registradas, nº de não conformidades concluídas e esforço despendido em correção de não conformidades. Segundo as definições operacionais contidas no Plano de Medição, essas medidas eram coletadas e analisadas ao final de cada fase dos projetos ou ao final de cada mês, o que caracteriza uma granularidade muito alta para aplicação no controle estatístico de processos.

Porém, analisando-se os dados da base de medidas, percebeu-se que a organização, devido ao apoio provido pelo ambiente de gerência de projetos utilizado, mantinha o registro de algumas de suas medidas em granularidade menor. Por exemplo, algumas medidas relacionadas a prazo e a esforço, apesar de terem suas definições operacionais com coleta e análise mensais, eram registradas no ambiente por dia, semana e atividade. Além disso, mesmo que no Plano de Medição as medidas não estivessem explicitamente relacionadas a processos específicos, os dados foram coletados e armazenados de tal forma que era possível identificar a relação entre as medidas, seus valores coletados e os processos aos quais se referiam.

Durante a avaliação, notou-se que os requisitos menos atendidos foram a identificação das medidas correlatas e a existência das informações de contexto. Além disso, não havia volume de dados suficiente para o controle estatístico para a maioria das medidas.

A análise dos dados da base de medidas da organização A foi ao encontro da afirmação de autores como (BORIA, 2007) e (KITCHENHAM *et al.*, 2007), que dizem que as medidas utilizadas para atender aos requisitos dos níveis iniciais do CMMI não são aplicáveis ao controle estatístico de processos.

Como diagnóstico geral da avaliação, concluiu-se que a maioria das medidas da base de medidas da organização A precisava de adequações para serem utilizadas no controle estatístico de processos. Algumas das medidas coletadas eram inúteis ao controle estatístico de processos como, por exemplo, o número de projetos aderentes ao Plano de Medição. Outras, considerando os dados coletados, tinham adequação, mas, sozinhas, não eram suficientes para a realização do controle estatístico de processos, pois mesmo que seus dados fossem utilizados em técnicas estatísticas, a investigação de causas de variação do comportamento seria muito difícil ou até impraticável, uma vez que informações de contexto e medidas correlatas não estavam disponíveis.

Com base nos resultados da avaliação, foram identificadas algumas ações para adequar a base de medidas aos requisitos necessários para a realização do controle estatístico de processos: refinar o Plano de Medição a fim de relacionar, formalmente, as medidas aos processos; organizar a base de medidas conforme alterações no Plano de Medição; definir e coletar medidas correlatas às medidas definidas; diminuir a granularidade das medidas, registrar informações de contexto das medidas, incluindo informações relevantes sobre a execução do processo e do projeto no momento da coleta da medida; refinar a caracterização dos projetos e coletar um volume de dados suficiente para as medidas.

Avaliação da Base de Medidas da Organização “B”

(i) *Contexto:* No momento da avaliação da base de medidas, a organização B era avaliada CMMI nível 3 e usuária do Ambiente TABA²² (VILLELA, 2004). A avaliação da base de medidas da organização B foi realizada sem interação com os membros da organização, ou seja, para a realização da avaliação foram consideradas, exclusivamente, as informações contidas na base de medidas e o conhecimento pessoal da avaliadora relativo aos ambientes, processos e estrutura do Ambiente TABA.

(ii) *Análise Geral:* A organização B possuía um Plano de Medição bastante refinado, cujas medidas definidas estavam alinhadas aos objetivos de medição estabelecidos pela organização. No entanto, não foi possível avaliar o alinhamento dos objetivos de medição

²² O Ambiente TABA é um ambiente de Engenharia de Software que possui um conjunto de ferramentas de apoio a atividades relacionadas a processos de software. É um projeto realizado na COPPE/UFRJ desde 1990, envolvendo diversos trabalhos de mestrado e doutorado, cuja aplicabilidade em organizações de software tem sido comprovada através de diversas empresas que utilizam o Ambiente TABA como apoio às atividades de Engenharia de Software, principalmente no contexto de programas de melhoria de processos.

estabelecidos pela organização aos objetivos definidos no Planejamento Estratégico, uma vez que tais informações não se encontravam na base de medidas.

Os projetos da organização foram caracterizados seguindo o mecanismo de caracterização presente no Ambiente TABA, que inclui os seguintes critérios: indústria, tipo de software, paradigma, natureza do projeto, nível de experiência do gerente, nível de experiência da equipe, nível de experiência dos clientes, uso de tecnologia inovadora, restrição de cronograma, restrição de desempenho, restrição de segurança, restrição de recursos humanos e distribuição geográfica da equipe.

O Plano de Medição continha a identificação dos objetivos de medição, necessidades de informação e medidas associadas, sendo essas medidas relacionadas a processos que compunham o processo padrão da organização. A base de medidas era única, implementada em um banco de dados.

(iii) Análise Detalhada: A avaliação considerou medidas coletadas pela organização em 2007 durante a execução de 7 projetos. Foram avaliadas 124 medidas, associadas aos processos equivalentes às áreas de processo presentes no nível 3 do CMMI. Algumas das medidas avaliadas foram: esforço planejado, esforço realizado, tempo estimado, tempo real, nº de não conformidades, nº de requisitos incorretos, nº de requisitos ambíguos, nº de riscos identificados, nº de riscos identificados que ocorreram e nº de erros, dentre outras.

Apesar da organização possuir medidas com definições operacionais satisfatórias, alinhadas aos objetivos e relacionadas a todos os processos executados, o maior problema percebido foi a alta granularidade das medidas. A maior parte das medidas foi coletada ao final das fases ou por macroatividade nos projetos, uma vez que sua definição e coleta foram baseadas, principalmente, na necessidade de atender aos requisitos dos níveis 2 e 3 do CMMI. A baixa frequência da coleta também levou ao não atendimento do requisito volume de dados suficiente. Considerando que foram analisados dados de 7 projetos, algumas medidas, que foram coletadas uma única vez em cada projeto, não apresentaram volume de dados suficiente para aplicação do controle estatístico de processos. Além disso, faltavam informações de contexto das medidas. O registro do valor coletado para as medidas continha informações sobre o momento da coleta, porém, as informações armazenadas não eram suficientes ou, na maioria das vezes, não haviam sido registradas.

Alguns pontos positivos percebidos durante a avaliação foram: presença de medidas correlatas, raras situações de dados não coletados para as medidas, grupos de

dados relativamente homogêneos, presença de medidas para todos os processos e relevância das medidas para a tomada de decisão.

Assim como ocorreu na análise dos dados da base de medidas da organização A, a análise da base de medidas da organização B gerou resultados que vão ao encontro da afirmação de que as medidas utilizadas para atender aos requisitos dos níveis iniciais do CMMI não são aplicáveis ao controle estatístico de processos. A base de medidas da organização B mostrava-se aderente aos requisitos dos níveis iniciais do CMMI, porém, a maioria de suas medidas ainda não era adequada ao controle estatístico de processos.

Como diagnóstico geral, concluiu-se que a base de medidas da organização B precisava de algumas modificações para adequar suas medidas ao controle estatístico de processos, principalmente em relação à frequência de coleta das medidas, o que impacta diretamente em sua granularidade. Apesar de haver medidas associadas a todos os processos, identificou-se a necessidade de coleta de novos dados, com a granularidade adequada, a fim de produzir o volume de dados necessário às medidas.

Baseando-se nos resultados da avaliação, algumas ações sugeridas foram: revisar a definição das medidas considerando menor granularidade; incluir nas informações de contexto das medidas coletadas informações relevantes sobre a execução do processo e do projeto no momento da coleta da medida e coletar volume de dados suficiente para as medidas.

Como exemplo de aplicação da versão inicial do IABM, no Anexo 6 é apresentado o *checklist* preenchido durante a avaliação de uma das medidas da organização A.

Conforme discutido anteriormente, após ser aplicado para avaliar as bases de medidas das organizações A e B, considerando os resultados obtidos em relação aos requisitos, bem como os pontos positivos e negativos percebidos durante a aplicação do *checklist* inicial, o IABM foi refinado.

As primeiras alterações realizadas concentraram-se na estrutura do IABM, que teve seu *checklist* inicial de avaliação refinado e dividido em quatro *checklists*, sendo um para cada item da base de medidas (Plano de Medição, estrutura da base de medidas, medidas definidas e dados coletados). Além disso, considerando-se o conhecimento adquirido com o estudo baseado em revisão sistemática da literatura realizado e com as experiências iniciais de utilização do IABM, foi realizada a formalização das descrições dos requisitos presentes em cada *checklist*, bem como das orientações para avaliação de cada requisito e das ações para adequação. O diagnóstico de avaliação passou a conter, além dos *checklists* preenchidos durante a avaliação de cada item, a identificação das ações de adequação por

requisito e um resultado geral para a adequação de cada item (*Adequado*, *Parcialmente Adequado*, *Não Adequado*).

Realizadas as alterações, o IABM foi utilizado para avaliar a base de medidas de uma terceira organização (organização C), sendo o principal objetivo dessa aplicação analisar se a nova estrutura definida para o IABM estava adequada para utilização.

Vale ressaltar que na versão do IABM utilizada para avaliar a base de medidas da organização C, assim como na versão inicial, um requisito poderia ser avaliado como *Atende*, *Atende Parcialmente* e *Não Atende*, e a adequação de um item era dada por *Adequado*, *Parcialmente Adequado* ou *Não Adequado*. A substituição de *Atende Parcialmente* por *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* e *Atende Precariamente* e de *Parcialmente Adequado* por *Largamente Adequado*, *Razoavelmente Adequado* e *Precariamente Adequado* foi realizada em momento posterior à avaliação da base de medidas da organização C (Figura 6.1).

Um resumo do diagnóstico de avaliação da base de medidas da terceira experiência de aplicação do IABM é descrito a seguir. Como exemplo de aplicação da versão evoluída do IABM, no Anexo 6 são apresentados alguns *checklists* preenchidos durante a avaliação, bem como fragmentos do relatório *Diagnóstico de Avaliação* resultante dessa avaliação.

Avaliação da Base de Medidas da Organização “C”

(i) *Contexto:* No momento da avaliação, a organização C era avaliada CMMI nível 2 e estava concluindo a implantação das atividades necessárias ao nível 3 do CMMI e ao nível C do MPS.BR. O gerente de qualidade da organização solicitou a avaliação de sua base de medidas, pois estava reestruturando seu Programa de Medição para adequar-se ao nível 3 do CMMI e desejava incluir, desde então, os aspectos relevantes ao controle estatístico de processos. Sendo assim, sob o ponto de vista da organização, a avaliação da base de medidas nesse estágio objetivou auxiliá-la, através da identificação das adequações, não adequações e ações necessárias, na definição de um Plano de Medição e de uma base de medidas (estrutura e medidas definidas) adequados ao controle estatístico de processos, a ser implementado no futuro, como parte das ações necessárias para alcançar os níveis mais elevados de maturidade. Na avaliação foram considerados o Plano de Medição (registrado em uma planilha eletrônica), a estrutura da base de medidas (modelada em uma ferramenta CASE usando Diagramas de Classes UML e Diagramas Relacionais) e as medidas (também registradas em planilhas eletrônicas) associadas aos processos de Gerência de Requisitos, Desenvolvimento de Requisitos, Planejamento do Projeto e Verificação, identificados pelo gerente de qualidade como os processos críticos da

organização. Considerando que a organização decidiu pela reestruturação de seu Programa de Medição e que os dados coletados anteriormente, por decisão da organização, não seriam carregados na nova base de medidas, o item *Dados Coletados* não foi avaliado nesta aplicação do IABM²³.

(ii) *Diagnóstico de Avaliação do Plano de Medição:* O Plano de Medição da Organização foi elaborado relacionando-se objetivos de negócio, objetivos de medição, necessidades de informação e medidas. Estavam registrados quatro objetivos de negócio e 22 objetivos de medição associados aos objetivos de negócio, sendo que 20 dos objetivos de medição tratavam do monitoramento de processos. O Plano de Medição foi avaliado como *Parcialmente Adequado*, pois foram identificadas inadequações no registro de alguns objetivos de medição, necessidades de informação e medidas, bem como no relacionamento entre esses elementos. Assim, foram sugeridas ações para a revisão do Plano de Medição, a fim de excluir, incluir ou alterar objetivos de medição, necessidades de informação e medidas e adequar os relacionamentos entre esses elementos.

(ii) *Diagnóstico de Avaliação da Estrutura da Base de Medidas:* A estrutura da base de medidas era composta por 25 tabelas e foi diagnosticada como *Não Adequada* ao controle estatístico de processos, pois foram encontrados problemas que não poderiam ser adequados, exigindo que a estrutura da base de medidas fosse reconstruída. Considerando que a organização estava em um momento de reestruturação e que a base de medidas ainda não havia sido alimentada com dados coletados em medições, sua não adequação teve menor impacto do que se contivesse dados coletados ao longo dos projetos. Alguns exemplos de inadequações encontradas foram: os processos não estavam identificados na estrutura da base de medidas, logo, não era possível identificar suas diferentes definições (versões); os projetos da organização não estavam caracterizados na base de medidas, sendo apenas classificados por um tipo e paradigma; não havendo caracterização para os projetos, não foi definido um mecanismo para identificação de similaridade entre projetos; as informações de contexto das medidas coletadas foram modeladas em um atributo de conteúdo livre chamado “informações de contexto”, não sendo possível identificar que

²³ A não avaliação dos dados coletados não foi considerada prejudicial à avaliação do IABM, pois as experiências de avaliação iniciais deram destaque à avaliação dos dados coletados para as medidas. Além disso, o principal objetivo da terceira experiência de aplicação do IABM era avaliar a aplicação da nova estrutura do IABM. Porém, como foram realizadas algumas alterações para o refinamento dos requisitos, alguns dados de medidas avaliadas nas primeiras experiências de aplicação do IABM foram reavaliados, considerando-se os requisitos da nova versão do IABM, não tendo sido encontradas inconsistências.

informações seriam armazenadas. Considerando-se os resultados da avaliação, sugeriu-se que a estrutura da base de medidas fosse redefinida para resolver os problemas identificados.

(ii) *Diagnóstico de Avaliação das Medidas:*

Foram avaliadas as medidas relacionadas aos processos considerados críticos para a organização, uma vez que estes são os potenciais processos a, futuramente, serem submetidos ao controle estatístico. A organização apresentou um modelo de definição operacional que foi utilizado em todas as medidas definidas. Sendo assim, a avaliação das medidas consistiu, inicialmente, na avaliação do modelo de definição operacional, sendo seguida pela avaliação individual das medidas. O modelo de definição operacional utilizado pela organização incluía os seguintes campos: nome, descrição, mnemônico, valor base, limite superior, limite inferior, equação de cálculo, unidade de medida, procedimento de coleta, procedimento de análise, responsável pela coleta, responsável pela análise, entidade medida, fase, atividade, frequência de medição e os *flags* ativa, obrigatória, atômica e automática. Considerando-se a definição operacional, como resultado da avaliação foram sugeridas ações de adequação para incluir informações que não estavam presentes no modelo de definição operacional da organização, a saber: propriedade da entidade medida, tipo de escala e valores da escala. Após a avaliação do modelo de definição operacional, a avaliação individual das medidas foi realizada e sua adequação foi determinada individualmente. Os principais problemas encontrados foram definições operacionais ambíguas, incompletas ou inconsistentes, ausência de identificação de medidas correlatas e alta granularidade das medidas definidas. Para resolver os problemas identificados, foram sugeridas ações para redefinir algumas medidas e corrigir a definição de outras.

Após a aplicação do IABM para avaliação da base de medidas da organização C, foram realizados pequenos ajustes em seu texto e, percebendo-se a amplitude dos termos *Atende Parcialmente* e *Parcialmente Adequada*, decidiu-se substituí-los por *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* e *Atende Precariamente*, e por *Largamente Adequado*, *Razoavelmente Adequado* e *Precariamente Adequado*, sendo realizada, assim, a última evolução do IABM no contexto desta tese, que constou da aplicação dos princípios da Teoria *Fuzzy* para determinar o resultado da avaliação de uma base de medidas (apresentado na seção 6.4).

6.6 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado o Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software, um dos componentes da estratégia definida nesta tese.

Os passos realizados durante o desenvolvimento e avaliação do IABM até a obtenção de sua versão atual foram apresentados, bem como os resultados de aplicação do IABM às bases de medidas de três organizações.

No próximo capítulo é apresentado o Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos, último componente da estratégia proposta nesta tese.

Capítulo 7

Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos

Neste capítulo é apresentado o Conjunto de Recomendações para Medição de Software, último componente da estratégia para realização de medição e avaliação de bases de medidas para controle estatístico de processos proposta nesta tese.

7.1 Introdução

Este capítulo apresenta o Conjunto de Recomendações para Medição de Software e está assim organizado: na seção 7.2 é apresentada uma visão geral do Conjunto de Recomendações para Medição de Software, sendo abordados aspectos relacionados à sua definição; na seção 7.3 são apresentadas algumas recomendações que compõem o conjunto de recomendações; na seção 7.4 são apresentados o método adotado para avaliar o Conjunto de Recomendações para Medição de Software e os resultados obtidos; e na seção 7.5 são realizadas as considerações finais do capítulo.

7.2 Visão Geral do Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos

O Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos (CRMS) reúne orientações que visam apoiar a realização do processo de medição de software. Ele baseia-se, principalmente, nos requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos (descrito no Capítulo 6), na conceituação provida pela Ontologia de Medição de Software (descrita no Capítulo 5) e no conhecimento obtido através de experiências práticas de aplicação do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas. Considera, ainda, orientações, práticas e lições aprendidas registradas na literatura.

A base que fundamentou a definição do CRMS é mostrada na Figura 7.1. Os aspectos tratados pelas recomendações foram identificados a partir dos requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas. O conhecimento provido pela Ontologia de Medição de Software, pelas experiências de utilização do Instrumento para

Avaliação de Bases de Medidas, por registros da literatura e por normas e padrões de medição foi utilizado para compor as recomendações.

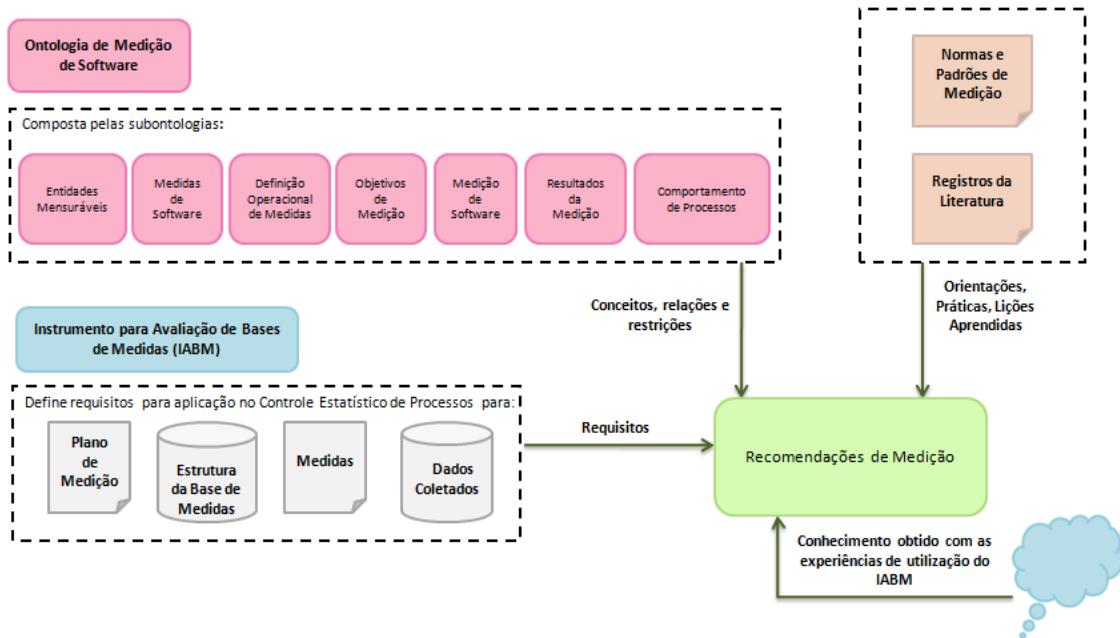


Figura 7.1 – Definição do Conjunto de Recomendações para Medição de Software.

As normas e padrões considerados na definição do CRMS foram: ISO/IEC 15939 (ISO/IEC, 2002), IEEE Std 1061 (IEEE, 1998), *Practical Software Measurement* (PSM) (McGARRY *et al.*, 2002), bem como aspectos relacionados à medição presentes no MR MPS (SOFTEX, 2009), CMMI (CHRISSIS *et al.*, 2006) e ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2003).

O CRMS é composto por vinte recomendações organizadas em cinco grupos: Preparação da Medição de Software, Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos, Definição de Medidas de Software, Realização de Medições de Software e Análise de Medições de Software.

É importante ressaltar que não se pretende que o conjunto de recomendações proposto seja completo, contendo todas as possíveis recomendações para realização de medição adequada ao controle estatístico de processos. O conjunto de recomendações proposto é um conjunto inicial de recomendações, avaliado por especialistas, e cuja utilização futura em organizações propiciará sua evolução.

Na Figura 7.2 é apresentada a visão geral do CRMS, onde são identificados os aspectos tratados pelas recomendações que compõem cada um de seus grupos. Em seguida cada grupo de recomendações é descrito.

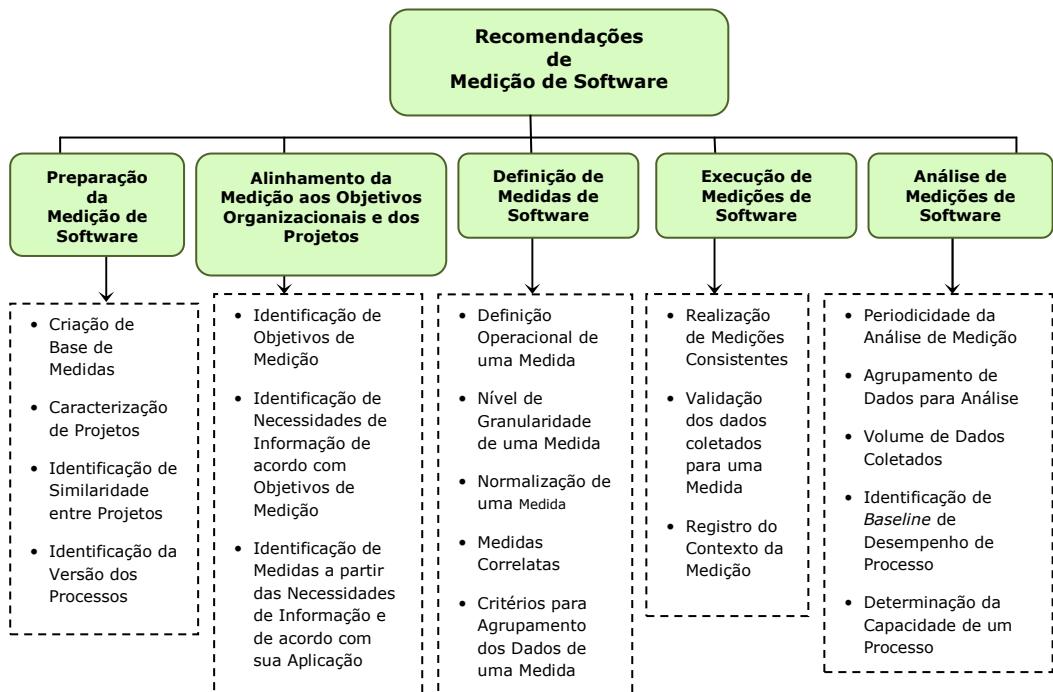


Figura 7.2 – Visão Geral do Conjunto de Recomendações para Medição de Software.

- *Preparação da Medição de Software*: contém recomendações relacionadas a aspectos que devem ser considerados antes da implantação de medição em uma organização e sem os quais não é possível realizar a medição de forma adequada.
- *Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos*: contém recomendações que visam à realização de medições alinhadas aos objetivos de negócio da organização e aos objetivos específicos dos projetos. Abordam a elaboração do Plano de Medição da organização e dos projetos considerando-se o Planejamento Estratégico da organização. Para isso, guiam a identificação de medidas úteis e alinhadas aos objetivos estabelecidos.
- *Definição de Medidas de Software*: contém recomendações para definir medidas adequadamente. Inclui o estabelecimento de definições operacionais para as medidas e trata outros aspectos relevantes, a saber: nível de granularidade, normalização, medidas correlatas e critérios para agrupamento de dados das medidas.

- *Realização de Medições de Software*: contém recomendações para a execução de medições de software, que consiste da coleta e armazenamento de dados para as medidas.
- *Análise de Medições de Software*: contém recomendações para que a análise dos dados coletados para as medidas forneça as informações necessárias identificadas no Plano de Medição, apoiando, assim, a tomada de decisões e a identificação de ações corretivas e de melhoria.

Em cada grupo de recomendações, além das recomendações propriamente ditas, o CRMS também inclui uma pequena fundamentação teórica referente a cada aspecto abordado, a fim de que as informações nela contidas contribuam para um melhor entendimento das recomendações realizadas.

7.3 Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos

Conforme descrito na seção anterior, a definição do Conjunto de Recomendações para Medição de Software baseou-se, principalmente, nos requisitos do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas e na conceituação provida pela Ontologia de Medição de Software. A seguir são apresentadas algumas recomendações que fazem parte do CRMS.

Na Tabela 7.1 são apresentadas as recomendações definidas para *Criação da Base de Medidas* e, em seguida, na Tabela 7.2, são apresentadas as recomendações relacionadas à *Definição Operacional de Medida*. Após a apresentação das recomendações relacionadas a cada um desses aspectos, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS considerados em sua definição são discutidos.

O conteúdo completo do Conjunto de Recomendações para Medição de Software encontra-se registrado no Anexo 7. As relações entre as recomendações do CRMS, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS são apresentadas no Anexo 8.

Tabela 7.1 - Recomendações definidas para Criação da Base de Medidas.

| | | |
|------------------------------|---|---|
| Grupo | <i>Preparação da Medição de Software - PMS</i> | |
| Aspecto | <i>Criação da Base de Medidas</i> | |
| Propósito | Orientar a construção da base (repositório) de medidas de uma organização de software. | |
| Fundamentação Teórica | A base de medidas deve ser capaz de armazenar e fornecer os dados requeridos pelos objetivos de medição estabelecidos pela organização. Os dados considerados necessários não estão limitados aos dados da medição propriamente dita. Dados relacionados aos projetos e processos também são relevantes e devem poder ser armazenados e recuperados na base de medidas (KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2007). | |
| Recomendações | R1. | Definir uma estrutura para a base de medidas (modelo de dados e mecanismos para armazenamento e recuperação de dados) capaz de fornecer o arcabouço necessário para que as recomendações de medição presentes no CRMS possam ser colocadas em prática. <i>Nota:</i> Recomenda-se que a definição da estrutura da base de medidas seja realizada considerando-se a Ontologia de Medições de Software utilizada na construção do CRMS. |
| | R2. | Definir uma base de medidas única e centralizada, utilizando ferramentas de bancos de dados, para que seja possível gerenciar os dados, armazenar e manter dados históricos. |
| | R3. | Caso não seja possível definir uma base de medidas única, as diferentes fontes que compõem a base de medidas devem ser integradas. |

A definição das recomendações relacionadas à Criação da Base de Medidas baseou-se no requisito *EB-R1: A base de medidas apresenta-se bem estruturada e permite que as medidas sejam integradas aos processos e às atividades da organização* (incluindo todos os seus sub-requisitos) e no requisito *EB-R5: É possível armazenar e recuperar informações de contexto das medidas coletadas* (incluindo todos os seus sub-requisitos), considerados para a avaliação do item *Estrutura da Base de Medidas* no IABM. Também baseou-se no requisito *DC-R1: Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível*, considerado para a avaliação do item *Dados Coletados* no IABM.

Os requisitos *EB-R1.1(A estrutura definida para a base de medidas permite relacionar as medidas definidas aos processos e às atividades da organização nos quais a medição deve ser realizada)* e *EB-R5* descrevem alguns dados que devem ser armazenados em uma base de medidas e informações que devem ser obtidas a partir dos dados armazenados. Ao recomendar que a estrutura da base de medidas deve ser capaz de permitir a realização das recomendações contidas no CRMS, a recomendação R1 vai ao encontro do atendimento a esses requisitos e engloba, ainda, outros dados e informações considerados relevantes à medição de software.

A sugestão de que a definição da estrutura da base de medidas seja realizada considerando-se a Ontologia de Medição de Software, baseia-se no fato que, uma vez que representa o conhecimento relevante a esse domínio, a Ontologia de Medição de Software pode orientar a identificação dos dados que uma base de medidas deve ser capaz de armazenar e das informações que deve ser capaz de fornecer, além das restrições envolvidas.

Para abordar os aspectos tratados pelos requisitos *EB-R1.2 (A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas)* e *DC-R1*, foram definidas as recomendações R2 e R3, que foram baseadas em registros da literatura obtidos no estudo baseado em revisão sistemática da literatura realizado e em lições aprendidas durante as experiências de aplicação do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas.

Analizando as recomendações relacionadas à Criação da Base de Medidas, é possível perceber que elas envolvem todos os conceitos presentes na Ontologia de Medição de Software, pois a definição da estrutura da base de medidas envolve, direta ou indiretamente, todos os conceitos representados nessa ontologia.

Tabela 7.2 - Recomendações definidas para Definição Operacional de Medida.

| Grupo | <i>Definição de Medidas de Software - DMS</i> |
|------------------------------|---|
| Aspecto | <i>Definição Operacional de uma Medida</i> |
| Propósito | Orientar a elaboração da definição operacional de uma medida. A definição operacional de uma medida inclui informações detalhadas sobre a medida, principalmente no que diz respeito à sua coleta e análise. |
| Fundamentação Teórica | <p>A repetitividade da medição de uma medida está diretamente relacionada com a completeza e precisão de sua definição operacional. Uma definição operacional incompleta, ambígua ou fracamente documentada possibilita que diferentes pessoas entendam a medida de maneiras diferentes e, consequentemente, coletem dados inválidos, realizem medições incomparáveis ou análises incorretas, o que torna a medição inconsistente e ineficiente (KITCHENHAM <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>A definição operacional de uma medida deve ser estabelecida de acordo com sua aplicação. Por exemplo, medidas aplicadas na análise de desempenho de processos, diferentemente das medidas com aplicação no monitoramento e controle tradicionais, devem ser analisadas através de técnicas do controle estatístico de processos.</p> <p>Em uma organização que deseja definir e coletar medidas adequadas ao controle estatístico de processos desde os níveis iniciais de maturidade, as definições operacionais das medidas, inicialmente, são orientadas ao monitoramento e controle tradicionais. Porém, para que os dados coletados</p> |

| Grupo | <i>Definição de Medidas de Software - DMS</i> | |
|----------------------|--|---|
| Aspecto | <i>Definição Operacional de uma Medida</i> | |
| | para essas medidas sejam futuramente úteis ao controle estatístico de processos, as definições operacionais das medidas devem garantir que os dados coletados e armazenados sejam úteis ao controle estatístico de processos (BARCELLOS <i>et al.</i> , 2009). | |
| Recomendações | R1. | <p>Estabelecer uma definição operacional para as medidas, a qual inclua as seguintes informações:</p> <ul style="list-style-type: none"> i. <i>Nome</i>: nome da medida. ii. <i>Descrição</i>: descrição sucinta da medida. iii. <i>Mnemônico</i>: sigla utilizada para identificar a medida. iv. <i>Tipo de Medida</i>: classificação da medida quanto à sua dependência funcional, podendo uma medida ser uma medida base ou uma medida derivada. v. <i>Entidade Medida</i>: entidade que a medida mede. Exemplos: organização, projeto, processo, atividade, recurso humano, recurso de hardware, recurso de software e artefato, dentre outros. vi. <i>Propriedade Medida</i>: propriedade da entidade medida quantificada pela medida. Exemplos: tamanho, custos, defeitos, esforço etc. vii. <i>Unidade de Medida</i>: unidade de medida em relação à qual a medida é medida. Exemplos: pessoa/mês, pontos de função, reais etc. viii. <i>Tipo de Escala</i>: natureza dos valores que podem ser atribuídos à medida. Exemplos: escala nominal, escala intervalar, escala ordinal, escala absoluta e escala taxa. ix. <i>Valores da Escala</i>: valores que podem ser atribuídos à medida. Exemplos: números reais positivos, {alto, médio, baixo} etc. Para medidas com escala do tipo absoluta ou taxa, ao determinar os valores da escala, é preciso identificar a precisão a ser considerada (0, 1 ou 2 casas decimais). x. <i>Intervalo esperado dos dados</i>: limites de valores da escala definida de acordo com dados históricos ou com metas estabelecidas. Exemplo: [0, 10]. xi. <i>Procedimento de Medição</i>: descrição do procedimento que deve ser realizado para coletar uma medida. A descrição do procedimento de medição deve ser clara, objetiva e não ambígua. xii. <i>Fórmula de Cálculo de Medida</i>: fórmula utilizada no procedimento de medição de medidas derivadas, para calcular o valor atribuído à medida considerando-se sua relação com outras medidas ou com outros valores. Exemplo: aderência ao cronograma = tempo real / tempo estimado. xiii. <i>Responsável pela Medição</i>: papel desempenhado pelo recurso humano responsável pela coleta da medida. É importante que o responsável pela medição seja fonte direta das informações a serem fornecidas na medição. Exemplos: analista de sistemas, programador, gerente do projeto etc. xiv. <i>Momento da Medição</i>: momento em que deve ser realizada a coleta e registro de dados para a medida. O momento da coleta deve ser uma atividade do processo definido para o projeto ou de um |

| Grupo | <i>Definição de Medidas de Software - DMS</i> |
|----------------|---|
| Aspecto | <i>Definição Operacional de uma Medida</i> |
| | <p>processo organizacional. Exemplos: na atividade Homologar Especificação de Requisitos, na atividade Realizar Testes de Unidade etc.</p> <p>xv. <i>Periodicidade de Medição:</i> frequência de coleta da medida. Exemplos: diária, mensal, uma vez por fase, uma vez por projeto, uma vez em cada ocorrência da atividade designada como momento da medição etc. É indispensável que haja coerência entre a periodicidade de medição e o momento de medição.</p> <p>xvi. <i>Procedimento de Análise:</i> descrição do procedimento que deve ser realizado para representar e analisar os dados coletados para uma medida, incluindo, além do procedimento propriamente dito, as ferramentas analíticas que devem ser utilizadas (por exemplo: histograma, gráfico de controle XmR etc.). A descrição do procedimento de análise deve ser clara, objetiva e não ambígua. Um procedimento de análise de medição pode ser baseado em critérios de decisão (por exemplo, utilizando-se uma meta como referência) e, nesse caso, os critérios de decisão considerados (incluindo suas premissas e conclusões) devem ser claramente estabelecidos. Medidas que não são analisadas isoladamente não precisam ter procedimento de análise definido. Por exemplo: se a medida número de requisitos alterados só for submetida à análise quando utilizada na composição da medida taxa de alteração de requisitos, não há necessidade de definir seu procedimento de análise.</p> <p>xvii. <i>Momento da Análise de Medição:</i> momento em que deve ser realizada a análise de dados coletados para a medida. O momento da análise deve ser uma atividade do processo definido para o projeto ou de um processo organizacional como, por exemplo, em atividades de monitoramento de projeto.</p> <p>xviii. <i>Periodicidade da Análise:</i> frequência de análise de dados da medida. Exemplos: diária, mensal, uma vez por fase, uma vez por projeto, uma vez em cada ocorrência da atividade designada como momento da análise etc. É indispensável que haja coerência entre a periodicidade de análise de medição e o momento da análise de medição²⁴.</p> <p>xix. <i>Responsável pela Análise:</i> papel desempenhado pelo recurso humano responsável pela análise da medida. É importante que o responsável pela análise de medição seja apto a aplicar o procedimento de análise e tenha conhecimento organizacional que propicie a correta interpretação dos dados e fornecimento de informações que apoiem as tomadas de decisão. Exemplos: gerente do projeto, gerente de qualidade etc.</p> |
| R2. | Estabelecer a definição operacional da medida de acordo com sua aplicação ²⁵ . |

²⁴ A *periodicidade de análise* é um aspecto tratado em detalhes em outras recomendações do CRMS.

²⁵ A *aplicação* de uma medida é um aspecto tratado por recomendações específicas do CRMS.

| Grupo | <i>Definição de Medidas de Software - DMS</i> | |
|----------------|---|---|
| Aspecto | <i>Definição Operacional de uma Medida</i> | |
| | R3. | Estabelecer, para as medidas identificadas nos níveis iniciais de maturidade, mas que poderão ser futuramente utilizadas no controle estatístico dos processos, definições operacionais que permitam desde os níveis iniciais, coleta e armazenamento frequente e adequado dos dados necessários à realização do controle estatístico de processos. |
| | R4. | Para utilizar no controle estatístico de processos medidas identificadas nos níveis iniciais de maturidade, estabelecer novas definições operacionais voltadas para aplicação na análise de desempenho dos processos, incluindo, por exemplo, um procedimento de análise adequado, que utilize as técnicas do controle estatístico de processos. |

A definição das recomendações relacionadas à definição operacional de medida baseou-se no requisito *MS-R1: A definição operacional da medida é correta e satisfatória* (incluindo todos os seus sub-requisitos), considerado para a avaliação do item *Medidas* no IABM.

Além disso, as recomendações definidas consideram, fundamentalmente, o conhecimento representado pela Ontologia de Medição de Software e os principais padrões de medição registrados na literatura (citados na seção 7.2), especialmente a recomendação R1. O conhecimento obtido com as experiências de aplicação do IABM e em registros da literatura contribuíram para a definição de R2, R3 e R4.

Estão envolvidos nas recomendações definidas, os conceitos da Ontologia de Medição de Software presentes nas subontologias: *Entidades Mensuráveis*, *Medidas de Software*, *Objetivos de Medição* e *Definição Operacional de Medidas de Software*.

Vale ressaltar que, buscando apoiar o entendimento das recomendações relacionadas ao grupo Definição de Medidas de Software, foi inclusa no CRMS uma seção na qual são apresentados exemplos de definições de medidas de acordo com sua aplicação. Esses exemplos estão registrados na seção A7.7 do Anexo 7 desta tese.

7.4 Avaliação do Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos

A avaliação do Conjunto de Recomendações para Medição de Software foi realizada por especialistas através da técnica de Revisão por Pares, tendo sido selecionados para a revisão os avaliadores MR MPS (SOFTTEX, 2009) habilitados a realizarem avaliações dos níveis A e B do modelo, uma vez que possuem conhecimento teórico e prático da utilização do controle estatístico de processos em organizações de alta maturidade.

A revisão por pares foi realizada por todos os avaliadores MR MPS que atenderam à exigência citada, totalizando cinco revisores, que analisaram o Conjunto de Recomendações para Medição de Software e registraram seus comentários em uma planilha como a apresentada na Figura 7.3.

| Revisão por Pares do Conjunto de Recomendações para Medição de Software | | | | | |
|--|-----------------------------|------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Instruções <ol style="list-style-type: none"> Leia o Conjunto de Recomendações para Medição de Software (CRMS), analisando se o conteúdo nele presente, especialmente as recomendações apresentadas, contribui para a realização de medição adequada à realização do controle estatístico de processos. Durante a leitura, identifique pontos do conteúdo do CRMS para os quais você deseja registrar um comentário. Utilize a Planilha para Revisão por Pares, para registrar seus comentários. As instruções para preenchimento da planilha podem ser obtidas clicando nas células da planilha cujo canto superior direito está identificado em vermelho. Ao concluir sua revisão, envie sua planilha de revisão para monalessa@inf.ufes.br e para monalessa@terra.com.br. | | | | | |
| AVALIADOR: | | | | | |
| ID | Categoria (TA, TB, E, G) | Item | Detalhes (Parágrafo, Tópico, Tabela) | Comentário com a justificativa | Novo Texto Proposto |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| | | | | | |

Figura 7.3 – Planilha para Revisão por Pares do Conjunto de Recomendações para Medição de Software²⁶.

Cada comentário foi classificado pelos revisores em uma das seguintes categorias: *TA - Técnico Alto* (significa que foi encontrado um problema em um item que, se não for alterado, compromete o CRMS); *TB - Técnico Baixo* (significa que foi encontrado um problema em um item e é conveniente que ele seja alterado); *E – Editorial* (significa que foi encontrado um erro de português ou que a redação do texto pode ser melhorada); e *G – Geral* (significa que o comentário é geral em relação ao CRMS).

A análise dos comentários registrados nas planilhas preenchidas pelos revisores levou à percepção de que alguns desses comentários não pertenciam a nenhuma das categorias propostas. Sendo assim, durante a análise das revisões, foi criada uma nova categoria chamada *Questionamento (Q)* para classificar os comentários que não se enquadravam adequadamente nas categorias inicialmente definidas. Nessa categoria foram incluídos os comentários que expressavam dúvidas em relação ao conteúdo do CRMS e que

²⁶ O modelo da planilha para revisão por pares, incluindo as categorias de classificação dos comentários, é o mesmo que foi utilizado pela equipe do MR MPS (SOFTEX, 2009) na revisão de seus guias.

haviam sido originalmente classificados pelos revisores na categoria *Editorial (E)* ou como *Outros*.

Em seguida, foi elaborada uma tabela para representar as categorias dos comentários realizados para cada item do CRMS por cada revisor. Essa representação facilitou a percepção da quantidade de revisores que registraram comentários para cada item e das categorias desses comentários. A Tabela 7.3, apresentada a seguir, mostra, como exemplo, as recomendações relacionadas a dois aspectos abordados pelo CRMS e as categorias dos comentários registrados por cada revisor.

Tabela 7.3 – Fragmento da tabela elaborada para análise das planilhas de revisão por pares.

| Item | | | Revisores que citaram o item e categoria do comentário | | | | |
|---|---------------------------------------|--------------|--|------|------|------|------|
| Grupo | Aspecto | Recomendação | REV1 | REV2 | REV3 | REV4 | REV5 |
| Alinhamento da Medição aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos | Identificação de Objetivos de Medição | Geral | E | | | | |
| | | R1 | E | TA | TB | TB | TB |
| | | R2 | E | | | Q | TB |
| Execução de Medições de Software | Realização de Medições Consistentes | Geral | | | | | |
| | | R1 | | | | | |
| | | R2 | | | | | |

Algumas recomendações receberam comentários de todos os revisores (por exemplo, como mostra a Tabela 7.3, a recomendação R1 do aspecto *Identificação de Objetivos de Medição* do grupo *Alinhamento da Medição aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos*), enquanto outras não receberam nenhum comentário (por exemplo, as recomendações relacionadas ao aspecto *Realização de Medições Consistentes* do grupo *Execução de Medições de Software*, como mostra a Tabela 7.3).

Utilizando a tabela como guia, para cada item foi realizada a análise dos comentários registrados pelos revisores. Os comentários considerados pertinentes foram acatados e as alterações sugeridas foram realizadas. Quando um item possuía mais de um comentário associado, foi realizada uma análise da coerência entre esses comentários antes de realizar as modificações no CRMS. Durante essa análise, não foram encontradas discrepâncias significativas entre os comentários dos revisores em relação a um mesmo item. Na verdade, sob um ponto de vista geral, foi percebida uma homogeneidade nos comentários registrados pelos revisores.

Em relação ao conteúdo, na maioria das vezes, os comentários apresentados pelos revisores identificaram informações do CRMS que não estavam suficientemente claras para os leitores e forneceram sugestões de esclarecimentos que deveriam ser realizados ao longo do texto do CRMS para propiciar um melhor entendimento.

Questões técnicas também foram apresentadas sugerindo a modificação de alguns exemplos e a inclusão de algumas particularidades que não estavam explícitas no CRMS (por exemplo, deixar explícito que o responsável pela medição de uma medida deve ser a real fonte da informação requerida). Um dos revisores em particular fez sugestões de mudança na estrutura de algumas recomendações e aspectos. Essas sugestões foram consideradas pertinentes e, como tal, foram acatadas.

A seguir, na Figura 7.4, como exemplo, é apresentado um fragmento da planilha de revisão por pares de um dos revisores, contendo comentários para alteração da estrutura de algumas recomendações e aspectos.

| AVALIADOR: Revisor 1 | | | | | |
|----------------------|--------------------------|--------|--------------------------------------|---|--|
| ID | Categoria (TA, TB, E, G) | Item | Detalhes (Parágrafo, Tópico, Tabela) | Comentário com a justificativa | Novo Texto Proposto |
| 16 | TB | PMAO.3 | R2 | Acho que a fundamentação teórica poderia falar sobre essa recomendação também (não acho apropriado o link para as recomendações do item DMS.1). | Que tal juntar PMAO.3 e DMS.1, com o título Identificação de Medidas? |
| 17 | TB | DMS.1 | R1 | Acho que essa parte é de identificação de medidas, tanto que é referenciado lá, como comentei no comentário 16. | Novamente, que tal juntar PMAO.3 e DMS.1, com o título Identificação de Medidas? |

Figura 7.4 – Fragmento dos comentários registrados por um dos revisores na planilha para revisão por pares.

Cabe, ainda, destacar que algumas sugestões de alteração registradas não foram acatadas, pois incluíam aspectos que estão fora do contexto deste trabalho como, por exemplo, orientações para utilização de técnicas estatísticas, análise de causas e utilização de princípios de banco de dados para a criação da base de medidas.

É importante registrar que a revisão por pares realizada consiste em uma avaliação inicial do Conjunto de Recomendações para Medição de Software. Uma avaliação em ambientes organizacionais, a ser realizada em momento futuro, permitirá avaliar o CRMS sob a ótica das organizações, levando em consideração aspectos técnicos (adequação das medidas e dados coletados ao se utilizar as recomendações) e organizacionais (impacto da utilização do conjunto de recomendações na implementação dos níveis mais elevados de maturidade, por exemplo, em relação a tempo e custos).

7.5 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado o último componente da estratégia proposta nesta tese, um Conjunto de Recomendações para Medição de Software (CRMS) visando à utilização das medidas no controle estatístico de processos. Esse conjunto de recomendações foi definido com base nos requisitos do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos, na conceituação provida pela Ontologia de Medição de Software, no conhecimento obtido em algumas experiências práticas de aplicação do instrumento de avaliação e em registros da literatura.

No próximo capítulo são apresentadas as considerações finais deste trabalho, destacando-se suas contribuições e perspectivas de trabalhos futuros.

Capítulo 8

Conclusões e Perspectivas Futuras

Neste capítulo são realizadas as conclusões deste trabalho, sendo apresentadas suas principais contribuições e perspectivas de trabalhos futuros.

8.1 Conclusão

Para realizar o controle estatístico e analisar o desempenho de seus processos, as organizações devem definir medidas e coletar dados. No entanto, essa tem sido uma das principais dificuldades apontadas pela literatura para a realização bem sucedida do controle estatístico de processos (GOH *et al.*, 1998; FENTON e NEIL, 1999; NIESSINK e VLIET, 2001; GOPAL *et al.*, 2002; WANG e LI, 2005; KITCHENHAM *et al.*, 2006; SARGUT e DEMIRORS, 2006; CURTIS *et al.*, 2008; RACKZINSKI e CURTIS, 2008; GOU *et al.*, 2009).

Considerando essa questão, esta tese propôs uma estratégia para realização de medição e avaliação de bases de medidas para o controle estatístico de processos de software em organizações de alta maturidade, com o objetivo de auxiliar as organizações na preparação e realização do controle estatístico de processos.

A estratégia proposta é composta por três componentes que foram descritos neste trabalho: uma *Ontologia de Medição de Software*, que estabelece uma conceituação do domínio medição de software, abordando tanto aspectos da medição tradicional quanto em alta maturidade, a qual é a base para os outros dois componentes; um *Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software*, que pode ser utilizado para avaliar bases de medidas existentes, identificando suas adequações e não adequações e orientando as ações corretivas necessárias, quando possível; e um *Conjunto de Recomendações para Medição de Software*, que fornece orientações sobre aspectos relevantes para a realização de medição adequada ao controle estatístico de processos.

Segundo a suposição desta tese, apresentada no Capítulo 1, acredita-se que a utilização da estratégia proposta auxilie as organizações na preparação e realização do controle estatístico de seus processos.

Uma abordagem que poderia ser utilizada para avaliar se essa suposição é verdadeira, seria realizar a avaliação do uso de toda a estratégia proposta em organizações

de software, onde seria possível analisar o apoio provido desde os níveis iniciais de maturidade até a realização do controle estatístico de processos nos níveis mais elevados. No entanto, essa avaliação excederia o tempo desta tese de doutorado.

Sendo assim, considerando a limitação de tempo e, além disso, a existência, no Brasil, de poucas organizações que estão implementando as práticas da alta maturidade, foram realizadas avaliações intermediárias, à medida que os componentes foram desenvolvidos. Os resultados obtidos com as avaliações de cada componente vão ao encontro da suposição da tese.

Em relação ao *Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas*, os resultados obtidos com as experiências de aplicação permitem concluir que a avaliação e adequação das bases de medidas antes de realizar o controle estatístico de processos contribui para que as organizações que possuem bases de medidas se preparem para iniciar o uso das técnicas estatísticas propriamente ditas, evitando que despendam esforço para implementar o controle estatístico de processos e, ao perceberem a inadequação de suas medidas, precisem interromper ou abandonar a implementação. Além disso, contribui para que as informações providas pelo controle estatístico de processos sejam realmente úteis, uma vez que as medidas e dados utilizados são adequados.

Em relação à *Ontologia de Medição de Software*, além de sua avaliação conceitual e de sua instanciação utilizando dados de bases de medidas de organizações e da literatura (apresentada no Anexo 2), foi possível avaliar sua utilização durante a definição e avaliação dos demais componentes da estratégia, permitindo concluir que a conceituação por ela provida contribui para um melhor entendimento do domínio, evita ambiguidades e fornece aos engenheiros de software e às organizações conhecimento relevante para a realização do processo de medição de software, considerando tanto as características da medição tradicional, quanto em alta maturidade.

Em relação ao *Conjunto de Recomendações para Medição de Software*, os resultados da avaliação realizada através de revisão por pares, permitem inferir que sua utilização pode auxiliar as organizações a definirem medidas e produzirem dados úteis ao controle estatístico de processos, o que contribui para a diminuição do tempo de preparação para implementar as práticas dos níveis mais elevados de maturidade. Vale destacar que, apesar desse componente não ter sido, ainda, avaliado em um ambiente organizacional, seu conteúdo deriva, principalmente, dos demais componentes e do conhecimento obtido durante as experiências de aplicação e avaliações desses componentes, as quais foram realizadas em ambientes organizacionais ou utilizando dados providos por esses ambientes.

Por fim, como limitações deste trabalho podem ser destacadas: a estratégia proposta não cobre aspectos relacionados aos princípios de bancos de dados ao avaliar a estrutura de uma base de medidas ou fazer recomendações para sua criação; o Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas não é automatizado e a utilização da solução *fuzz*y adotada não é amigável, uma vez que foi realizada diretamente no Matlab; não foi desenvolvida uma abordagem ou uma interface para facilitar a utilização da conceituação provida pela Ontologia de Medição de Software pelas organizações, que, na maioria das vezes, não estão familiarizadas com o formato técnico utilizado na documentação de ontologias; e o Conjunto de Recomendações para Medição de Software não foi utilizado por organizações.

8.2 Contribuições

As principais contribuições desta tese são:

- i. A estratégia para realização de medição e avaliação de bases de medidas para o controle estatístico de processos de software em organizações de alta maturidade, para auxiliar a preparação e a realização do controle estatístico de processos.

Além da estratégia propriamente dita, cada um de seus componentes caracteriza uma contribuição particular, uma vez que, além de serem utilizados e evoluídos no contexto da estratégia como um todo, também podem ser utilizados e evoluídos de forma independente. Assim, são também contribuições desta tese:

- ii. A Ontologia de Medição de Software.
- iii. O Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software.
- iv. O Conjunto de Recomendações para Medição de Software.

Além das contribuições diretamente relacionadas à estratégia proposta, ao longo do desenvolvimento desta tese, outras contribuições relevantes foram produzidas:

- v. As listas de achados de problemas e características relacionados às medidas ou à medição que influenciam na realização do controle estatístico de processos, resultantes do estudo baseado em revisão sistemática da literatura realizado.

- vi. A reengenharia de um fragmento da Ontologia de Organização de Software (VILLELA, 2004) à luz de UFO.

Alguns dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento desta tese foram registrados em publicações, a saber:

- a. BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R., 2007, “*Uma Abordagem para Análise de Desempenho de Processos de Software*”, V Workshop de Teses e Dissertações em Qualidade de Software, VI Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS’07), Porto de Galinhas – PE, Junho.
- b. BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R., 2008, “*Avaliação de Bases de Medidas considerando sua Aplicabilidade ao Controle Estatístico de Processos de Software*”, VII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS’08), Florianópolis – SC, Junho.
- c. BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R., 2008, “*Uma Abordagem de Apoio à Realização de Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade*”, XXXIV Conferência Latinoamericana de Informática (CLEI’08), Santa Fé - Argentina, Setembro.
- d. BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R., 2008, “*Uma Abordagem para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade*”, XIII Workshop de Teses e Dissertações em Engenharia de Software, XXII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES’08), Campinas – SP, Outubro.
- e. BARCELLOS, M. P., FALBO, R. A., 2009, “*Using a Foundational Ontology for Reengineering a Software Enterprise Ontology*”, Joint International Workshop on Metamodels, Ontologies, Semantic Technologies and Information Systems for the Semantic Web - 28th International Conference on Conceptual Modeling (ER 2009), Lecture Notes in Computer Science, ER2009 Workshops, vol. 5833, 179-188.

- f. BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R., FALBO, R. A., 2009, "*An Ontology-based Approach for Software Measurement and Suitability Measures Basis Evaluation to Apply Statistical Software Process Control in High Maturity Organizations*", ER2009 PhD Colloquium, Gramado – RS, Novembro.

8.3 Perspectivas Futuras

O trabalho realizado nesta tese no sentido de definir uma estratégia para apoiar a medição em organizações de software que desejam realizar o controle estatístico de processos pode ser considerado um trabalho inicial do qual outros serão derivados. Ainda há trabalhos a serem realizados tanto para avaliar, de maneira mais refinada, a estratégia proposta quanto para evoluí-la. Além disso, novas pesquisas podem ser derivadas desta tese. Considerando o estágio atual do trabalho aqui apresentado, algumas das perspectivas de trabalhos futuros vislumbradas são destacadas a seguir.

a) Extensão da Pesquisa

Alguns aspectos relacionados à pesquisa tratada nesta tese podem ser explorados em novas pesquisas, entre eles:

- Realização de estudos relacionados aos aspectos abordados pelos requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas, buscando definir e implementar abordagens e, quando possível, ferramentas de apoio para tratar esses aspectos. Por exemplo: *i)* definição de um procedimento para analisar a quantidade e/ou as características de dados perdidos que podem comprometer a análise de comportamento de processos no controle estatístico; e *ii)* definição de um procedimento para analisar dados a serem utilizados no controle estatístico de processos e orientar a formação dos agrupamentos mais adequados.
- Condução de estudos para analisar os impactos dos fatores relacionados à medição que influenciam no controle estatístico de processos, a fim de identificar os fatores mais críticos e mapear relacionamentos entre eles.
- Realização de estudos para definir uma metodologia que oriente a utilização de ontologias de fundamentação no processo de construção de ontologias de domínio.

b) Estudos relacionados à Aplicação de Componentes da Estratégia Proposta

A aplicação de componentes da estratégia proposta em situações independentes a ela, também pode levar à realização de novos estudos, destacando-se:

- Definição de uma abordagem para integração de bases de medidas utilizando a Ontologia de Medição de Software como pilar de apoio à interoperabilidade semântica entre as bases de medidas.
- Definição de uma abordagem para a integração de ferramentas de software relacionadas ao domínio medição de software utilizando a Ontologia de Medição de Software como pilar de apoio à interoperabilidade entre as ferramentas. Por exemplo: utilização da Ontologia de Medição de Software na construção do Ambiente de Engenharia de Software para Organizações de Alta Maturidade da COPPE/UFRJ e na evolução e integração de ferramentas do LABES/UFES (Laboratório de Engenharia de Software).

c) Refinamento das Avaliações

Em relação à avaliação da estratégia proposta e de seus componentes, são possíveis trabalhos futuros:

- Avaliação da Ontologia de Medição de Software como fonte de conhecimento para a construção de uma base de medidas adequada à alta maturidade. Cabe ressaltar que, atualmente, há uma dissertação de mestrado que está sendo desenvolvida na COPPE/UFRJ nesse contexto.
- Avaliação do Conjunto de Recomendações para Medição de Software em uma organização MR MPS nível C ou CMMI nível 3 com acompanhamento até o alcance do nível seguinte, considerando-se aspectos técnicos (adequação das medidas e dados coletados) e organizacionais (impacto da utilização do conjunto de recomendações na implementação do nível seguinte, por exemplo, em relação a tempo e custos).
- Avaliação da estratégia como um todo em organizações.

d) Evolução dos Componentes da Estratégia Proposta

Alguns trabalhos futuros poderão evoluir os componentes definidos, destacando-se:

- Implementação de uma ferramenta para utilização do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle

Estatístico de Processos de Software, baseada em um protótipo que foi desenvolvido ao longo dos trabalhos da tese.

- Identificação de pesos para os requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas. Para isso, conforme consta do item *a)*, novas pesquisas devem ser realizadas.
- Refinamento da solução *fuzzy* adotada, considerando-se dados coletados em avaliações e pesos atribuídos aos requisitos.
- Definição de um mecanismo facilitador para a utilização da conceituação provida pela Ontologia de Medição de Software pelas organizações (por exemplo, um ambiente web).
- Construção de uma base de conhecimento a partir do Conjunto de Recomendações para Medição de Software e de lições aprendidas com sua utilização pelas organizações.

Vale ressaltar que encontra-se em desenvolvimento um Ambiente de Engenharia de Software para Organizações de Alta Maturidade na COPPE/UFRJ e, com sua utilização pelo LENs/COPPE (Laboratório de Engenharia de Software) e por empresas parceiras, ao longo do tempo será possível obter resultados de utilização dos componentes da estratégia proposta e, com base nesses resultados, realizar melhorias.

Referências Bibliográficas

- ALBAZZAZZ, 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.
- ANTONIOL, G., GRADARA, S., VENTURI, G., 2004, "Methodological Issues in a CMM Level 4 Implementation", *Software Process Improvement and Practice*, v. 9, n. 1, pp. 33-50.
- BALDASSARE, M. T., BOFFOLI, N., BRUNO, G., CAIVANO, D., 2009, "Statistically Based Process Monitoring: Lessons from the Trench", *Lecture Notes in Computer Science*, v. 5543, pp. 11-23.
- BALDASSARE, M. T., CAIVANO, D., VISAGGIO, C. A., 2006, "Non Invasive Monitoring of a Distributed Maintenance Process", In: *Proceedings of the Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Sorrento, pp. 1098-1103.
- BARCELLOS, M. P., 2008, *Uma Abordagem para Controle Estatístico de Processos em Organizações de Alta Maturidade*, Exame de Qualificação para o Doutorado, COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro - Brasil.
- BARCELLOS, M. P., 2009a, "Controle Estatístico de Processos Aplicado a Processos de Software – Do “Chão de Fábrica” para as Organizações de Software", *Engenharia de Software Magazine*, v. 11, pp. 56-61.
- BARCELLOS, M. P., 2009b, "Utilização do Controle Estatístico de Processos na Melhoria de Processos de Software – Conhecendo Ferramentas para Análise do Comportamento dos Processos", *Engenharia de Software Magazine*, v. 12, pp. 24-32.
- BARCELLOS, M. P., FALBO, R. A., 2009, "Using a Foundational Ontology for Reengineering a Software Enterprise Ontology", Joint International Workshop on Metamodels, Ontologies, Semantic Technologies and Information Systems for the Semantic Web - 28th International Conference on Conceptual Modeling (ER 2009), *Lecture Notes in Computer Science*, v. 5833, pp. 179-188.

BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R., FALBO, R. A., 2009, "An Ontology-based Approach for Software Measurement and Suitability Measures Basis Evaluation to Apply Statistical Software Process Control in High Maturity Organizations", In: *Proceedings of the ER2009 PhD Colloquium*, Gramado - RS.

BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R. C., 2008a, "Avaliação de Bases de Medidas considerando sua Aplicabilidade ao Controle Estatístico de Processos de Software", In: *Anais do VII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS'08)*, Florianópolis – SC.

BARCELLOS, M. P., ROCHA, A. R. C., 2008b, "Uma Abordagem de Apoio à Realização de Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade", In: *Anais da XXXIV Conferência Latinoamericana de Informática (CLEI'08)*, Santa Fé - Argentina.

BASILI, V. R., GREEN, S., 1994, "Software Process Evolution at the SEL", *IEEE Software*, v. 11, n. 4, pp. 58-56.

BASILI, V. R., ROMBACH, H. D., 1994, *Measurement*, Encyclopedia of Software Engineering, John Wiley & Sons, v. 1.

BASILI, V. R., ROMBACH, H. D., CALDIERA, G., 1994, *Goal Question Metric Paradigm*, Encyclopedia of Software Engineering, 2 Volume Set, John Wiley & Sons, Inc.

BASS, L., BELADY, L., BROWN, A., FREEMAN, P., ISENSEE, S., KAZMAN, R., KRASNER, H., MUSA, J., PFLEEGER, S., VREDENBURG, K., WASSERMAN, T., 1999, *Constructing Superior Software*, Software Quality Institute Series, Macmillan Technical Publishing.

BELCHIOR, A. D., XEXÉO, G. B., ROCHA, A. R., 1997, *Enfoques Sobre a Teoria dos Conjuntos Fuzzy*, Relatório Técnico RTEC-430/97, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – Brasil.

BENNEYAN, J. C., LLOYD, R., PSELK, P. E., 2003, "Statistical Process Control as a Tool for Research and Healthcare Improvement", *British Medical Journal - Quality and Safety Health Care*, v. 12, pp. 458-464.

BERTOA, M. F., VALLECILLO, A., GARCÍA, F., 2006, "An Ontology for Software Measurement", In: *Proceedings of the Ontologies for Software Engineering and Software Technology*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 175-196.

BERTOLLO, G., 2006, *Definição de Processos em um Ambiente de Desenvolvimento de Software*, Tese de Mestrado, Departamento de Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória - ES, Brasil.

BIOLCHINI, J., MIAN, P. G., NATALI, A. C., TRAVASSOS, G. H., 2005, *Systematic Review in Software Engineering*, Relatório Técnico RT-ES 679/05, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

BOEHM, B., IN, H., 1996, "Identifying Quality Requirements Conflits", *IEEE Software*, n. 3, pp. 25-35.

BOFFOLI, N., 2006, "Non-Intrusive Monitoring of Software Quality", In: *Proceedings of 10th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR'06)*, Bari - Italy, pp. 319-322.

BOFFOLI, N., BRUNO, G., CAIVANO, D., MASTELLONI, G., 2008, "Statistical Process Control for Software: a Systematic Approach", In: *Proceedings of the 2008 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, Kaiserslautern - Germany, pp. 327-329.

BORIA, J. L., 2007, *What's Wrong With My Level 4?*, Comunicação Pessoal.

BORIA, J. L., 2008, *Avaliação CMMI em Alta Maturidade*, Comunicação Pessoal - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro - RJ.

BOYD, J. A., 2005, "The Evolution of Goal-based Information Modelling: Literature Review", In: *Proceedings of the Aslib - New Information Perspectives*, v. 57, n. 6, pp. 523-538.

BRIMSON, J. A., 2004, "Stop Cane Dancing and Integrate Statistical Process Control (SPC) into your Process Based Management System", *Measurement Business Excellence*, v. 8, n. 2, pp. 15-22.

BUSSAB, W. O., MORETTIN, P. A., 2006, *Estatística Básica*, 5^a. Edição, Editora Saraiva, São Paulo – SP

CAIVANO, D., 2005, "Continuous Process Improvement Through Statistical Process Control", In: *Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, pp. 288-293.

CANFORA, G., GARCIA, F., PIATTINI, M., RUIZ, F., VISAGGIO, C. A., 2004, "A Family of Experiments to Validate Metrics for Software Process Models", *The Journal of Systems and Software*, v. 77, n. 2, pp. 113-129.

CANGUSSU, J. W., DECARLO, R. A., MATHUR, A. P., 2003, "Monitoring the Software Test Process Using Statistical Process Control: A Logarithmic Approach", In: *Proceedings of the 9th European Software Engineering Conference*, Helsinki - Finland, p. 158-167.

CARD, C. N., 2005, "Defect Analysis: Basic Techniques for Management and Learning", *Advances in Computers*, v. 65, pp. 259-295.

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.

CARD, D. N., 2004, "Statistical Techniques for Software Engineering Practice", In: *Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering - ICSE'2004*, Scotland, UK, pp. 722-723.

CHIAVENATO, I., 1998, "Decorrenças da Abordagem Neoclássica: Tipos de Organização", In: Editora Campus, *Introdução à Teoria Geral da Administração*, 5a edição, Capítulo 8, Editora Campus, São Paulo - SP.

CHRISISSION, M. B., KONRAD, M., SHRUM, S., 2006, *CMMI (Second Edition): Guidelines for Process Integration and Product Improvement*, Addison-Wesley.

COTA, R., 2002, *Modelagem Computacional para Gestão Empresarial*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil.

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.

DALMORO, R., 2008, *Avaliação e Melhoria de Processos de Software: Conceituação e Definição de um Processo para Apoiar a sua Automatização*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Brasil

DE LUCIA, A., POMPELLA, E., STEFANUCCI, S., 2003, "Assessing the Maintenance Process of a Software Organization: an Empirical Analysis of a Large Industrial Project", *The Journal of Systems and Software*, v. 65, pp. 87-103.

DEMING, W. E., 1986, *Out of Crises*, Massachusetts Institute of Technology, Center of Advanced Engineering, Cambridge.

DERIDDER, D., 2002, "A Concept-Oriented Approach to Support Software Maintenance and Reuse Activities", In: *Proceedings of the 5th Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering*, Maribor, Slovenia, pp. 173-180.

DIAS, M. G., ANQUETIL, N., DE OLIVEIRA, K. M., 2003, "Organizing the Knowledge Used in Software Maintenance", *Journal of Universal Computer Science*, v. 9, n. 7, pp. 641-658.

DUARTE, K. C., FALBO, R. A., 2000, "Uma Ontologia de Qualidade de Software", In: *Anais do VII Workshop de Qualidade de Software, XIV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, João Pessoa, Brasil, pp. 275-285.

DUMKE, R., CÔTÉ, I., ANDRUSCHAK, O. T., 2004, *Statistical Process Control (SPC) - A Metric-based Point of View of Software Processes Achieving the CMMI Level Four*, Technical Report, Dept. of Computer Science, University of Magdeburg, Germany.

DUMKE, R. R., BRAUNGARTEN, R., BLAZEY, M., HEGEWALD, H., REITZ, D., DRICHTER, K., 2006, *Software Process Measurement and Control - A Measurement-based Point of View of Software Processes*, Technical Report, Dept. of Computer Science, University of Magdeburg, Germany.

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.

EVERMAN, J., WAND, Y., 2001, "An Ontological Examination of Object Interaction in Conceptual Modeling", In: *Proceedings of the Workshop on Information Technologies and Systems WITS'01*, New Orleans, pp. 5-16.

FADEL, F. G., FOX, M. S., GRUNINGER, M., 1994, "A Generic Enterprise Resource Ontology", In: *Proceedings of the Third Workshop on Enabling Technologies - Infrastructures for Collaborative Enterprises*, West Virginia University, USA, pp. 117-128.

FALBO, R. A., 1998, *Integração de Conhecimento em um Ambiente de Desenvolvimento de Software*, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

FALBO, R. A., 2004, "Experiences in Using a Method for Building Domain Ontologies", In: *Proceedings of the Fourth International Conference on Quality Software - QSIC'2004*, IEEE Computer Society, Braunschweig, Germany, pp. 162-169.

FALBO, R. A., GUIZZARDI, G., DUARTE, K. C., 2002, "An Ontological Approach to Domain Engineering", In: *Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, Ischia, Italy, pp. 351 - 358.

FALBO, R. A., NARDI, J. C., 2008, "Evolving a Software Requirements Ontology", In: *Anais da XXXIV Conferência Latinoamericana de Informática - CLEI'08*, Santa Fe - Santa Fe, Argentina, pp. 300-309.

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.

FÁVERO, L. P., BELFIORE, P., SILVA, F. L., CHAN, B. L., 2009, *Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões*, Editora Elsevier: Campus, Rio de Janeiro – RJ.

FELHBERG, G., 2007, *Semantic Interoperability of COTS Using Domain Ontologies*, Relatório Técnico, Departamento de Informática, UFES, Vitória, Brasil.

FENTON, N. E., NEIL, M., 1999, "Software Metrics: Success, Failures and New Directions", *Journal of Systems and Software*, v. 47, pp. 149-157.

FENTON, N. E., NEIL, M., 2000, "Software Metrics: a Roadmap", In: *Proceedings of the 22nd International Conference on Software Engineering - ICSE 2000*, San Francisco Bay, USA, pp. 359-370.

FENTON, N. E., PFLEEEGER, S. L., 1997, *Software Metrics: A Rigorous and Pratical Approach*, PWS Publishing Company.

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, n. 4, pp. 97-106.

FOX, M. S., BARBUCEANU, M., GRUNINGER, M., 1996, "An Organisation Ontology for Enterprise Modelling: Preliminary Concepts for Linking Structure and Behaviour", *Computers in Industry*, v. 29, pp. 123-134.

FOX, M. S., CHIONGLO, J. F., FADEL, F. G., 1993, "A Common-Sense Model of the Enterprise", In: *Proceedings of the 2nd Industrial Engineering Research Conference*, Norcross, USA, pp. 425-429.

FOX, M. S., GRUNINGER, M., 1998, "Enterprise Modelling", *AI Magazine*, v. 9, n. 3, pp. 109-121.

GARCÍA, F., BERTOA, M. F., CALERO, C., VALLECILLO, A., RUIZ, F., PIATTINI, M., GENERO, M., 2006, "Towards a Consistent Terminology for Software Measurement Information and Software Technology", *Information and Software Technology*, v. 48, n. 8, pp. 631-644.

GARCÍA, F., PIATTINI, M., RUIZ, F., CANFORA, G., VISAGGIO, C. A., 2004, "FMESP: Framework for the Modeling and Evaluation of Software Process", In: *Proceedings of the 2004 Workshop on Quantitative Techniques for Software Agile Process - QUTE-SWAP '04*, Newport Beach, California, pp. 5-13.

GARCÍA, F., SERRANO, M., CRUZ-LEMOS, J., RUIZ, F., PIATTINI, M., 2007, "Managing Software Process Measurement: A Metamodel-Based Approach", *Information Sciences*, v. 177, n. 12, pp. 2570-2586.

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.

GONZÁLEZ-PÉREZ, C., HENDERSON-SELLERS, B., 2006, "An Ontology for Software Development Methodologies and Endeavours", In: *Proceedings of the Ontologies for Software Engineering and Technology*, Berlin, pp. 123-151.

GOPAL, A., KRISHNAN, M. S., MUKHOPADHYAY, T., GOLDENSON, D. R., 2002, "Measurement Programs in Software Development: Determinants of Success", *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 28, n. 9, pp. 863-875.

GOU, L., WANG, Q., YUAN, J., YANG, Y., LI, M., JIANG, N., 2009, "Quantitative Defects Management in Interative Development with BiDefect", *Software Process Improvement and Practice*, v. 14, n. 4, pp. 227-241

GRIGG, N. P., WALLS, L., 1999, "The Use of Statistical Process Control in Food Packing", *British Food Journal*, v. 101, n. 10, pp. 763-784.

GRUNINGER, M., FOX, M. S., 1994, "An Activity Ontology for Enterprise Modelling", In: *Proceedings of the Third Workshop on Enabling Technologies - Infrastructures for Collaborative Enterprises*, West Virginia University, USA pp. 1-13.

GUARINO, N., 1998, "Formal Ontology and Information Systems", In: *Proceedings of the International Conference in Formal Ontology and Information Systems - FOIS'98*, Trento, Italy, pp. 3-15.

GUARINO, N., WELTY, C., 2000, "A Formal Ontology of Properties", In: *Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, Lecture Notes In Computer Science*, v. 1937, pp. 97-112.

GUARINO, N., WELTY, C., 2002, "Evaluating Ontological Decisions with OntoClean", *Communications of the ACM*, v. 45, n. 2, pp. 61-65.

GUIZZARDI, G., 2000, *Desenvolvimento Para e Com Reuso: Um Estudo de Caso no Domínio de Vídeo Sob Demanda*, Dissertação de Mestrado, Departamento de Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Brasil.

GUIZZARDI, G., 2005, *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*, Universal Press, The Netherlands, ISBN 90-75176-81-3.

GUIZZARDI, G., FALBO, R. A., GUIZZARDI, R. S. S., 2008a, "Grounding Software Domain Ontologies in the Unified Foundational Ontology (UFO): The case of the ODE Software Process Ontology", In: *Proceedings of the XI Iberoamerican Workshop on Requirements Engineering and Software Environments*, Recife - Brasil.

GUIZZARDI, G., FALBO, R. A., GUIZZARDI, R. S. S., 2008b, "A Importância de Ontologias de Fundamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o Caso do Domínio de Processos de Software", *IEEE Latin America Transactions*, v. 6, n. 3, pp. 244-251.

GUIZZARDI, G., HERRE, H., WAGNER, G., 2002, "Towards Ontological Foundations for UML Conceptual Models", *Lecture Notes in Computer Science*, v. 2519.

HERRE, H., HELLER, B., BUREK, P., LOEBE, F., MICHALEK, H., 2004, *General Ontological Language: A Formal Framework for Building and Representing Ontologies (Version 1.0)*, Onto-Med Report - Nr. 7, Research Group Ontologies in Medicine, University of Leipzig, Germany.

HERRE, H., HELLERT, B., BUREK, P., HOEHNDORF, R., LOEBE, F., MICHALEK, H., 2006, *General Formal Ontology (GFO) - Part I: Basic Principles - Version 1.0*, Institute of Medical Informatics, Statistics and Epidemiology (IMISE) - Germany

HOFER, C. W., SCHENDEL, D., 1978, *Strategy Formulation: Analytical Concepts*, West Publishing Company.

HUANG, J., FAR, B. H., 2005, "Intelligent Software Measurement System (ISMS)", In: *Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Saskatchewan, Canada, pp. 443- 446

IEEE, 1998, *Std 1061 – IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology*.

ISO/IEC, 1999, *ISO/IEC 14598 - Information Technology - Software Product Evaluation*, International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

ISO/IEC, 2001, *ISO/IEC 9126 -1 - Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model*, International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

ISO/IEC, 2002, *ISO/IEC 15939 – 2002 (E) Software Engineering – Software Measurement Process*, International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

ISO/IEC, 2003, *ISO/IEC 15504-2 - Information Technology – Software Process Assessment*, International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

ISO/IEC, 2007, *ISO/IEC 15939 (E) Software Engineering - Software Measurement Process*, International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

ISO/IEC, 2008, *ISO/IEC 12207:2008 - Systems and Software Engineering - Software Life Cycle Process* International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.

ISSAC, G., RAJENDRAN, C., ANANTHARAMAN, R. N., 2004, "A Conceptual Framework for Total Quality Management in Software Organizations", *Total Quality Management Business Excellence*, v. 15, n. 3, pp. 307-344.

- JALOTE, P., SAXENA, A., 2002, "Optimum Control Limits for Employing Statistical Process Control in Software Process", *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 8, n. 12, pp. 1126-1134.
- KILPI, T., 2001, "Implementing a Software Metrics Program at Nokia", *IEEE Software*, v. 18, n. 6, pp. 72-77.
- KITCHENHAM, B., HUGHES, R. T., LINKMAN, S. G., 2001, "Modeling Software Measurement Data", *IEEE Transactions on Software Engineering*, v. 27, n. 9, pp. 788-804.
- KITCHENHAM, B., JEFFERY, D. R., CONNAUGHTON, C., 2007, "Misleading Metrics and Unsound Analyses", *IEEE Software*, v. 24, n. 2, pp. 73 - 78.
- KITCHENHAM, B., KUTAY, C., JEFFERY, R., CONNAUGHTON, C., 2006, "Lessons Learnt from the Analysis of Large-scale Corporate Databases", In: *Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering – ICSE'06*, Shanghai, China, pp. 439-444.
- KLIR, G. J., FOLGER, T. A., 1998, *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*, Prentice Hall, New Jersey.
- 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.
- 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.
- LARBURU, I. U., PIKATZA, J. M., SOBRADO, F. J., GARCÍA, J. J., LÓPEZ, D., 2003, "Hacia la Implementación de Una Herramienta de Soporte al Proceso de Desarrollo de Software", In: *Proceedings of the Artificial Intelligence Applications to Engineering*, San Sebastian, Spain.
- LEWIS, N. D. C., 1999, "Assessing the Evidence from use of SPC in Monitoring, Predicting & Improving Software Quality", *Computers and Industrial Engineering*, v. 37, n. 1, pp. 157-160.

LI, L., HE, S., QI, E., 2008, "On Software Requirement Metrics Based on Six-Sigma", *IEEE Symposium on Advanced Management of Information for Globalized Enterprises*, Tianjin, pp. 1-3.

LIM, S., LIU, F., LOE, S., 2003, "Building a Knowledge Base of IEEE/EAI 12207 and CMMI Ontology", In: *Proceedings of the Sixth International Protégé Workshop*, Manchester, England.

MARTIN, M. A., OLSINA, L., 2003, "Towards an Ontology for Software Metrics and Indicators as the Foundation for a Cataloging Web System", In: *Proceedings of the First Latin American Web Congress (LA-WEB'03)*, Santiago - Chile.

MASOLO, C., BORGO, S., GANGEMI, A., GUARINO, N., OLTRAMARI , A., SHNEIDER, L., ISTC-CNR, L. P., 2002, *WonderWeb Deliverable D17 - The WonderWeb Library of Foundational Ontologies and the DOLCE Ontology*, Technical Report, ISTC-CNR - Institute of Cognitive Sciences and Technology - National Research Council, Padova - Italy.

McGARRY, J., CARD, D., JONES, C., LAYMAN, B., CLARK, E., DEAN, J., HALL, F., 2002, *Practical Software Measurement: Objective Information for Decision Makers*, Addison Wesley, Boston, USA.

MEDEIROS JUNIOR, R. A., 2006, *Uma Ontologia para Engenharia de Requisitos de Software*, Dissertação de Mestrado, UNIFOR, Fortaleza - CE.

MEGGINSON, L., MOSLEY, D., PIETRI, P., 1986a, "Estabelecimento de Objetivos e Metas Organizacionais", In: Editora Harbra, *Administração: Conceitos e Aplicações*, Capítulo 6, Editora Harbra.

MEGGINSON, L., MOSLEY, D., PIETRI, P., 1986b, "Fundamentos do Modelo Organizacional", In: Editora Harbra, *Administração: Conceitos e Aplicações*, Capítulo 8, Editora Harbra.

MESSNARZ, R., TULLY, C. J., 1999, *Better Software Practice for Business Benefit : Principles and Experience*, International Software Collaborative Network, Los Alamitos, Calif., Wiley-IEEE Computer Society Pr; 1st edition.

MONTONI, M., 2007, *Uma Abordagem para Condução de Iniciativas de Melhoria de Processos de Software*, Exame de Qualificação para o Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

- NIESSINK, F., VLIET, H., 2001, "Measurement Program Success Factors Revisited", *Information and Software Technology*, v. 43, n. 10, pp. 617-628.
- OFFEN, R., JEFFEREY, R., 1997, "Establishing Software Measurement Programs", *IEEE Software*, v. 14, n. 2, pp. 45-53.
- OPDAHL, A. L., HENDERSON-SELLERS, B., 2001, "Grounding the OML Metamodel in Ontology", *Journal of Systems and Software*, v. 57, n. 2, pp. 119-143.
- PARK, R. E., GOETHER, W. B., FLORAC, W. A., 1996, *Goal-Driven Software Measurement – A Guidebook*, SEI – Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- PFLEEGER, S. L., 1993, "Lessons Learned in Building a Corporate Metrics Program", *IEEE Software*, v. 10, n. 3, pp. 67-74.
- PUTNAM, L., 1978, "A General Empirical Solution to the Macro Software Sizing and Estimation Problem", *IEEE Transactions on Software Engeneering*, pp. 345-361, July 1978.
- PUTNAM, L., MYERS, W., 2003, *Five Core Metrics: The Intelligence Behind Successful Software Management*, Dorset House Publishing.
- RACKZINSKI, B., CURTIS, B., 2008, "Software Data Violate SPC's Underlying Assumptions", *IEEE Software*, v. 25, n. 3, pp. 49 - 50.
- RAFFO, D. M., 2005, "Software Project Management Using PROMPT: A Hybrid Metrics, Modeling and Utility Framework", *Information and Software Technology*, v. 47, pp. 1009-1017.
- RAFFO, D. M., HARRISON, W., VANDEVILLE, J., 2002, "Software Process Decision Support: Making Process Tradeoffs Using a Hybrid Metrics, Modeling and Utility Framework", In: *Proceedings of the Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering - SEKE 2002*, pp. 803-809.
- ROCHA, A. R., SOUZA, J. M., AGUIAR, T. C., 1990, "TABA: A Heuristic Workstation for Software Development", In: *Proceedings of COMPEURO 90*, Tel Aviv, Israel, pp. 126-129.

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.

SCHLENOFF, C., GRUNINGER, M., TISSOT, F., VALOIS, J., INC, S., LUBELL, J., LEE, J., 2000, *The Process Specification Language (PSL) Overview and Version 1.0 Specification*, NISTIR 6459, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

SCHNEIDEWIND, N. F., 2002, "Body of Knowledge for Software Quality Measurement", *IEEE Computer*, v. 35, n. 2, pp. 77-83.

SCHNEIDEWIND, N. F., 2007, "Software Defect Process and Product Model for High Assurance Applications", *Journal of Aerospace Computing*, v. 4, n. 4, pp. 739-750.

SCOTTO, M., SILLITI, A., SUCCI, G., VERNAZZA, T., 2006, "A Non-Invasive Approach to Product Metrics Collection", *Journal of Systems Architecture*, v. 52, pp. 668-675.

SHEWART, W. A., 1980, *The Economic Control of Quality of Manufactured Product*, D. Van Nostrand Company, New York, 1931, reimpresso por ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.

SILVA, E., LISBOA, F. J., OLIVEIRA, A. P., GONÇALVES, G. S., 2008, "Improving Analysis Patterns in the Geographic Domain Using Ontological Meta-properties", In: *Proceedings of the International Conference on Enterprise Information Systems*, Barcelona, Spain, pp. 256-261.

SIVIY, J., PENN, M. L., HARPER, E., 2005, *Relationship Between CMMI and Six Sigma*, Technical Note, CMU/SEI-2005-TN-005.

SOFTEX, 2009, *MPS.BR: Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia Geral : 2009*, Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr>.

SUMO, 2003, *The Suggested Upper Merged Ontology*, Teknowledge - Version 1.60.

TANSALARAK, N., CLAYPOOL, K. T., 2004, "XCM: A Component Ontology", In: *Proceedings of the Workshop on Ontologies as Software Engineering Artifacts*, Vancouver, Canada.

- TARHAN, A., DEMIORS, O., 2006, "Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control", *Lecture Notes in Computer Science*, v. 4257, pp. 88-99.
- TARHAN, A., DEMIORS, O., 2008, "Assessment of Software Process and Metrics to Support Quantitative Understanding", *Lecture Notes in Computer Science*, v. 4895, pp. 102-113.
- TONG, J. P. C., TSUNG, F., YEN, B. P. C., 2004, "A DMAIC Approach to Printed Board Quality Improvement", *International Journal ManufTechnol*, v. 23, pp. 523-531.
- USCHOLD, M., JASPER, R., 1999, "A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications", In: *Proceedings of IJCAI Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods*, Stockholm, Sweden, pp. 1-11.
- USCHOLD, M., KING, M., MORALEE, S., 1998, "The Enterprise Ontology", *The Knowledge Engineering Review*, v. 13, n. 1, Special Issue on Putting Ontologies to Use (eds. Mike Uschold e Austin Tate).
- VASCONCELOS, J. O. B., 2008, *Aplicação Semântica para Registro de Compromissos e Codificação de Fragmentos da Ontologia Genérica UFO em OWL*, Projeto Final de Graduação, Departamento de Informática, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória - ES.
- VILLELA, K., 2004, *Definição e Construção de Ambientes de Desenvolvimento de Software Orientados à Organização*, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro - Brasil.
- WAND, Y., STOREY, V. C., WEBER, R., 1999, "An Ontological Analysis of the Relationship Construct in Conceptual Modeling", *ACM Transactions on Database Systems*, v. 24, n. 4, pp. 494-528.
- WAND, Y., WEBER, R., 2002, "Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling - A Research Agenda", *Information Systems*, v. 13, n. 4, pp. 363-376.
- 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*, v. 4470, pp. 233-245.

WANG, Q., JIANG, N., GOU, L., LIU, X., LI, M., WANG, Y., 2006, "BSR: A Statistical-Based Approach for Establishing and Refining Software Process Performance Baseline", In: *Proceedings of the International Conference on Software Engineering - ICSE'06*, Shanghai, China, pp. 585-594.

WANG, Q., LI, M., 2005, "Measuring and Improving Software Process in China", In: *Proceedings of International Symposium on Empirical Software Engineering - ISESE 2005*, Hoosa Head, Australia, pp. 183-192.

WEBER, C., LAYMAN, B., 2002, "Measurement Maturity and the CMMI: How Measurement Practices Evolve as Process Mature", *American Society for Quality Magazines e&Journals*, v. 4, n. 3, pp. 7-20.

WELLER, E. F., 2000, "Practical Applications of Statistical Process Control", *IEEE Software*, v. 17, n. 3, pp. 48-55.

WELLER, E. F., CARD, D., 2008, "Appling SPC to Software Development: Where and Why", *IEEE Software*, v. 25, n. 3, pp. 48-50.

WHEELER, D. J., 1997, "Good Limits from Bad Data", *Quality Digest*, v. April, pp. 53.

WHEELER, D. J., CHAMBERS, D. S., 1992, *Understanding Statistical Process Control*, 2nd ed., Knoxville - SPC Press.

WHEELER, D. J., PFADT, A., 1995, "Using Statistical Process Control to Make Data-Based Clinical Decisions", *Journal of Applied Behaviors Analysis*, v. 3, pp. 349-370.

WHEELER, D. J., POLING, R. S., 1998, *Building Continual Improvement: A Guide for Business*, SPC Press.

YAGER, R. R., 1988, "On Ordered Weighted Aaggregation Operators in Multicriteria Decision Making", *IEEE Transactions on Systems*, v. 18, n. 1, pp. 183-190.

ZHANG, Y., SHETH, D., 2006, "Mining Software Repositories for Model Driven Development", *IEEE Software*, v. 23, n. 1, pp. 82-90.

Anexo 1

Estudo Baseado em Revisão Sistemática da Literatura

Este anexo apresenta na íntegra o estudo baseado em revisão sistemática da literatura realizado, incluindo-se os dados obtidos.

A1.1 Processo de Apoio à Condução de Estudos Baseados em Revisão Sistemática da Literatura

Para a realização do estudo, foi utilizado o processo de apoio à condução de estudos baseados em revisão sistemática definido em MONTONI (2007). O processo utilizado é composto por três atividades, que são descritas a seguir:

- (i) *Desenvolver o Protocolo:* nesta atividade o pesquisador realiza a prospecção sobre o tema de interesse do estudo definindo o contexto no qual o estudo será realizado e o objeto de análise. Em seguida, o protocolo que será utilizado como guia na execução do estudo deve ser definido, testado e avaliado. O teste do protocolo é realizado com o objetivo de verificar a viabilidade de execução do mesmo, permitindo, com base nos resultados do teste, a identificação de modificações necessárias no protocolo de pesquisa e/ou banco de dados de apoio.
- (ii) *Conduzir a Pesquisa:* nesta atividade o pesquisador executa a pesquisa coletando e armazenando os dados segundo o protocolo definido. Em seguida, análises quantitativas e qualitativas devem ser realizadas com base nos dados coletados.
- (iii) *Relatar Resultados:* nesta atividade o pesquisador empacota os resultados gerados ao longo da execução do estudo, devendo estes serem publicados em alguma conferência, revista ou biblioteca de trabalhos científicos.

A seguir, o estudo realizado seguindo o processo acima, é detalhadamente descrito.

A1. 2 Definição do Protocolo de Pesquisa

A1.2.1 Contexto do Estudo

O controle estatístico de processos contém diversas ferramentas de apoio à análise do comportamento de processos que são utilizadas para alcançar a estabilidade dos processos e buscar sua melhoria contínua através da redução dos limites de variação. Sua utilização no domínio da manufatura é ampla, porém, a aplicação a processos de software ainda é recente.

O crescente interesse das organizações em elevar o grau de maturidade de seus processos e alcançar os níveis mais elevados de modelos de maturidade como MR MPS (SOFTEX, 2009) e CMMI (CHRISSIS *et al.*, 2006) tem levado as organizações de software à utilização do controle estatístico na análise de desempenho de seus processos.

Apesar do crescente número de estudos publicados no contexto da aplicação das técnicas do controle estatístico de processos a processos de software, há muito poucos registros que forneçam orientações práticas satisfatórias para a implementação do controle estatístico de processos, pois uma parte considerável dos estudos registrados foca em evidenciar a possibilidade e as vantagens da aplicação do controle estatístico de processos a processos de software ou propor abordagens utilizadas em processos de software baseadas nos princípios do controle estatístico.

Uma vez que ainda não há um conjunto formal, consolidado e detalhado, de diretrizes para a realização do controle estatístico de processos em processos de software, as organizações que realizam sua implementação têm encontrado dificuldades.

Dentre as dificuldades que as organizações de software enfrentam para realizar o controle estatístico de processos, a não adequação de suas bases de medidas à aplicação das técnicas estatísticas tem sido destacada (BORIA, 2007; KITCHENHAM *et al.*, 2007). Resolver essa questão é fundamental, pois, sem os dados adequados, o controle estatístico de processos não pode ser realizado de forma satisfatória.

A identificação, seleção, coleta e armazenamento de medidas adequadas têm papel fundamental para iniciar a implementação do controle estatístico em processos de software (TARHAN e DEMIRORS, 2006).

Considerando esse contexto, através do estudo aqui descrito, deseja-se obter um conjunto de problemas e características relacionados à medição ou às medidas no contexto do

controle estatístico de processos que impactam em sua implementação. Baseando-se nessas informações, espera-se identificar uma lista inicial²⁷ de requisitos necessários às medidas para que possam ser utilizadas no controle estatístico de processos de software de forma efetiva. Essa lista de requisitos será, então, utilizada como base para a construção de um instrumento de avaliação de medidas considerando a adequação do controle estatístico de processos de software.

A1.2.2 Objeto de Análise do Estudo

Devem ser analisadas publicações de estudos relacionados ao controle estatístico de processos que relatem problemas ou características relacionados à medição ou às medidas, que influenciam na realização do controle estatístico de processos, bem como publicações que descrevam estudos ou experiências de aplicação do controle estatístico de processos (nessas, os problemas ou características devem ser identificados durante a análise do conteúdo da publicação).

A não limitação a publicações que relatem, explicitamente, os problemas ou características relacionados à medição ou às medidas que influenciam na realização do controle estatístico de processos se deu, pois, conforme mencionado anteriormente, apesar do crescente número de publicações considerando a aplicação de controle estatístico a processos de software, o foco dessas publicações ainda é limitado a evidenciar a possibilidade e as vantagens da aplicação do controle estatístico de processos a processos de software ou a propor abordagens utilizadas em processos de software baseadas nos princípios do controle estatístico. Sendo assim, considerar apenas as publicações que relatem explicitamente os problemas ou características relacionadas à medição ou às medidas que influenciam na realização do controle estatístico de processos poderia significar uma redução considerável de publicações analisadas.

A1.2.3 Protocolo de Pesquisa

A) Objetivo

Analisar os registros da literatura no contexto do controle estatístico de processos, com o propósito de identificar e analisar: *(i)* problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas que impactam na implementação do controle estatístico de processos; e, *(ii)*

²⁷ Diz-se inicial, pois a lista de requisitos será refinada em etapas posteriores deste trabalho.

características relacionadas ao processo de medição ou às medidas que contribuem na implementação do controle estatístico de processos, do ponto de vista dos implementadores do controle estatístico de processos, no contexto industrial e acadêmico.

Com base nos itens *(i)* e *(ii)*, um conjunto de requisitos necessários para que uma medida (ou conjunto de medidas) seja utilizada no controle estatístico de processos de software deve ser definido.

B) Questões de Pesquisa

Q1: Quais problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas impactam na implementação do controle estatístico de processos?

Q2: Quais características relacionadas ao processo de medição ou às medidas contribuem na implementação do controle estatístico de processos?

C) Fontes

Devem ser utilizadas como fontes para a execução da pesquisa as bibliotecas digitais que atenderem aos seguintes requisitos:

- (i)* Possuir engenhos de busca que permitam o uso de expressões lógicas ou mecanismo equivalente e que permitam a busca no texto completo das publicações;
- (ii)* Pertencer a uma das editoras listadas no Portal de Periódicos da CAPES²⁸; e
- (iii)* Incluir em sua base publicações da área de exatas²⁹.

D) Seleção das Publicações

A seleção das publicações deve ser realizada em 3 etapas:

1ª etapa (E1): Seleção e catalogação preliminar das publicações.

A seleção preliminar das publicações deve ser feita a partir da aplicação dos seguintes critérios de busca às fontes:

²⁸ O Portal de Periódicos da CAPES oferece acesso aos textos de artigos de mais de 11.419 revistas internacionais, nacionais e estrangeiras, e a mais de 90 bases de dados com resumos de documentos em todas as áreas do conhecimento, incluindo artigos publicados na série *Lecture Notes in Computer Sciences*.

²⁹ A análise dos trabalhos publicados em eventos nacionais relevantes (SBQS – Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software e SBES – Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software) foi realizada manualmente, complementar aos resultados do estudo.

- Período: a partir de 01 de Janeiro de 1990.
- Idioma: inglês.
- Expressão de Busca: (*"statistical process control"*) AND (*"measurement"* OR *"measures"* OR *"metrics"*) AND (*"problems"* OR *"questions"* OR *"factors"* OR *"requirements"* OR *"characteristics"* OR *"needs"* OR *"difficulties"* OR *"guidelines"* OR *"strategies"* OR *"strategy"* OR *"lessons learned"* OR *"best practices"*) AND (*"software"*)³⁰.

Cada publicação selecionada nessa etapa deve ser catalogada e devidamente armazenada.

2^a etapa (E2): Seleção das publicações relevantes (1º filtro).

A seleção das publicações através dos critérios busca não garante que todas as publicações selecionadas sejam úteis no contexto da pesquisa, pois a aplicação dos critérios de busca é restrita ao aspecto sintático. Sendo assim, o resumo/*abstract* de cada publicação selecionada na 1^a etapa deve ser submetido à análise, sendo excluídas as publicações que não atenderem a um ou ambos os seguintes critérios:

- CS1. A publicação apresenta resultados de estudos que envolvem controle estatístico de processos ou medição/medidas (direta ou indiretamente relacionadas ao controle estatístico de processos).
- CS2. A publicação apresenta informações úteis no contexto de medição ou controle estatístico de processos aplicados a processos de software.

Para diminuir o risco de que uma publicação seja excluída prematuramente, em caso de dúvida ou não existência de resumo/*abstract*, a publicação não deve ser excluída.

3^a etapa (E3): Seleção das publicações relevantes (2º filtro).

Uma vez que a seleção das publicações utilizando-se o 1º filtro considera a análise apenas do resumo/*abstract* da publicação, é possível que nem todas as publicações

³⁰ Para estabelecer a expressão de busca, alguns testes foram realizados para identificar a expressão que melhor se adequasse. A utilização de uma expressão mais restrita excluía publicações importantes no contexto desse estudo, logo, optou-se por utilizar a expressão aqui definida que, sendo mais abrangente, apesar de trazer uma quantidade maior de publicações que, possivelmente, serão descartadas em etapas posteriores, foi a que melhores resultados apresentou, incluindo em seu conjunto de resultados várias publicações consideradas significativas ao estudo.

selecionadas contenham dados a serem coletados. As publicações selecionadas com a aplicação do 1º filtro devem ser, então, submetidas a uma análise detalhada e, após leitura e análise do conteúdo completo de cada publicação, devem ser excluídas aquelas que não atenderem ao seguinte critério de seleção:

- CS3. A publicação possui informações sobre problemas ou características relacionados ao processo de medição ou às medidas que influenciam, direta ou indiretamente, na implementação do controle estatístico de processos.

E) Armazenamento dos Dados das Publicações

As publicações selecionadas pela expressão de busca (*1ª etapa*) devem ser catalogadas explicitando-se: título, autor(es), ano da publicação, dados da publicação, fonte e um breve resumo.

Cada publicação catalogada deve ser examinada e submetida aos filtros das duas etapas seguintes.

As publicações eliminadas na *2ª etapa* devem ser identificadas como “E2: CS[número do(s) critério(s) de seleção não atendido(s)]”.

As publicações eliminadas na *3ª etapa* devem ser identificadas como “E3: CS[número do critério de seleção não atendido]”.

Algumas publicações não têm seus textos completos disponíveis para acesso através das bibliotecas digitais. Nesse caso, devem-se buscar outros meios de acesso ao conteúdo completo da publicação e, caso o mesmo, ainda assim, não seja obtido, a publicação deve ser identificada como “*Texto indisponível*” na *3ª etapa*.

F) Procedimentos para Extração e Análise dos Dados

Devem ser realizadas análises quantitativas e qualitativas dos dados extraídos das publicações.

A análise quantitativa deve ser realizada através da extração direta dos dados das publicações selecionadas, devendo fornecer:

- (i) Uma lista de achados de problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas que impactam na implementação do controle estatístico de processos, tabulados pela quantidade e o percentual de publicações que os citam.

- (ii) Uma lista de achados de características relacionadas ao processo de medição ou às medidas, que contribuem na implementação do controle estatístico de processos, tabulados pela quantidade e o percentual de publicações que os citam.

A análise qualitativa deve utilizar como base os dados quantitativos e realizar considerações com o intuito de discutir os achados com relação às questões de pesquisa identificadas. Além disso, a análise qualitativa deve fornecer:

- (iii) Uma lista de achados de requisitos necessários às medidas para utilização no controle estatístico de processos de software, identificados baseando-se nos achados dos itens (i) e (ii).

Os dados extraídos das publicações devem ser classificados em uma das categorias: problemas ou características. A extração e a análise dos dados das publicações devem seguir os seguintes passos:

1º passo: Registro dos dados preservando o vocabulário utilizado na publicação.

Nesse passo os dados coletados são registrados na categoria problemas ou na categoria características preservando-se o vocabulário adotado pelo(s) autor(es) na publicação. Por exemplo, se a publicação “A” cita a característica “coleta rigorosa das medidas” e a publicação “B” cita a característica “medidas coletadas consistentemente”, nessa etapa, o registro dos dados deve preservar esses termos.

2º passo: Registro dos dados adotando um vocabulário comum.

Nesse passo, os dados coletados e registrados no *1º passo* devem ser analisados buscando-se equivalências entre os dados de uma mesma categoria, a fim de estabelecer um vocabulário comum aos dados equivalentes. Considerando o mesmo exemplo citado na descrição do *1º passo*, as características “coleta rigorosa das medidas” e “medidas coletadas consistentemente” registradas para as publicações “A” e “B”, respectivamente, poderiam ser padronizadas em “coleta consistente das medidas”.

3º passo: Eliminação de equivalências entre as categorias.

Nesse passo, os dados das duas categorias (problemas e características) devem ser comparados para que as equivalências entre eles sejam identificadas e as análises quantitativa e qualitativa possam ser realizadas. Por exemplo, o problema “volume de dados insuficiente” equivale à característica “volume de dados suficiente”. Logo, se x

publicações citam o problema “volume de dados insuficiente” e y publicações citam a característica “volume de dados suficiente”, tem-se que a $x+y$ publicações citam o problema “volume de dados insuficiente” e a característica “volume de dados suficiente” é excluída da lista de achados da categoria característica.

4º passo: Identificação dos requisitos.

Nesse passo, analisando-se as listas de achados, devem-se identificar requisitos necessários às medidas para utilização no controle estatístico de processos de software.

A extração dos dados em diversas etapas, preservando-se os registros de cada uma delas, foi definida com o objetivo de auxiliar a interpretação e análise dos dados, bem como possibilitar a rastreabilidade dos resultados até os dados iniciais e a repetitividade do estudo.

G) Procedimento de Teste do Protocolo de Pesquisa

O protocolo de pesquisa definido deve ser testado considerando-se, pelo menos, duas fontes diferentes. Durante o teste deste protocolo, alguns pontos merecem atenção:

i) Número de publicações selecionadas pela $1^{\text{a}} \text{ etapa}$: um volume muito grande de publicações selecionadas pela expressão de busca pode significar que a mesma deve ser refinada, pois, provavelmente, está considerando um domínio maior que o desejado, o que pode ser confirmado se muitas das publicações forem eliminadas nas etapas subsequentes. Por outro lado, um volume muito pequeno pode significar que muitas publicações úteis podem estar sendo prematuramente eliminadas, ou seja, a expressão de busca pode estar muito restritiva.

ii) Número de publicações selecionadas pela $2^{\text{a}} \text{ etapa}$: um percentual muito alto de publicações selecionadas pela $2^{\text{a}} \text{ etapa}$ (em relação ao número de publicações selecionadas pela $1^{\text{a}} \text{ etapa}$) pode requerer alterações nos critérios de seleção, significando que, ou essa etapa é desnecessária, ou os critérios estão muito próximos da expressão de busca.

iii) Número de publicações selecionadas pela $3^{\text{a}} \text{ etapa}$: um percentual muito baixo de publicações selecionadas pela $3^{\text{a}} \text{ etapa}$ (em relação ao número de publicações selecionadas pela $2^{\text{a}} \text{ etapa}$) sugere um refinamento nos critérios da etapa anterior, pois, provavelmente, estão muito amplos em relação ao domínio desejado.

Também é importante considerar a possibilidade de, realmente, haver apenas um pequeno número de publicações que atendem aos critérios estabelecidos no protocolo. Nesse caso, estando os critérios alinhados aos propósitos da pesquisa, os mesmos não precisam ser alterados e conclui-se que o número de elementos pertencentes ao domínio desejado é limitado.

Após o teste, este protocolo deve ser considerado viável se:

- a) os procedimentos nele definidos tiverem sido executados conforme descritos;
- b) as listas de achados designadas na seção F) tiverem sido produzidas em consonância com o objetivo do estudo.

A1.3 Teste do Protocolo de Pesquisa

O teste do protocolo foi realizado aplicando-se nos engenhos de busca de *IEEE* e *ScienceDirect* (considerando *Journal of Systems and Software*, *Journal of System Architecture* e *Information and Software Technology*) os critérios de busca definidos no protocolo de pesquisa (*1^a etapa*).

Na *1^a etapa* foram selecionadas 32 publicações. Na *2^a etapa* foram selecionadas 19 publicações e na *3^a etapa* foram selecionadas 10 publicações, que se encontram listadas na Tabela A1.1.

Tabela A1.1 – Publicações selecionadas no Teste do Protocolo de Pesquisa.

| Título | Autor(es) | Ano | Dados da Publicação |
|---|--|------------|---|
| "Misleading Metrics and Unsound Analysis" | KITCHENHAM, B. JEFFERY, D. R. CONNAUGHTON, C. | 2007 | IEEE Software, Volume 24, nº 2, pp. 73-78. |
| "Using a Personal Software Process to Improve Performance" | HAYES, W. | 1998 | Proceedings of International Software Metrics Symposium, pp. 61-71. |
| "Non-Intrusive Monitoring of Software Quality" | BOFFOLI, N. | 2006 | Proceedings of 10th European Conference on Software Maintenance and Reengineering, CSMR'06. |
| "Statistical Control Process: What You Don't Measure Can Hurt You!" | EICKELMAN, N. ANANT, A. | 2003 | IEEE Software, Volume 20, nº 2, pp. 49-51. |
| "Measurement Program Success Factors Revisited" | NIESSINK, F. VILLET, H. V. | 2001 | Information and Software Technology, Volume 36, nº 3, pp. 173-189. |
| "Assessing the Maintenance Processes of a Software Organization: An Empirical Analysis of a Large Industrial Project" | DE LUCIA, A. PONPELLA, E. STEFANUCCI, S. | 2003 | Journal of System and Software, Volume 65, nº 2, pp. 87-103. |
| "Assessing Effort Estimation Models for Corrective maintenance Through Empirical Studies" | DE LUCIA, A. PONPELLA, E. STEFANUCCI, S. | 2005 | Information and Software Technology, Volume 32, nº 8, pp. 559-565. |
| "Software faults, Software Failures and Software Reliability Modeling" | MUNSON, J. C. | 1996 | Information and Software Technology, Volume 38, nº 11, pp. 687-699. |
| "Defect Prevention in Software Process: An Action-Based Approach" | CHANG, C.P. CHU, C. P. | 2007 | Journal of Systems and Software, Volume 80, nº 4, pp. 559-570. |
| "FMESP: Framework for the Modeling and Evaluation of Software Process" | GARCIA, F. PIATTINI, M. RUIZ, F. CANFORA, G. VISAGGIO, C. A. | 2006 | Journal of Systems Architecture, Volume 52, nº 11, pp. 627-639. |

As publicações selecionadas foram analisadas e os dados relevantes ao estudo foram extraídos. Vale ressaltar que, conforme mencionado inicialmente, não houve limitação a publicações que tratam, explicitamente, os problemas ou características relacionadas ao processo de medição ou às medidas que influenciam na realização do controle estatístico de processos. Sendo assim, nas publicações que descrevem estudos ou experiências de aplicações do controle estatístico de processos, os problemas ou características foram identificados analisando-se as experiências e considerações registradas pelos autores.

Considerando os problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas que impactam na implementação do controle estatístico de processos, mencionados nas publicações, foram registrados nove achados, que se encontram listados na Tabela A1.2.

Tabela A1.2 – Lista de achados de problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas, que impactam na implementação do controle estatístico de processos, identificados no Teste do Protocolo de Pesquisa.

| Id | Problema |
|-----------|--|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. |
| P2 | Dados agregados. |
| P3 | Dados perdidos. |
| P4 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. |
| P5 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. |
| P6 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. |
| P7 | Medidas de alta granularidade. |
| P8 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. |
| P9 | Medidas normalizadas incorretamente. |

Analizando-se os dados extraídos das publicações selecionadas, percebeu-se que não há uma homogeneidade na identificação dos problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas que impactam na implementação do controle estatístico de processos. Quatro dos nove problemas identificados (44,44%) foram citados uma única vez, ou seja, em apenas uma publicação (10%).

Os problemas “insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas”, “dados agregados”, “dados perdidos”, “medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas” e “medidas de alta granularidade” foram identificados em 20% das publicações.

Uma outra percepção obtida ao longo do teste foi a diferença no nível de detalhamento das publicações ao citarem os problemas. Alguns autores generalizaram os problemas relacionados às medidas em um único problema: “medidas inúteis”. Outros, por sua vez, não utilizam a expressão “medidas inúteis”, mas, implicitamente, indicam, através dos problemas por eles relatados, a inutilidade das medidas. Por exemplo, o problema “medidas de alta granularidade”, em uma análise geral, caracteriza “medidas inúteis”.

No teste, 10% das publicações relataram o problema “medidas inúteis”, que, apesar de não se encontrar explícito na lista de achados de problemas, é implicitamente representado pelos demais problemas que caracterizam a inutilidade das medidas.

Considerando as características relacionadas ao processo de medição ou às medidas, que contribuem na implementação do controle estatístico de processos, mencionadas nas publicações analisadas, foram registrados dez achados, listados na Tabela A1.3.

Tabela A1.3 – Lista de achados de características relacionadas ao processo de medição ou às medidas, que contribuem na implementação do controle estatístico de processos, identificados no Teste do Protocolo de Pesquisa.

| Id | Característica |
|-----------|---|
| C1 | Centralização dos dados coletados. |
| C2 | Coleta automática das medidas. |
| C3 | Coleta consistente das medidas. |
| C4 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos da organização. |
| C5 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. |
| C6 | Definição operacional clara das medidas. |
| C7 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes. |
| C8 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. |
| C9 | Medidas alinhadas aos objetivos do projeto e da organização. |
| C10 | Utilização integrada de medidas de processo e produto. |

Se a análise dos achados de problemas mostrou um conjunto formado por muitos problemas identificados em uma única publicação (44,44%), a análise dos achados de características mostrou um número ainda maior de características mencionadas uma única vez (80%).

A característica “definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos da organização” foi citada por 20% das publicações e “coleta consistente das medidas” por 30% das publicações.

Após serem identificadas as listas de achados de problemas e características, uma lista inicial de requisitos necessários às medidas para utilização no controle estatístico de processos foi elaborada. Foram identificados os quinze requisitos listados na Tabela A1.4.

Tabela A1.4 – Lista de achados de requisitos necessários a uma medida para utilização no controle estatístico de processos de software identificados no Teste do Protocolo de Pesquisa.

| Id | Requisito |
|-----------|--|
| R1 | Alinhamento a objetivo(s) do projeto e da organização. |
| R2 | Baixa granularidade. |
| R3 | Consistência dos dados coletados. |
| R4 | Critérios para agrupamento/comparação da medida definidos. |
| R5 | Definição operacional correta e satisfatória. |
| R6 | Existência das informações de contexto da medida. |
| R7 | Localização conhecida e acessível dos dados coletados para a medida. |
| R8 | Medida relacionada ao processo. |
| R9 | Medidas correlatas definidas. |
| R10 | Não existência ou irrelevância de dados perdidos. |
| R11 | Não utilização de dados agregados. |
| R12 | Normalização correta (se normalizada). |
| R13 | Relevância para tomada de decisão. |
| R14 | Validade das medidas correlatas. |
| R15 | Volume suficiente de dados coletados. |

O detalhamento dos dados extraídos durante o teste do protocolo está registrado na seção A1.5 deste anexo.

Analisando-se os resultados do teste do protocolo de pesquisa, pode-se concluir que, considerando os critérios estabelecidos no item G) do protocolo, o mesmo tem execução viável para a execução integral do estudo.

A1.4 Execução da Pesquisa

Após a execução e avaliação do teste do protocolo, o estudo proposto pôde ser conduzido de forma integral. Foram consideradas como fontes as seguintes bibliotecas digitais: *Scopus*, *Compendex*, *IEEE* e *ScienceDirect* (considerando *Journal of Systems and Software*, *Journal of System Architecture* e *Information and Software Technology*).

Na 1^a etapa de seleção das publicações foram selecionadas 162 publicações. Na 2^a etapa foram selecionadas 63 publicações e, finalmente, na 3^a etapa foram selecionadas 32³¹ publicações. Os dados das publicações encontram-se na seção A1.5.

³¹ 15 publicações foram eliminadas por não atenderem ao critério de seleção da 3^a etapa e 16 foram eliminadas por indisponibilidade dos textos.

Considerando os problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas que impactam na implementação do controle estatístico de processos mencionados nas publicações, foram registrados 18 achados, listados na Tabela A1.5.

Tabela A1.5 – Lista de achados de problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas, que impactam na implementação do controle estatístico de processos, identificados no estudo.

| Id | Problema |
|-----------|---|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. |
| P2 | Base de medidas mal estruturada. |
| P3 | Coleta de uma mesma medida em momentos diferentes da execução dos processos nos projetos. |
| P4 | Dados agregados. |
| P5 | Dados ambíguos. |
| P6 | Dados armazenados em diversas fontes não integradas. |
| P7 | Dados de uma mesma medida coletados com granularidades diferentes. |
| P8 | Dados perdidos. |
| P9 | Definição operacional deficiente das medidas. |
| P10 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. |
| P11 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. |
| P12 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. |
| P13 | Medidas associadas a processos muito longos (mesmo com a granularidade correta, a frequência de coleta é baixa). |
| P14 | Medidas de alta granularidade. |
| P15 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. |
| P16 | Medidas não alinhadas aos objetivos dos projetos e da organização. |
| P17 | Medidas normalizadas incorretamente. |
| P18 | Utilização de medidas de apoio ao controle tradicional dos projetos, ao invés de medidas de análise de desempenho e melhoria dos processos. |

Em relação aos resultados obtidos no teste do protocolo de pesquisa, durante o estudo foram incluídos os problemas identificados na Tabela A1.5 por P2, P3, P5, P6, P7, P13 e P18. As características “definição operacional clara das medidas” e “medidas alinhadas aos objetivos de projeto e da organização” identificadas no teste do protocolo, durante o estudo, foram convertidas, respectivamente, nos problemas P9 e P16, identificados na Tabela A1.5.

A heterogeneidade de resultados percebida no teste do protocolo de pesquisa foi confirmada no estudo.

“Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas” e “definição operacional deficiente das medidas” foram os problemas mais citados nas publicações, sendo seguidos por “medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas”, o que torna possível perceber que os problemas mais citados poderiam ser evitados em uma organização através de um programa de medição bem definido desde seus primeiros momentos.

“Dados perdidos” e “insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas” também foram destacados, mostrando a necessidade de coleta e armazenamento constante dos dados para que as medidas possam ser utilizadas no controle estatístico de processos.

Apesar de alguns itens da lista de achados terem sido citados em um pequeno percentual das publicações, a importância dos mesmos não deve ser subestimada, como, por exemplo, o problema “utilização de medidas de apoio ao controle tradicional dos projetos, ao invés de medidas de análise de desempenho e melhoria dos processos”, que, em organizações que utilizam o controle estatístico de processos como apoio ao alcance de um nível mais elevado de maturidade em modelos como o MR MPS e CMMI, pode invalidar o atendimento a um determinado requisito estabelecido pelo modelo.

Considerando as características relacionadas ao processo de medição ou às medidas, que contribuem na implementação do controle estatístico de processos, mencionadas nas publicações analisadas, foram registrados vinte achados, listados na Tabela A1.6.

Tabela A1.6 – Lista de achados de características relacionadas ao processo de medição ou às medidas, que influenciam na implementação do controle estatístico de processos, identificados no estudo.

| Id | Característica |
|-----------|---|
| C1 | Associação entre medidas de processo e de produto. |
| C2 | Centralização dos dados coletados. |
| C3 | Coleta automática das medidas. |
| C4 | Coleta consistente das medidas. |
| C5 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar medidas coletadas nos projetos da organização para análise. |
| C6 | Definição e coleta de medidas de produto e processo. |
| C7 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. |
| C8 | Definição e coleta, desde o início das atividades de medição, de medidas relacionadas ao desempenho dos processos. |
| C9 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes. |

Tabela A1.6 – Lista de achados de características relacionadas ao processo de medição ou às medidas, que influenciam na implementação do controle estatístico de processos, identificados no estudo (continuação).

| Id | Característica |
|-----------|--|
| C10 | Existência de pelo menos 20 valores para cada medida a ser utilizada no controle estatístico de processos. |
| C11 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. |
| C12 | Medidas associadas a atividades que produzam itens tangíveis. |
| C13 | Medidas associadas aos processos críticos. |
| C14 | Medidas coletadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento. |
| C15 | Medidas coletadas para um fim específico, conhecido pelos envolvidos. |
| C16 | Medidas de controle de projeto e melhoria de processos. |
| C17 | Medidas passíveis de normalização, para possibilitar comparações. |
| C18 | Medidas relacionadas às características de qualidade dos produtos. |
| C19 | Registro preciso dos dados coletados para as medidas. |
| C20 | Identificação de conjuntos de dados homogêneos. |

Em relação aos resultados obtidos no teste do protocolo de pesquisa, durante o estudo foram incluídas as características identificadas na Tabela A1.6 por C1, C6, C8, C10, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19 e C20.

Durante a análise das listas de achados de problemas e características para encontrar as equivalências, só foram consideradas as equivalências “completas”, ou seja, aquelas em que o problema e a característica são totalmente equivalentes, como, por exemplo, a característica “definição operacional clara das medidas” e o problema “definição operacional deficiente das medidas”. Equivalências “parciais” foram mantidas, a fim de não excluir informações que poderão ser úteis em momentos de utilização dos resultados do estudo. Por exemplo, apesar dos problemas “dados de uma mesma medida coletados com granularidades diferentes” e “coleta de uma mesma medida em momentos diferentes da execução dos processos nos projetos” caracterizarem coleta inconsistente das medidas, o que excluiria da lista de achados de características a característica “coleta consistente das medidas”, esses não são os únicos problemas que geram a inconsistência nas medidas, sendo assim, os problemas foram mantidos na lista de achados de problemas, bem como a característica “coleta consistente das medidas” foi mantida na lista de achados de características.

A característica “coleta consistente das medidas” foi a mais citada pelas publicações, aparecendo em 45,16% delas. Esse alto índice pode ser explicado pela ampla conotação que a

característica apresenta (várias (sub)características podem ser consideradas para que se obtenha uma coleta consistente das medidas).

Também foi destacada a característica “definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar medidas coletadas nos projetos da organização”. Alguns autores destacaram a importância dessa característica ao afirmarem que, em algumas organizações, apesar de haver volume de dados e medidas suficientes, o agrupamento dos mesmos de forma não adequada fornece informações que baseiam decisões equivocadas. Em outros casos, organizações que não possuem o volume de dados necessários para aplicar as técnicas estatísticas reúnem diversas medidas inadequadamente para obter o volume de dados necessário.

Outra característica reconhecida foi a “identificação dos relacionamentos entre as medidas” que, no controle estatístico de processos, apoia a interpretação, análise e investigação do comportamento dos processos.

Após serem obtidas a lista de problemas e a lista de características, baseando-se nesses resultados, a lista inicial de requisitos necessários às medidas para utilização no controle estatístico de processos foi elaborada. Foram identificados os vinte requisitos listados na Tabela A1.7.

Tabela A1.7 – Lista de achados de requisitos necessários a uma medida para utilização no controle estatístico de processos de software identificados no estudo.

| Id | Requisito |
|-----------|--|
| R1 | Alinhamento a objetivo(s) do projeto e da organização. |
| R2 | Apoio à melhoria de processo. |
| R3 | Associação a atividade(s) que produz(em) item(ns) tangível(is). |
| R4 | Associação a processo crítico. |
| R5 | Baixa granularidade. |
| R6 | Consistência dos dados coletados. |
| R7 | Critérios para agrupamento/comparação da medida definidos. |
| R8 | Definição operacional correta e satisfatória. |
| R9 | Existência das informações de contexto da medida. |
| R10 | Localização conhecida e acessível dos dados coletados para a medida. |
| R11 | Medidas correlatas definidas. |
| R12 | Não existência ou irrelevância de dados perdidos. |
| R13 | Não utilização de dados agregados. |

Tabela A1.7 – Lista de achados de requisitos necessários a uma medida para utilização no controle estatístico de processos de software identificados no estudo (continuação).

| Id | Requisito |
|-----------|---|
| R14 | Normalização correta (se normalizada). |
| R15 | Possibilidade de normalização (se aplicável). |
| R16 | Precisão dos dados coletados. |
| R17 | Relação com o desempenho do processo. |
| R18 | Relevância para tomada de decisão. |
| R19 | Validade das medidas correlatas. |
| R20 | Volume suficiente de dados coletados. |

Em relação à lista de requisitos identificada no teste do protocolo, foram incluídos os requisitos identificados na Tabela A1.7 por: R2, R3, R4, R15 e R16. O requisito “medida relacionada ao processo” identificado no teste do protocolo foi substituído por “relação com o desempenho do processo”.

Para a identificação da lista inicial de requisitos, nem todos os elementos das listas de achados de problemas e características foram explicitamente utilizados, porém, serão úteis no momento do detalhamento do conjunto inicial de requisitos que, em conjunto com os resultados de outros estudos, será a base para a construção do instrumento de avaliação de medidas considerando a adequação no controle estatístico de processos de software.

A tabulação detalhada dos dados do estudo é apresentada a seguir.

A1.5 Tabulação dos Dados do Estudo

A1.5.1 Teste do Protocolo de Pesquisa

a) Publicações

A Tabela A1.8 apresenta as publicações selecionadas durante o teste do protocolo de pesquisa, identificando seus dados, resultados de cada filtro aplicado e fonte.

Tabela A1.8 – Publicações selecionadas no teste do protocolo de pesquisa.

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | IEEE | Journals |
|-----------|---|---|------------|---|------------------|------------------|-------------|-----------------|
| 1 | "Misleading Metrics and Unsound Analysis" | KITCHENHAM, B. JEFFERY, D. R. CONNAUGHTON, C. | 2007 | IEEE Software, Volume 24, nº 2, pp. 73-78. | OK | OK | x | |
| 2 | "Using a Personal Software Process to Improve Performance" | HAYES, W. | 1998 | Proceedings of International Software Metrics Symposium, pp. 61-71. | OK | OK | x | |
| 3 | "An Empirical Bayesian Stopping Rule in Testing and Verification of Behavioral Models" | SAHINOGLU, M. | 2003 | IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Volume 52, nº 5, pp. 1428-1443. | E2: CS[1,2] | x | x | |
| 4 | "Non-Intrusive Monitoring of Software Quality" | BOFFOLI, N. | 2006 | Proceedings of 10th European Conference on Software Maintenance and Reengineering, CSMR'06. | OK | OK | x | |
| 5 | "E3 Software Verification Through the Use of Statistical Process Control Methods" | WILLIAMS, K. | 2002 | IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC'02, Volume 2, pp. 799-790. | OK | E3:CS[3] | x | |
| 6 | "Monitoring and Control of Semiconductor Manufacturing Process" | LIMANOND, S. SI, J. TASAKALIS, K. | 1998 | IEEE Control Systems Magazine, Volume 18, nº 6, pp. 46-58. | E2: CS[1,2] | x | x | |
| 7 | "Statistical Control Process: What You Don't Measure Can Hurt You!" | EICKELMAN, N. ANANT, A. | 2003 | IEEE Software, Volume 20, nº 2, pp. 49-51. | OK | OK | x | |
| 8 | "Defect Prevention in Software Process: An Action-Based Approach" | CHANG, C.P. CHU, C. P. | 2007 | Journal of Systems and Software, Volume 80, nº 4, pp. 559-570, 2007. | OK | OK | | x |
| 9 | "A Family of Experiments to Validate Metrics for Software Process Models" | CANFORA, G. GARCIA, F. PIATTINI, M. RUIZ, F. VISAGGIO, C.A. | 2005 | Journal of Systems and Software, Volume 77, nº 2, pp.113-129. | OK | E3:CS[3] | | x |
| 10 | "A Quantitative and Qualitative Analyses of Factors Affecting Software Processes" | RAINER, A. HALL, T. | 2003 | Journal of Systems and Software, Volume 66, nº 1, pp. 7-21. | E2: CS[1,2] | x | | x |
| 11 | "Assessing the Maintenance Processes of a Software Organization: An Empirical Analysis of a Large Industrial Project" | DE LUCIA, A. PONPELLA, E. STEFANUCCI, S. | 2003 | Journal of System and Software, Volume 65, nº 2, pp. 87-103. | OK | OK | | x |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | IEEE | Journals |
|-----------|--|--|------------|---|------------------|--------------------|-------------|-----------------|
| 1 | "Misleading Metrics and Unsound Analysis" | KITCHENHAM, B. JEFFERY, D. R. CONNAUGHTON, C. | 2007 | IEEE Software, Volume 24, nº 2, pp. 73-78. | OK | OK | | x |
| 12 | "The Impact of Feedback in the Global Software Process" | LEHMAN, M. M. RAMIL, J. F. | 1999 | Journal of Systems and Software, Volume 46, nº 2, pp. 123-134. | E2: CS[1,2] | x | | x |
| 13 | "Software Measurement Methods: Recipes for Success?" | ROCHE, J. JACKSON, M. | 1994 | Information and Software Technology, Volume 43, nº 10, pp. 617-628. | OK | Texto indisponível | | x |
| 14 | "Measurement Program Success Factors Revisited" | NIESSINK, F. VILLET, H. V. | 2001 | Information and Software Technology, Volume 36, nº 3, pp. 173-189. | OK | OK | | x |
| 15 | "Results from Introducing Component-Level Test Automation and test-Driven Development" | DAMM, L. LUNDBERG, L. | 2006 | Journal of Systems and Software, Volume 79, nº 7, pp. 1001-1014. | E2: CS[2] | x | | x |
| 16 | "Design of a Product-Focused Customer-Oriented Process" | ELLIOT, J. J. | 2000 | Information and Software Technology, Volume 44, nº 8, pp. 491-506. | E2: CS[1,2] | x | | x |
| 17 | "Research in Software Engineering: An Analysis of the Literature" | GLASS, R. L. VESSEY, I. RAMESH, V. | 2002 | Information and Software Technology, Volume 42, nº 14, pp. 973-981. | E2: CS[2] | x | | x |
| 18 | "Establishing Software Development Process Control: Technical Objectives, Operational Requirements and the Foundation Framework" | ARTHUR, J. D. NANCE, R. E. BALCI, O. | 1993 | Journal of Systems and Software, Volume 22, nº 2, pp. 117-128. | OK | Texto indisponível | | x |
| 19 | "Software Project Management Using PROMPT: A Hybrid Metrics, Modeling and Utility Framework" | RAFFO, D. M. | 2005 | Information and Software Technology, Volume 47, nº 15, pp. 1009-1017. | OK | E3:CS[3] | | x |
| 20 | "A Control-Theoretic Approach to the Management of the Software System Test Phase" | MILLER, S. D. DECARLO, R. MATHUR, A. P. CANGUSSU, J. W. | 2006 | Journal of Systems and Software, Volume 79, nº 11, pp. 1486-1503. | OK | E3:CS[3] | | x |
| 21 | "Data Quality" | HUH, Y. U. KELLER, F. R. REDMAN, T. C. WATKINGS, A. R. | 1990 | Information and Software Technology, Volume 47, nº 1, pp. 3-15. | OK | Texto indisponível | | x |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | IEEE | Journals |
|-----------|---|--|------------|---|------------------|--------------------|-------------|-----------------|
| 1 | "Misleading Metrics and Unsound Analysis" | KITCHENHAM, B. JEFFERY, D. R. CONNAUGHTON, C. | 2007 | IEEE Software, Volume 24, nº 2, pp. 73-78. | OK | OK | x | |
| 22 | "Assessing Effort Estimation Models for Corrective maintenance Through Empirical Studies" | DE LUCIA, A. PONPELLA, E. STEFANUCCI, S. | 2005 | Information and Software Technology, Volume 32, nº 8, pp. 559-565. | OK | OK | x | |
| 23 | "Object-Oriented Software Design Utilizing Quality Function Deployment" | ELBOUSHI, M. I. SHERIF, J. S. | 1997 | Journal of Systems and Software, Volume 38, nº 2, pp. 133-143. | E2: CS[1,2] | x | | x |
| 24 | "Software faults, Software Failures and Software Reliability Modeling" | MUNSON, J. C. | 1996 | Information and Software Technology, Volume 38, nº 11, pp. 687-699. | OK | OK | x | |
| 25 | "Software Process Simulation to Achieve Higher CMM Levels" | RAFFO, D. M. VANVDERVILLE, J. V. MARTIN, R. H. | 1999 | Journal of Systems and Software, Volume 46, nº 2-3, pp. 163-172. | OK | E3:CS[3] | | x |
| 26 | "Quantitative Process Management in Software Engineering, a Reconciliation Between Process and Product Views" | LANPHAR, R. | 1990 | Journal of Systems and Software, Volume 12, nº 3, pp. 243-248. | OK | Texto indisponível | | x |
| 27 | "Defect Evolution in a Product Line Environment" | ZELKOWITZ, M. V. RUS, I. | 2007 | Journal of Systems and Software, Volume 70, nº 1-2, pp. 143-154. | E2: CS[2] | x | | x |
| 28 | "FMESP: Framework for the Modeling and Evaluation of Software Process" | GARCIA, F. PIATTINI, M. RUIZ, F. CANFORA, G. VISAGGIO, C. A. | 2006 | Journal of Systems Architecture, Volume 52, nº 11, pp. 627-639. | OK | OK | | x |
| 29 | "Towards Software Process Patterns: Na Empirical Analysis of the Behavior of Student Times" | GERMAIN, E. ROBILARD, P. N. | 2007 | Information and Software Technology. | E2: CS[2] | x | | x |
| 30 | "Software Quality Engineering" | CARD, D. N. | 1990 | Information and Software Technology, Volume 32, nº 1, pp. 3-10. | E2: CS[2] | x | | x |
| 31 | "Editor's Corner The Best and Worst of Software in the 1980s" | GLASS, R. L. | 1992 | Journal of Systems and Software, Volume 17, nº 2, pp. 109-110. | E2: CS[1,2] | x | | x |
| 32 | "Applications of Statistics in Software Engineering" | EL EMAM, K. CARLETON, A. D. | 2004 | Journal of Systems and Software, Volume 73, nº 2, pp. 181-182. | E2: CS[2] | x | | x |

b) Obtenção das Listas de Achados

A Tabelas A1.9 e A1.10 apresentam as listas iniciais de achados dos dados coletados das publicações selecionadas pelo segundo filtro do protocolo de pesquisa.

Tabela A1.9 – Lista inicial de achados de problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas, que impactam na implementação do controle estatístico de processos (teste do protocolo de pesquisa).

| Id | Problema |
|-----------|--|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. |
| P2 | Dados agregados. |
| P3 | Dados perdidos. |
| P4 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. |
| P5 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. |
| P6 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. |
| P7 | Medidas de alta granularidade. |
| P8 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. |
| P9 | Medidas normalizadas incorretamente. |

Tabela A1.10 – Lista inicial de achados de características relacionadas ao processo de medição ou às medidas, que contribuem na implementação do controle estatístico de processos (teste do protocolo de pesquisa).

| Id | Característica |
|-----------|---|
| C1 | Armazenamento das informações de contexto das medidas. |
| C2 | Centralização dos dados coletados. |
| C3 | Coleta automática das medidas. |
| C4 | Coleta consistente das medidas. |
| C5 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos da organização. |
| C6 | Definição e coleta das medidas relacionadas a cada medida definida. |
| C7 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. |
| C8 | Definição operacional clara das medidas. |
| C9 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes. |
| C10 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. |
| C11 | Medidas alinhadas aos objetivos do projeto e da organização. |
| C12 | Medidas de baixa granularidade. |
| C13 | Utilização integrada de medidas de processo e produto. |

Analizando-se as listas iniciais de achados e seguindo o *3º passo* do item *F*) descrito no protocolo de pesquisa, foram encontradas as seguintes equivalências: P5 = C1; P7 = C12; P8 = C6.

A Tabelas A1.11 e A1.12 apresentam as listas de achados com as equivalências unificadas e sua análise quantitativa.

Tabela A1.11 – Lista de achados de problemas com análise quantitativa (teste do protocolo de pesquisa).

| Id | Problema | Nº de Publicações | % |
|-----------|--|--------------------------|----------|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. | 1 | 10,0 |
| P2 | Dados agregados. | 2 | 20,0 |
| P3 | Dados perdidos. | 2 | 20,0 |
| P4 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. | 1 | 10,0 |
| P5 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. | 2 | 20,0 |
| P6 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. | 1 | 10,0 |
| P7 | Medidas de alta granularidade. | 2 | 20,0 |
| P8 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. | 2 | 20,0 |
| P9 | Medidas normalizadas incorretamente. | 1 | 10,0 |

Tabela A1.12 – Lista de achados de características com análise quantitativa (teste do protocolo de pesquisa).

| Id | Característica | Nº de Publicações | % |
|-----------|---|--------------------------|----------|
| C1 | Centralização dos dados coletados. | 1 | 10,0 |
| C2 | Coleta automática das medidas. | 1 | 10,0 |
| C3 | Coleta consistente das medidas. | 3 | 30,0 |
| C4 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos da organização. | 2 | 20,0 |
| C5 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. | 1 | 10,0 |
| C6 | Definição operacional clara das medidas. | 1 | 10,0 |
| C7 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes. | 1 | 10,0 |
| C8 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. | 1 | 10,0 |
| C9 | Medidas alinhadas aos objetivos do projeto e da organização. | 1 | 10,0 |
| C10 | Utilização integrada de medidas de processo e produto. | 1 | 10,0 |

A1.5.2 Execução Integral do Estudo

a) Publicações

A Tabela A1.13 apresenta as publicações selecionadas no estudo, identificando seus dados, resultados de cada filtro aplicado e fonte.

Tabela A1.13 - Publicações selecionadas no estudo.

Legenda (Bibliotecas Digitais Utilizadas): C = Compendex; S = Scopus; I = IEEE; J = Journals

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|----|--|---|------|---|-------------|--------------------|---|---|---|---|
| 1 | "Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control" | TARHAN, A. DEMIRORS, O. | 2006 | Lectures Notes in Computer Science, Volume 4257, pp. 88-99. | OK | OK | x | x | | |
| 2 | "Continuous Process Improvement Through Statistical Process Control" | CAIVANO, D. | 2005 | Proceedings of the Ninth European Conference on Software Maintenance and Reengineering, pp. 288-293. | OK | OK | x | x | | |
| 3 | "Statistical Process Control in Extrusion" | RAUWENDAAL, C. | 1995 | Plastics World, Volume 53, Nº 3. | OK | Texto indisponível | x | x | | |
| 4 | "Misleading Metrics and Unsound Analysis" | KITCHENHAM, B. JEFFERY, D. R. CONNAUGHTON, C. | 2007 | IEEE Software, Volume 24, nº 2, pp. 73-78. | OK | OK | x | x | x | |
| 5 | "Utilizing Statistical Process Control Techniques to Assist in Meeting Specification at Finishing Crush Process Control Points to the Paper and Paperboard Industries" | Anônimo | 2002 | TAPPI Technical Information Papers, pp. 38-42. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 6 | "Continuous Improvement Strategy for Software" | PYZDEK, T. | 1992 | Annual Quality Congress Transactions, Volume 46, pp. 926-932. | OK | Texto indisponível | x | x | | |
| 7 | "A Process Control Strategy Based Upon Performance Metrics" | RUEGSEGGER, S. CONCHIERI, B. | 2001 | Proceedings of IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference, Nº 2, pp. 41-47. | E2: CS[1,2] | x | x | x | | |
| 8 | "Metrics for Meta-heuristic Algorithm Evaluation" | ZHANG, Q. | 2003 | International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Volume 2, pp. 1241-1244. | E2: CS[1,2] | x | x | x | | |
| 9 | "Using a Personal Software Process to Improve Performance" | HAYES, W. | 1998 | Proceedings of International Software Metrics Symposium, pp. 61-71. | OK | OK | x | x | x | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|---|------------|---|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| 10 | "Experiences of Applying SPC Techniques to Software Development Process" | KOMURO, M. | 2006 | Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering - ICSE'06, pp. 577-584. | OK | OK | x | x | | |
| 11 | "Non Invasive Monitoring of a Distributed Maintenance Process" | BALDASSARE, M. T. CAIVANO, D. VISAGGIO, G. | 2006 | Proceedings of the Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 1098-1103. | OK | OK | x | | | |
| 12 | "How to Pick the Right CMM Software" | ZINK, J. | 2000 | Manufacturing Engineering, Volume 124, N° 3, pp. 92,94-98,100-101. | E2: CS[1,2] | x | x | x | | |
| 13 | "Run by Run Control of Chemical-Mechanical Polishing" | BONING, D. | 1995 | Proceedings of the IEEE/CPMT International Eletronics Manufacturing Technology (IEMT) Symposium, pp. 81-87. | E2: CS[1,2] | x | x | x | | |
| 14 | "An Empirical Bayesian Stopping Rule in Testing and Verification of Behavioral Models" | SAHINOGLU, M. | 2003 | IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Volume 52, n° 5, pp. 1428-1443. | E2: CS[1,2] | x | x | x | x | |
| 15 | "Computer Programs for the Quality Department" | CACHAT, J. M. | 1992 | Annual Quality Congress Transactions, Volume 46, pp. 1230-1237. | E2: CS[1,2] | x | x | x | | |
| 16 | "Feedforward Recipe Selection Control Design Software" | RUEGSEGGER, S. WAGNER, A. FREUDENBERG, J. GRIMARD, D. | 1998 | Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, Volume 3507, pp. 69-80. | E2: CS[2] | x | x | | | |
| 17 | "Automatic In-Line Measurement for the Identification of Killer Defects" | WILSON, D. WALTON, A. J. | 1994 | IEEE Colloquium, n° 88, pp. 5/1-5/8. | E2: CS[2] | x | x | x | | |
| 18 | "Developing an On-Line, Computadorised SPC System to Control Product Quality in a Breakfast Cereal Process" | PICKLES, J. | 1992 | Institution of Chemical Engineer Symposium Series, n° 126, pp. 145-153. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 19 | "Lessons Learnt from the Analysis of Large-scale Corporate Databases" | KITCHENHAM, B. JEFFERY, D. R. KUTAY, C. CONNAUGHTON, C. | 2006 | Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering, ICSE'06, pp. 439-444. | OK | OK | x | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|--|------------|--|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| 20 | "Develop an SPC System" | STERNBERGH, D. | 2003 | Quality, Volume 42, nº 4, pp. 26-28. | E2: CS[1,2] | x | x | x | | |
| 21 | "Process-Integrated Measurements for Quality Control With Turning" | TRUMPOLD, H. MACK, R. | 1992 | CIRP Annals, Volume 41, nº 1, pp. 463-465. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 22 | "Modeling of Plasma Etch Systems Using Ordinary least Squares Recurrent Neural Network and Projection to Latent Structure Models" | BUSHMAN, S. EDGAR, T. F. TRACHTENBERG, I. | 1997 | Journal of Eletrochemical Society, Volume 144, nº 4, pp. 1379-1389. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 23 | "Minimization of Total Overlay Errors on product Wafers Using Advanced Optimization Scheme" | LEVINSON, H. J. | 1997 | Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, Volume 3051, pp. 362-373. | E2: CS[1,2] | x | x | x | | |
| 24 | "Non-Intrusive Monitoring of Software Quality" | BOFFOLI, N. | 2006 | Proceedings of 10th European Conference on Software Maintenance and Reengineering, CSMR'06. | OK | OK | | | x | |
| 25 | "E3 Software Verification Through the Use of Statistical Process Control Methods" | WILLIAMS, K. | 2002 | IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, EMC'02, Volume 2, pp. 799-790. | OK | E3:CS[3] | | | x | |
| 26 | "Monitoring and Control of Semiconductor Manufacturing Process" | LIMANOND, S. SI, J. TASAKALIS, K. | 1998 | IEEE Control Systems Magazine, Volume 18, nº 6, pp. 46-58. | E2: CS[1,2] | x | | | x | |
| 27 | "Statistical Control Process: What You Don't Measure Can Hurt You!" | EICKELMAN, N. ANANT, A. | 2003 | IEEE Software, Volume 20, nº 2, pp. 49-51. | OK | OK | | | x | |
| 28 | "Tracking Projects Through a Three-Dimensional Software Development Model" | LI, J. JIANG, N. LI, M. WANG, Q. YANG, Y. | 2007 | Proceedings of 1st Conference International Computer Software and Applications, pp. 301-308. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 29 | "An Empirical Study on Establishing Quantitative Management Model for Testing Process" | WANG, Q. GOU, L. JIANG, N. CHE, M. ZHANG, R. YANG, Y. LI, M. | 2007 | Lectures Notes in Computer Science, Volume 4470, pp. 233-245. | OK | E3:CS[3] | x | | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|--|---|------------|--|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 30 | "Using Control Theory to Improve Productivity of Service Systems" | DIAO, Y | 2007 | Proceedings of IEEE International Conference on Services Computing, pp. 435-442. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 31 | "Modeling and Control of Time-Pressure Dispensing for Semiconductor Manufacturing" | CHEN, C. P. LI, H. X. DING, H. | 2007 | International Journal of Automation and Computing, Volume 4, nº 4, pp. 422-427. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 32 | "Managing Software Process Measurement: A Metamodel-Based Approach" | GARCIA, F. SERRANO, M. CRUZ-LEMON, J. RUIZ, F. PIATTINI, M. | 2007 | Information Sciences, Volume 177, nº 12, pp. 2570-2586. | OK | OK | | x | | |
| 33 | "Software Defect Process and Product Model for High Assurance Applications" | SCHNEIDEWIND, N. | 2007 | Journal of Aerospace Computing, Volume 4, nº 4, pp. 739-750. | OK | OK | | x | | |
| 34 | "Defect Prevention in Software Process: An Action-Based Approach" | CHANG, C.P. CHU, C. P. | 2007 | Journal of Systems and Software, Volume 80, nº 4, pp. 559-570, 2007. | OK | OK | | x | | x |
| 35 | "Imprecise Reliability: An Introductory Overview" | UTKIN, L. V. COOLEN, F. P. A. | 2007 | Studies in Computational Intelligence, Volume 40, pp. 261-306. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 36 | "BSR: A Statistic-Based Approach for Establishing and Refining Software Process Baseline" | WANG, Q. JIANG, N. GOU, L. LIU, X. LI, M. WANG, Y. | 2006 | Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering - ICSE'06, pp. 585-594. | OK | OK | | x | | |
| 37 | "A Review on Machinery Diagnostics and Prognostics Implementing Condition-Based Maintenance" | JARDINE, A. K. S. LIN, D. BANJEVIC, D. | 2006 | Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 20, nº 7, pp. 1483-1510. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|--|---|------------|---|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| 38 | "Practical Experiences of Cost/Schedule Measure Through Earned Value Management and Statistical Process Control" | WANG, Q. JIANG, N. GOU, L. CHE, M. ZHANG, R. | 2006 | Lecture Notes in Computer Science, Volume 3966, pp. 348-354. | OK | OK | | x | | |
| 39 | "Software Process Management: Practices in China" | WANG, Q. LI, M. | 2006 | Lecture Notes in Computer Science, Volume 3840, pp. 317-331. | OK | OK | | x | | |
| 40 | "Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions" | SARGUT, K. U. DEMIRORS, O. | 2006 | Software Quality Journal, Volume 14, nº 2, pp. 135-157. | OK | OK | | x | | |
| 41 | "Applying a Framework for the Improvement of Software Process Maturity" | CANFORA, G. GARCIA, F. PIATTINI, M. RUIZ, F. VISAGGIO, C.A. | 2006 | Software Practice and Experience, Volume 36, nº 3, pp. 283-304. | OK | OK | | x | | |
| 42 | "A Decision Model for Managing Software Development Projects" | NGUYEN, T. N. | 2006 | Information and Management, Volume 43, nº 1, pp. 63-75. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 43 | "Process-Data-Warehousing-Based Operator Support System for Complex Production Technologies" | PACH, F. P. FEII, B. NEMETH, S. ARVA, P. ABONYI, J. | 2006 | IEEE Transactions Systems, Man and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, Volume 36, nº 1, pp.136-153. | OK | E3:CS[3] | | x | | |
| 44 | "Defect Analysis: Basic Techniques for Management and Learning" | CARD, C. N. | 2005 | Advances in Computers, Volume 65, pp. 259-295. | OK | OK | | x | | |
| 45 | "Oligonucleotide Arrays: Information From Replication and Spatial Structure" | UPTON, G. J. G. LLOYD, J. C. | 2005 | Bioinformatics, Volume 21, nº 22, pp. 4162-4168. | E2: CS[2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|---|------------|---|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| 46 | "A Family of Experiments to Validate Metrics for Software Process Models" | CANFORA, G. GARCIA, F. PIATTINI, M. RUIZ, F. VISAGGIO, C.A. | 2005 | Journal of Systems and Software, Volume 77, nº 2, pp.113-129. | OK | E3:CS[3] | | x | | x |
| 47 | "Expert System Methodologies and Applications - A Decade Review from 1995 to 2004" | LIAO, S. H. | 2004 | Expert Systems with Applications, Volume 28, nº 1, pp. 93-103. | E2: CS[1,2] | x | | | | |
| 48 | "An Experimental Replica to Validate a Set of Metrics for Software Process Models" | GARCIA, F. RUIZ, F PIATTINI, M. | 2004 | Lectures Notes in Computer Science, Volume 3281, pp. 79-90. | OK | E3:CS[3] | | x | | |
| 49 | "Managing Software Process Improvement (SPI) Through Statistical Process Control (SPC)" | BALDASSARE, M. BOFFOLI, N. T. CAIVANO, D. VISAGGIO, G. | 2004 | Lectures Notes in Computer Science, Volume 3009, pp. 30-46. | OK | OK | | x | | |
| 50 | "Model-Based Project Process Analysis Using Project Tracking Data" | YOON, K. A. MIN, S. F. BAE, D. H. | 2004 | Lectures Notes in Computer Science, Volume 3026, pp. 148-167. | OK | OK | | x | | |
| 51 | "EWMA Forecast of Normal System Activity for Computer Intrusion Detection" | YE, N. CHEN, Q. BORROR, C. M. | 2004 | IEEE Transactions on Reliability, Volume 53, nº 4, pp. 557-566. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 52 | "Redundant Sensor Calibration Monitoring Using Independent Component Analysis and Principal Component Analysis" | DING, J. GRIBOK, A. V. HINES, J. W. RASMUSSEN, B. | 2004 | Real-Time Systems, Volume 27, nº 1, pp. 27-47. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 53 | "Feedback Control Applied to Survivability: A Host-Based Autonomic Defense System" | KREIDL, O. P. FRAZIER, T. M. | 2004 | IEEE Transactions Reliability, Volume 53, nº 1, pp. 148-166. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 54 | "Statistical Techniques for Software Engineering Practice" | CARD, D. N. | 2004 | Proceedings of 26th International Conference on Software Engineering, pp. 722-723. | OK | E3:CS[3] | | x | | |
| 55 | "Modelling Manufacturing Process for Quality Feedback in the Environment of Concurrent Engineering" | CHEN, Q. X. MAO, N. | 2004 | International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Volume 17, nº 1, pp. 29-44. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|---|------------|--|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 56 | "Integrated Measurement for the Evaluation and Improvement of Software Processes" | GARCIA, F. RUIZ, F. CRUZ, J. A. PIATTINI, M. | 2003 | Lectures Notes in Computer Science, Volume 2786, pp. 94-111. | OK | OK | | x | | |
| 57 | "Decision Support for Software Projects: The Role of SPC and Simulation Metamodeling" | EL-GAYAR, O. F. | 2003 | Proceedings of Annual Meeting Sciences Institute, pp. 943-948. | OK | E3:CS[3] | | x | | |
| 58 | "Measurement of Software Requirement Based on SPC" | WANG, Q. LI, M. S. | 2003 | Jisuanji Xuebao/ Chinese Journal of Computers, Volume 26, nº 10, pp. 1312-1317. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 59 | "Supporting Software Process Decisions Using Bidirectional Simulation" | RAFFO, D. M. SETAMANIT, S. O. | 2003 | International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, Volume 13, nº 5, pp. 513-530. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 60 | "A Quantitative and Qualitative Analyses of Factors Affecting Software Processes" | RAINER, A. HALL, T. | 2003 | Journal of Systems and Software, Volume 66, nº 1, pp. 7-21. | E2: CS[1,2] | x | | x | | x |
| 61 | "Computer Instruction Detection Through EWMA for Autocorrelated and Uncorrelated Data" | YE, N. VILBERT, S. CHEN, Q. | 2003 | IEEE Transactions on Reliability, Volume 52, nº 1, pp. 75-82. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 62 | "Assessing the Maintenance Processes of a Software Organization: An Empirical Analysis of a Large Industrial Project" | DE LUCIA, A. PONPELLA, E. STEFANUCCI, S. | 2003 | Journal of System and Software, Volume 65, nº 2, pp. 87-103. | OK | OK | | x | | x |
| 63 | "Optimum Control Limits for Employing Statistical Process Control in Software Process" | JALOTE, P. SAXENA, A. | 2002 | IEEE Transactions on Software Engineering, Volume 28, nº 8, pp. 782-796. | OK | E3:CS[3] | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|--|------------|--|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 64 | "A Formal Model of the Software Test Process" | CANGUSSU, J. W. DECARLO, R. A. MATHUR, A. P. | 2002 | IEEE Transactions on Software Engineering, Volume 28, nº 12, pp. 1126-1134. | OK | E3:CS[3] | | x | | |
| 65 | "The Role of Independent Verification and Validation in Maintaining a Safety Critical Evolutionary Software in a Complex Environment: The NASA Space Shuttle Program" | ZELKOWITZ, M. V. RUS, I. | 2001 | Conference on Software Maintenance, pp. 118-126. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 66 | "A State Model for the Software Test Process With Automated Parameter Identification" | CANGUSSU, J. W. DECARLO, R. A. MATHUR, A. P. | 2001 | Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 706-711. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 67 | "Making Decisions: Using Bayesian Nets and MCDA" | FENTON, N. NEIL, M. | 2001 | Knowledge-Based Systems, Volume 14, nº 7, pp. 307-325. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 68 | "Knowledge Discovery From Process Operational Data Using PCA and Fuzzy Clustering" | SEBZALLI, Y. M., WANG, X. Z. | 2001 | Engineering Applications of Artificial Intelligence, Volume 14, nº 5, pp. 607-616. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 69 | "Quality Technique Transfer: Manufacturing and Software" | KING, G. A. | 2000 | Annals of Software Engineering, Volume 10, nº 1-4, pp. 359-372. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 70 | "Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process" | FLORAC, W. A. CARLETON, A. D. BARNARD, J. R. | 2000 | IEEE Software, Volume 17, nº 4, pp. 97-106. | OK | OK | | x | | |
| 71 | "The Impact of Feedback in the Global Software Process" | LEHMAN, M. M. RAMIL, J. F. | 1999 | Journal of Systems and Software, Volume 46, nº 2, pp. 123-134. | E2: CS[1,2] | x | | x | | x |
| 72 | "HMSS: A Management Support System for Concurrent Hospital Decision Making" | FORGIONNE, G. A. KOHLI, R. | 1996 | Decision Support Systems, Volume 16, nº 3, pp. 209-229. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|--|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 73 | "Quality Function Deployment Usage in Software Development" | HAAG, S. RAJA, M. K. SCHKADE, L. L. | 1996 | Communications of the ACM, Volume 39, nº 1, pp. 41-49. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 74 | "Assessment of Feeder Voltage Regulation Using Statistical Process Control Methods" | MAGO, N. V. SANTOSO, S. McGRANAHAN, M. F. | 2008 | IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 23, nº 1, pp. 380-388. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 75 | "A Statistical Monitoring Approach for Automotive On-Board Diagnostic Systems" | BARONE, S. D'AMBROSIO, P. ERTO, P. | 2007 | Quality and Reliability Engineering International, Volume 23, nº 5, pp. 565-575. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 76 | "Financial Accounting of Quality Circles in an Indian Chemical Manufacturing Company and Performance Analysis Using Executive Support System" | KUMAR, R. S. P. SUDHAHAR, C. | 2007 | International Journal of Industrial Chemical and Systems Engineering, Volume 2, nº 2, pp. 230-29. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 77 | "On Optimum Module Size for Software Inspections" | JALOTE, P. MITTAL, A. K. PRAJAPAT, R. G. | 2007 | International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Volume 14, nº 3, pp. 283-295. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 78 | "Bipolarity in Reactions to Operational 'Constraints': OM Bugs Under an OB Leans" | BENDOLY, E. HUR, D. | 2007 | Journal of Operations Managements, Volume 25, nº 1, pp. 1-13. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 79 | "Six Sigma in Software Industries: Some Case Studies and Observations" | MAHANTI, R. ANTONY, R. | 2006 | International Journal of Six Sigma Competitive Advantage, Volume 2, nº 3, pp. 263-290. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 80 | "A Review of Yield Modelling Techniques for Semiconductor Manufacturing" | KUMAR, N KENNEDY, K., GILDERSLEEVE, K. ABELSON, R. MASTRANGELO, C. MONTGOMERY, D. | 2006 | International Journal of Production Research, Volume 44, nº 23, pp. 5019-5036. | E2: CS[2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|---|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 81 | "An Integrated Virtual Instrumentation System Using Statistical Process Control and Image Processing" | CHEN, P. I. HUANG, C. W. CHEN, T. S. | 2006 | Proceedings of 8th International Conference Advanced Communication and Technology, pp. 628-631. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 82 | "A New Method for Fiting Car Doors Allowing for the Thermal Effects of Welding" | ZHU, W. WANG, H. LAI, X. LIN, Z. CHEN, Y. | 2006 | Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, Volume 220, nº 7, pp. 891-900. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 83 | "Multiple Response Optimization Using Taguchi Methodology and Neuro-Fuzzy Based Model" | ANTONY, J. ANAND, R. B. KUMAR, M. TIWARI, M. K. | 2006 | Journal of Manufacturing Technology Management, Volume 17, nº 7, pp. 908-925. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 84 | "Empirical Research Published in Production and Operations Management (1992-2005): Trends and Future Research Directions" | GUPTA, S. VERMA, R. VICTORINO, L. | 2006 | Production and Operations Management, Volume 15, nº 3, pp. 432-448. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 85 | "Six Sigma: Literature Review and Key Future Research Areas" | NONTHALEERAK, P. HENDRY, L. C. | 2006 | International Journal of Six Sigma Competitive Advantage, Volume 2, nº 2, pp. 105-161. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 86 | "Transforming the Exponential by Minimizing the Sum of the Avbsolute Differences" | KAO, S. C. HO, C. C. HO, C. Y. | 2006 | Journal of Applied Statistics, Volume 33, nº 7, pp. 691-702. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 87 | "Values and Practices of Quality Management: Health Implications and Organisational Differences" | LAGROSEN, Y. | 2006 | Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Hogskola, Volume 2448, pp. 1-98. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 88 | "IT Use in Supporting TQM Initiatives: An Empirical Investigation" | SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, C. DEWHRUST, F. W. MARTINEZ-LORENTE, A. R. | 2006 | International Journal of Operations and Production Management, Volume 26, nº 5, pp. 486-504. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 89 | "TISIT: A Model for Integrating TQM with Software and Information Technologies" | GUNASEKARAN, N ARUNACHALAM, V. DEVADASAN, S. R. | 2006 | TQM Magazine, Volume 18, nº 2, pp. 118-130. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|--|---|------------|--|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 90 | "Measuring and Improving Software Process in China" | WANG, Q. LI, M. | 2005 | International Symposium on Empirical Software Engineering - ISESE'06 - pp. 183-192. | OK | OK | | x | | |
| 91 | "Information and Communication Technology Supports Total Quality Management" | LOBO, S. R. RAMANATHAN, K. | 2005 | Portland International Conference in Management of Engineering and Technology, pp. 310-320. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 92 | "A Multivariate Exponentially Weighted Moving Average Control Chart for Photovoltaic Process" | COLEMAN, J. L. NICKERSON, J. | 2005 | Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists, pp. 1281-1284. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 93 | "Review of Supply Chain Management and Logistics Research" | SACHAN, A. DATTA, S. | 2005 | International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Volume 35, nº 9, pp. 664-705. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 94 | "A Fault Detection and Diagnosis Strategy of VAV Air-Conditioning Systems for Improved Energy and Control Performances" | QIN, J. WANG, S. | 2005 | Energy and Buildings, Volume 37, nº 10, pp. 1035-1048. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 95 | "Tracking the Complexity of Interactions Between Risk Incidents and Engineering Systems" | LAMBERT, J. H. SCHULTE, B. L. SARDA, P. | 2005 | Systems Engineering, Volume 8, nº 3, pp. 262-277. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 96 | "Overcoming Problems Associates With the Statistical Reporting and Analysis of Ultratrace Data" | BZIK, T. J. | 2005 | Micro, Volume 23, nº 5, pp. 95-103. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 97 | "A Study of Multivariated (X, S) Control Chart Based on Kullback-Leibler Information" | TAKEMOTO, Y. ARIZONO, I. | 2005 | International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 25, nº 11-12, pp. 1205-1210. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 98 | "Prognostic and Diagnostic Monitoring of Complex Systems for Product Lifecycle Management: Challenges and Opportunities" | VENKATASUBRAMANIAN, V. | 2005 | Computers and Chemical Engineering, Volume 29, nº 6, pp. 1253-1263. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 99 | "Learning by Doing: A Series of Hands-on Projects for SPC" | HART, M. | 2005 | Quality Engineering, Volume 17, nº 1, pp. 127-137. | OK | OK | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|--|---|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 100 | "Investigation of Extraction Transformation and Loading Techniques for Traffic Data Warehouses" | SMITH, B. L. BABICEANU, S. | 2004 | Transportation Research Record, Volume 1879, pp. 9-16. | OK | Texto indisponível | x | | | |
| 101 | "Characterization of Network-Wide Anomalies in Traffic Flows" | LAKHINA, A. CROVELLA, M. DIOT, C. | 2004 | Proceedings of the 2004 ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference, pp. 201-206. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 102 | "What Top Management Thinks About the Benefits of Hard and Soft Manufacturing Technologies" | SWAMIDASS, P. M. NAIR A. | 2004 | IEEE Transactions on Engineering Management, Volume 51, nº 4, pp. 462-471. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 103 | "A Conceptual Framework for Total Quality Management in Software Organizations" | ISSAC, G. RAJENDRAN, C. ANANTHARAMAN, R. N. | 2004 | Total Quality Management Business Excellence, Volume 15, nº 3, pp. 307-344. | OK | OK | x | | | |
| 104 | "Quality Control in a Semi-Continuous Polymer Production Process" | ASHAYERI, A. DEGRVE, J. | 2004 | Quality Engineering, Volume 16, nº 31, pp. 347-357. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 105 | "A Mission Synthesis Algorithm for Fatigue Damage Analysis" | ABDULLAH, S. GIACOMIM, J. A. YATES, J. R. | 2004 | Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, Volume 218, nº 3, pp. 243-258. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 106 | "Response Surface Methodology: A Retrospective and Literature Survey" | MYERS, R. H. MONTGOMERY, D. C. GEOFFREY, V. G., BORROR, C. M. KOWALSKI, S. M. | 2004 | Journal of Quality Technology, Volume 36, nº 1, pp. 53-78. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 107 | "Statistical Analysis of Computational Fluid Dynamics Solutions from the Drag Prediction Workshop" | HEMSCH, M. J. | 2004 | Journal of Aircraft, Volume 41, nº 1, pp. 95-103. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |
| 108 | "Statistical Analysis of CFD from 2nd Drag Prediction Workshop" | HEMSCH, M. J. MORRISON, J. H. | 2004 | AIAA Paper, pp. 4951-4981. | E2: CS[1,2] | x | x | | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|--|--|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 109 | "An Automated Low-Cost Condition Monitoring System for Quality Control of automotive Speedometers" | AL-HABAIBEH, A. PARKIN, R. M. | 2003 | Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, Volume 217, nº 12, pp. 1763-1770. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 110 | "Methodology for Feedback Variable Selection for Control of Semiconductor Manufacturing Process - Part 2: Application to Reactive Ion Etching" | PATTERSON, O. D. DONG, X. KHARGONEKAR, P.; P. NAIR, V. N GRIMARD, D. S. | 2003 | IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Volume 16, nº 4, pp. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 111 | "Study on Software Measurement Process" | REN, F. ZHOU, B. WU, C. | 2003 | Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Volume 29, nº 10, pp. 931-934. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 112 | "Sequential Variety in Work Process" | PENTLAND, B. T. | 2003 | Organization Science, Volume 14, nº 5, pp. 528-540. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 113 | "Conceptualizing and Measurement Variety in the Execution of Organizational Work Process" | PENTLAND, B. T. | 2003 | Management Science, volume 49, nº 7, pp. 857-870. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 114 | "Confidence Intervals in Repeatability and Reproducibility Using the Bootstrap Method" | WANG, F. K. LI, E. K. | 2003 | Total Quality Management Business Excellence, Volume 14, nº 3, pp. 341-354. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 115 | "Environmentally Responsible Manufacturing: The Development and Validation of Measurement Model" | CURKOVIC, S. | 2003 | European Journal of Operational Research, Volume 146, nº 1, pp. 130-155. | OK | E3:CS[3] | | x | | |
| 116 | "The State-of-the-Art of Damage Detection by Vibration Monitoring: The SIMCES Experience" | DOE ROECK, G. | 2003 | Journal of Structural Control, Volume 10, nº 2, pp. 127-134. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 117 | "Assembly Root Cause Analysis: A Way to Reduce Dimensional Variation in Assembled Products" | CARLSON, J. S. SODERBERG, R. | 2003 | International Journal of Flexible Manufacturing Systems, Volume 15, nº 2, pp. 113,150. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 118 | "Update NIST Photomask Linewidth Standard" | POTZICK, J. PEDULLA, J. M. STOCKER, M. | 2003 | Proceedings of I SPIE - The International Society for Optical Engineering, Volume 5038, pp. 338-349. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 119 | "An Automated Low-Cost Infrared System for Online Monitoring of Manufacturing Process Using Novelty Detection" | AL-HABAIBEH, A. PARKIN, R. M. | 2003 | International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 22, nº 3-4, pp. 249-258. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|--|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 120 | "Attributional Bias as a Source of Conflit Between Users and Analysts in an information Systems Development Context - Hypotheses Development" | SNEAD JR., K. C. NDEDE-AMADI, A.A. | 2002 | Systemic Practice and Action Research, Volume 15, nº 5, pp. 353-365. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 121 | "Estimating Quality Costs in na Automotive Stamping Plant Through the use of Simulation" | DE RUYTER, A. S. CARDEW-HALL, M. J. HODGSON, P. D. | 2002 | International Journal of Production Research, Volume 40, nº 15, pp. 3835-3848. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 122 | "Heat Transfer - A Review of 2000 Literature" | GOLDSTEIN, R. J. ECKERT, E. R. G. IBELLE, W. E. PATAMKAR, S. V. KUEHN, T. H. STRYKOWSKI, P. J. GARRICK, S. | 2002 | International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 45, nº 14, pp. 2853-2957. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 123 | "A Portrait of a CMMI - SM Level 4 Effort" | HOLLENBACH, C. SMITH, D. | 2002 | Systems Engineering, Volume 5, nº 1, pp. 52-61. | OK | Texto indisponível | | x | | |
| 124 | "Process Capability Indices - A Review, 1992-2000" | KOTZ, S. JOHNSON, N. L. | 2002 | Journal of Quality Technology, Volume 34, nº1, pp. 2-19. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 125 | "Convex Methods in Actuator Placement" | CHMIELEWSKI, D. J. PENG, J. K. MANTHONWARE, A. M. | 2002 | Proceedings of the 6th American Control Conference, pp. 4309-4314. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 126 | "Implementing Can Seaming Supervisory Control Using Machine Vision" | MARINO, P. SIGUENZA, C. A. PASTORIZA, V. SANTAMARIA, M. MARTINEZ, E. | 2001 | IEEE Symposium on Emerging Technologies and Factory Automation, pp. 563-570. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 127 | "Matching Patterns from Historical Data Using PCA and Distance Similarity Factors" | SINGHAL, A. SEBORG, D. E. | 2001 | Proceedings of the American Control Conference, pp. 1759-1764. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 128 | "Fuzzy and Robust Neural Networks and Information System Process Control" | SUH, M. BOOTH, D. E. GRZNAR, J. PRASAD, S. HAMBURG, J. | 2000 | Industrial Mathematics, Volume 50, nº 1, pp. 5-31. | E2: CS[2] | x | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|--|--|------------|---|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|
| 129 | "Impact of Design Management and Process Management on Quality: An Empirical Investigation" | AHIRE, S. L. DREYFUS, P. | 2000 | Journal of Operations Managements, Volume 18, nº 5, pp. 549-575. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 130 | "Perspectives and Challenges for Research in Quality and Reliability Engineering" | ELSAYED, E. A. | 2000 | International Journal of Production Research, Volume 38, nº 9, pp. 1853-1976. | OK | OK | | x | | |
| 131 | "Balancing Concurrent Engineering Environmental Factors for Improved Product Development Performance" | HONG, S. K. SCHNEIDERJANS, M. J. | 2000 | International Journal of Production Research, Volume 38, nº 8, pp. 1779-1800. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 132 | "Systematic Estimation State Noise Statistics for Extended Kalman Filters" | VALAPPIL, J. GEORGAKIS, C. | 2000 | AIChE Journal, Volume 46, nº 2, pp. 292-308. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 133 | "Assessing the Evidence from use of SPC in Monitoring, Predicting & Improving Software Quality" | LEWIS, N. D. C. | 1999 | Computers and Industrial Engineering, Volume 37, nº 1, pp. 157-160. | OK | OK | | x | | |
| 134 | "Feedforward Recipe Selection Control Design Software" | RUEGSEGGER, S. WAGNER, A. FREUDENBERG, J. GRIMARD, D. | 1998 | Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, pp. 69-80. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 135 | "A Software System Framework for Planning and Operation of Quality Control in Discret Part Manufacturing" | VOSNIAKOS, G. WANG, J. | 1997 | Computer Integrated Manufacturing Systems, Volume 10, nº 1, pp. 9-25. | OK | E3:CS[3] | | x | | |
| 136 | "Methods for Background Correction in Open Path Fourier Transform Infrared Spectroscopy - The Shifting Method as a New Tool" | GIESE-BOGDAN, S. LEVINE, S. P. MOLT, K. | 1997 | Proceedings of SPIE - The International Society for optical Engineering, pp. 199-209. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 137 | "Integrated Real-Time and Run-to-Run Control of Etch Depth in Reactive Ion Etching" | HANKINSON, M. VINCENT, T. IRANI, K. B. KHARGONEKAR, P. P. | 1997 | IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, Volume 10, nº 1, pp. 121-130, | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 138 | "Simulation for TQM - The Unused Tool?" | AGHAIE, A. POPPLEWELL, K. | 1997 | TQM Magazine, Volume 9, nº 2, pp. 111-116. | OK | E3:CS[3] | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|--|--|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 139 | "Statistical Issues in Geometric Feature Inspection Using Measuring Machines" | DOWNLING, M. M. GRIFFIN, P. M. TSUI, K. L. ZHOU, C. | 1997 | Technometrics, Volume 39, nº 1, pp. 3-17. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 140 | "Fourteen Japanese Quality Tools in Software Process Improvement" | HE, Z. STAPLES, G. ROSS, M. COURT, I. | 1996 | TQM Magazine, Volume 8, nº 4, pp. 40-44. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 141 | "Machine/Process Parameter Monitoring Using Sample Function Analysis" | SALENIEKS, N. AIZPURIETS, A. BALCERS, E. | 1996 | Quality Engineering, Volume 8, nº 4, pp. 553-563. | E2: CS[1,2] | x | | x | | |
| 142 | "In-Process Destructive Material Testing" | SCHULZE, C. | 1990 | TM. Technisches Messen, Volume 57, nº 3, pp. 124-127. | E2: CS[2] | x | | x | | |
| 143 | "Software Measurement Methods: Recipes for Success?" | ROCHE, J. JACKSON, M. | 1994 | Information and Software Technology, Volume 43, nº 10, pp. 617-628. | OK | Texto indisponível | | | | x |
| 144 | "Measurement Program Success Factors Revisited" | NIESSINK, F. VILLET, H. V. | 2001 | Information and Software Technology, Volume 36, nº 3, pp. 173-189. | OK | OK | | | | x |
| 145 | "Results from Introducing Component-Level Test Automation and test-Driven Development" | DAMM, L. LUNDBERG, L. | 2006 | Journal of Systems and Software, Volume 79, nº 7, pp. 1001-1014. | E2: CS[2] | x | | | | x |
| 146 | "Design of a Product-Focused Customer-Oriented Process" | ELLIOT, J. J. | 2000 | Information and Software Technology, Volume 44, nº 8, pp. 491-506. | E2: CS[1,2] | x | | | | x |
| 147 | "Research in Software Engineering: An Analysis the Literature" | GLASS, R. L. VESSEY, I. RAMESH, V. | 2002 | Information and Software Technology, Volume 42, nº 14, pp. 973-981. | E2: CS[2] | x | | | | x |
| 148 | "Establishing Software Development Process Control: Technical Objectives, Operational Requirements and the Foundation Framework" | ARTHUR, J. D. NANCE, R. E. BALCI, O. | 1993 | Journal of Systems and Software, Volume 22, nº 2, pp. 117-128. | OK | Texto indisponível | | | | x |
| 149 | "Software Project Management Using PROMPT: A Hibrid Metrics, Modeling and Utility Framework" | RAFFO, D. M. | 2005 | Information and Software Technology, Volume 47, nº 15, pp. 1009-1017. | OK | E3:CS[3] | | | | x |
| 150 | "A Control-Theorrtic Approach to the Management of the Software System Test Phase" | MILLER, S. D. DECARLO, R. MATHUR, A. P. CANGUSSU, J. W. | 2006 | Journal of Systems and Software, Volume 79, nº 11, pp. 1486-1503. | OK | E3:CS[3] | | | | x |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|--|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 151 | "Data Quality" | HUH, Y. U. KELLER, F. R. REDMAN, T. C. WATKINGS, A. R. | 1990 | Information and Software Technology, Volume 47, nº 1, pp. 3-15. | OK | Texto indisponível | | | | x |
| 152 | "Assessing Effort Estimation Models for Corrective maintenance Through Empirical Studies" | DE LUCIA, A. PONPELLA, E. STEFANUCCI, S. | 2005 | Information and Software Technology, Volume 32, nº 8, pp. 559-565. | OK | OK | | | | x |
| 153 | "Object-Oriented Software Design Utilizing Quality Function Deployment" | ELBOUSHI, M. I. SHERIF, J. S. | 1997 | Journal of Systems and Software, Volume 38, nº 2, pp. 133-143. | E2: CS[1,2] | x | | | | x |
| 154 | "Software faults, Software Failures and Software Reliability Modeling" | MUNSON, J. C. | 1996 | Information and Software Technology, Volume 38, nº 11, pp. 687-699. | OK | OK | | | | x |
| 155 | "Software Process Simulation to Achieve Higher CMM Levels" | RAFFO, D. M. VANVDERVILLE, J. V. MARTIN, R. H. | 1999 | Journal of Systems and Software, Volume 46, nº 2-3, pp. 163-172. | OK | E3:CS[3] | | | | x |
| 156 | "Quantitative Process Management in Software Engineering, a Reconciliation Between Process and Product Views" | LANPHAR, R. | 1990 | Journal of Systems and Software, Volume 12, nº 3, pp. 243-248. | OK | Texto indisponível | | | | x |
| 157 | "Defect Evolution in a Product Line Environment" | ZELKOWITZ, M. V. RUS, I. | 2007 | Journal of Systems and Software, Volume 70, nº 1-2, pp. 143-154. | E2: CS[2] | x | | | | x |
| 158 | "FMESP: Framework for the Modeling and Evaluation of Software Process" | GARCIA, F. PIATTINI, M. RUIZ, F. CANFORA, G. VISAGGIO, C. A. | 2006 | Journal of Systems Architecture, Volume 52, nº 11, pp. 627-639. | OK | OK | | | | x |
| 159 | "Towards Software Process Patterns: Na Empirical Analysis of the Behavior of Student Times" | GERMAIN, E. ROBILLARD, P. N. | 2007 | Information and Software Technology. | E2: CS[2] | x | | | | x |
| 160 | "Software Quality Engineering" | CARD, D. N. | 1990 | Information and Software Technology, Volume 32, nº 1, pp. 3-10. | E2: CS[2] | x | | | | x |
| 161 | "Editor's Corner The Best and Worst of Software in the 1980s" | GLASS, R. L. | 1992 | Journal of Systems and Software, Volume 17, nº 2, pp. 109-110. | E2: CS[1,2] | x | | | | x |
| 162 | "Applications of Statistics in Software Engineering" | EL EMAM, K. CARLETON, A. D. | 2004 | Journal of Systems and Software, Volume 73, nº 2, pp. 181-182. | E2: CS[2] | x | | | | x |

b) Obtenção das Listas de Achados

As Tabelas A1.14 e A1.15 apresentam as listas iniciais de achados dos dados coletados das publicações selecionadas pelo segundo filtro do protocolo de pesquisa.

Tabela A1.14 – Lista inicial de achados de problemas relacionados ao processo de medição ou às medidas que impactam na implementação do controle estatístico de processos.

| Id | Problema |
|-----------|---|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. |
| P2 | Base de medidas mal estruturada. |
| P3 | Coleta de uma mesma medida em momentos diferentes da execução dos processos nos projetos. |
| P4 | Dados agregados. |
| P5 | Dados ambíguos. |
| P6 | Dados armazenados em diversas fontes não integradas. |
| P7 | Dados de uma mesma medida coletados com granularidades diferentes. |
| P8 | Dados perdidos. |
| P9 | Definição operacional deficiente das medidas. |
| P10 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. |
| P11 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. |
| P12 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. |
| P13 | Medidas associadas a processos muito longos (mesmo com a granularidade correta, a frequência de coleta é baixa). |
| P14 | Medidas de alta granularidade. |
| P15 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. |
| P16 | Medidas não alinhadas aos objetivos de negócio da organização. |
| P17 | Medidas normalizadas incorretamente. |
| P18 | Utilização de medidas de controle tradicional de projetos, ao invés de medidas de análise de desempenho e melhoria dos processos. |

Tabela A1.15 – Lista inicial de achados de características relacionadas ao processo de medição ou às medidas que contribuem na implementação do controle estatístico de processos.

| Id | Característica |
|-----------|---|
| C1 | Armazenamento das informações de contexto das medidas. |
| C2 | Associação de medidas de processo com medidas de produto. |
| C3 | Centralização dos dados coletados. |
| C4 | Coleta automática das medidas. |
| C5 | Coleta consistente das medidas. |
| C6 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos da organização. |
| C7 | Definição e coleta das medidas relacionadas a cada medida definida. |
| C8 | Definição e coleta de medidas de produto e processo. |
| C9 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. |
| C10 | Definição e coleta, desde o início das atividades de medição, de medidas relacionadas ao desempenho dos processos. |
| C11 | Definição operacional clara das medidas. |
| C12 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes. |
| C13 | Existência de pelo menos 20 valores para cada medida a ser utilizada no controle estatístico de processos. |
| C14 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. |
| C15 | Medidas alinhadas aos objetivos dos projetos e da organização. |
| C16 | Medidas associadas a atividades que produzam itens tangíveis. |
| C17 | Medidas associadas aos processos críticos. |
| C18 | Medidas coletadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento. |
| C19 | Medidas coletadas para um fim específico, conhecido pelos envolvidos. |
| C20 | Medidas de baixa granularidade. |
| C21 | Medidas de controle e melhoria de processo. |
| C22 | Medidas normalizadas corretamente. |
| C23 | Medidas passíveis de normalização, para possibilitar comparações. |
| C24 | Medidas relacionadas às características de qualidade dos produtos. |
| C25 | Registro preciso dos dados coletados para as medidas. |
| C26 | Identificação de conjuntos de dados homogêneos. |
| C27 | Volume satisfatório de dados coletados para as medidas. |

Analizando-se as listas iniciais de achados e seguindo o 3º passo do item F) descrito no protocolo de pesquisa, foram encontradas as seguintes equivalências: P9 = C11; P10 = C27; P11 = C1, P14 = C20; P15 = C7; P16 = C15 e P17 = C22.

A Tabelas A1.16 e A1.17 apresentam as listas de achados com as equivalências unificadas e sua análise quantitativa.

Tabela A1.16 – Lista de achados de problemas com análise quantitativa.

| Id | Problema | Nº de Publicações | % |
|-----------|---|--------------------------|----------|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. | 2 | 6,45 |
| P2 | Base de medidas mal estruturada. | 1 | 3,23 |
| P3 | Coleta de uma mesma medida em momentos diferentes da execução dos processos nos projetos. | 1 | 3,23 |
| P4 | Dados agregados. | 3 | 9,68 |
| P5 | Dados ambíguos. | 2 | 6,45 |
| P6 | Dados armazenados em diversas fontes não integradas. | 2 | 6,45 |
| P7 | Dados de uma mesma medida coletados com granularidades diferentes. | 1 | 3,23 |
| P8 | Dados perdidos. | 6 | 19,35 |
| P9 | Definição operacional deficiente das medidas. | 9 | 29,03 |
| P10 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. | 6 | 19,35 |
| P11 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. | 9 | 29,03 |
| P12 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. | 4 | 12,90 |
| P13 | Medidas associadas a processos muito longos (mesmo com a granularidade correta, a frequência de coleta é baixa). | 1 | 3,23 |
| P14 | Medidas de alta granularidade. | 6 | 19,35 |
| P15 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. | 7 | 22,58 |
| P16 | Medidas não alinhadas aos objetivos dos projetos e da organização. | 4 | 12,90 |
| P17 | Medidas normalizadas incorretamente. | 3 | 9,68 |
| P18 | Utilização de medidas de controle tradicional de projetos, ao invés de medidas de análise de desempenho e melhoria dos processos. | 1 | 3,23 |

Tabela A1.17 – Lista de achados de características com análise quantitativa.

| Id | Característica | Nº de Publicações | % |
|-----------|---|--------------------------|----------|
| C1 | Associação de medidas de processo com medidas de produto. | 1 | 3,23 |
| C2 | Centralização dos dados coletados. | 3 | 9,68 |
| C3 | Coleta automática das medidas. | 1 | 3,23 |
| C4 | Coleta consistente das medidas. | 14 | 45,16 |
| C5 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos da organização. | 5 | 16,13 |
| C6 | Definição e coleta de medidas de produto e processo. | 2 | 6,45 |
| C7 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. | 1 | 3,23 |
| C8 | Definição e coleta, desde o início das atividades de medição, de medidas relacionadas ao desempenho dos processos. | 3 | 9,68 |
| C9 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes. | 2 | 6,45 |
| C10 | Existência de pelo menos 20 valores para cada medida a ser utilizada no controle estatístico de processos. | 1 | 3,23 |
| C11 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. | 4 | 12,90 |
| C12 | Medidas associadas a atividades que produzam itens tangíveis. | 1 | 3,23 |
| C13 | Medidas associadas aos processos críticos. | 1 | 3,23 |
| C14 | Medidas coletadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento. | 2 | 6,45 |
| C15 | Medidas coletadas para um fim específico, conhecido pelos envolvidos. | 1 | 3,23 |
| C16 | Medidas de controle e melhoria de processo. | 1 | 3,23 |
| C17 | Medidas passíveis de normalização, para possibilitar comparações. | 1 | 3,23 |
| C18 | Medidas relacionadas às características de qualidade dos produtos. | 1 | 3,23 |
| C19 | Registro preciso dos dados coletados para as medidas. | 1 | 3,23 |
| C20 | Identificação de conjuntos de dados homogêneos. | 1 | 3,23 |

A1. 6 Atualização da Pesquisa

A pesquisa aqui descrita foi realizada em Dezembro de 2007 e Janeiro de 2008.

Para atualizar os resultados obtidos, em Outubro de 2009 o protocolo de pesquisa foi executado novamente para retornar publicações registradas a partir de 01/01/2008. Na nova execução do protocolo de pesquisa, foram selecionadas 50 publicações na 1^a etapa, 26 publicações na 2^a etapa e 15 publicações na 3^a etapa. No entanto, das 15 publicações selecionadas na 3^a etapa, apenas 6 tiveram seus textos completos disponibilizados.

Na Tabela A1.18 são apresentados os problemas citados nas publicações e na Tabela A1.19 são apresentadas as características. Vale notar que, em relação às listas de achados anteriores, um novo problema foi citado (P19: Dados incorretos).

Tabela A1.18 – Lista de achados de problemas na atualização do estudo com análise quantitativa.

| Id | Problema | Nº de Publicações | % |
|-----------|--|--------------------------|----------|
| P8 | Dados perdidos. | 1 | 16,67 |
| P11 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. | 1 | 16,67 |
| P15 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. | 1 | 16,67 |
| P16 | Medidas não alinhadas aos objetivos dos projetos e da organização. | 2 | 33,33 |
| P19 | Dados incorretos. | 1 | 16,67 |

Tabela A1.19 – Lista de achados de características na atualização do estudo com análise quantitativa.

| Id | Característica | Nº de Publicações | % |
|-----------|---|--------------------------|----------|
| C4 | Coleta consistente das medidas. | 3 | 50,00 |
| C7 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. | 1 | 16,67 |

Nas tabelas A1.20 e A1.21 é apresentada a análise quantitativa geral do estudo, englobando os resultados da primeira execução do protocolo e da atualização da pesquisa.

Tabela A1.20 – Lista de achados de problemas, considerando as duas execuções do estudo, com análise quantitativa.

| Id | Problema | Nº de Publicações | % |
|-----------|---|--------------------------|----------|
| P1 | Agrupamento de dados de projetos não similares. | 2 | 5,41 |
| P2 | Base de medidas mal estruturada. | 1 | 2,70 |
| P3 | Coleta de uma mesma medida em momentos diferentes da execução dos processos nos projetos. | 1 | 2,70 |
| P4 | Dados agregados. | 3 | 8,11 |
| P5 | Dados ambíguos. | 2 | 5,41 |
| P6 | Dados armazenados em diversas fontes não integradas. | 2 | 5,41 |
| P7 | Dados de uma mesma medida coletados com granularidades diferentes. | 1 | 2,70 |
| P8 | Dados perdidos. | 7 | 18,92 |
| P9 | Definição operacional deficiente das medidas. | 9 | 24,32 |
| P10 | Insuficiência ou ausência de dados coletados para as medidas definidas. | 6 | 16,22 |
| P11 | Insuficiência ou ausência de informações de contexto das medidas. | 10 | 27,03 |
| P12 | Insuficiência ou ausência de medidas associadas aos processos. | 4 | 10,81 |
| P13 | Medidas associadas a processos muito longos (mesmo com a granularidade correta, a frequência de coleta é baixa). | 1 | 2,70 |
| P14 | Medidas de alta granularidade. | 6 | 16,22 |
| P15 | Medidas isoladas, sem que as medidas associadas, necessárias à análise, sejam coletadas. | 8 | 21,62 |
| P16 | Medidas não alinhadas aos objetivos dos projetos e da organização. | 6 | 16,22 |
| P17 | Medidas normalizadas incorretamente. | 3 | 8,11 |
| P18 | Utilização de medidas de controle tradicional de projetos, ao invés de medidas de análise de desempenho e melhoria dos processos. | 1 | 2,70 |
| P19 | Dados incorretos. | 1 | 2,70 |

Tabela A1.21 – Lista de achados de características, considerando as duas execuções do estudo, com análise quantitativa.

| Id | Característica | Nº de Publicações | % |
|-----------|---|--------------------------|----------|
| C1 | Associação de medidas de processo com medidas de produto. | 1 | 2,70 |
| C2 | Centralização dos dados coletados. | 3 | 8,11 |
| C3 | Coleta automática das medidas. | 1 | 2,70 |
| C4 | Coleta consistente das medidas. | 17 | 45,95 |
| C5 | Definição dos critérios que devem ser obedecidos para agrupar/comparar medidas coletadas nos projetos da organização. | 5 | 13,51 |
| C6 | Definição e coleta de medidas de produto e processo. | 2 | 5,41 |
| C7 | Definição e coleta de medidas orientadas às tomadas de decisão. | 2 | 5,41 |
| C8 | Definição e coleta, desde o início das atividades de medição, de medidas relacionadas ao desempenho dos processos. | 3 | 8,11 |
| C9 | Existência de medidas de um processo de apoio quando o processo primário não possuir medidas suficientes. | 2 | 5,41 |
| C10 | Existência de pelo menos 20 valores para cada medida a ser utilizada no controle estatístico de processos. | 1 | 2,70 |
| C11 | Identificação dos relacionamentos entre as medidas. | 4 | 10,81 |
| C12 | Medidas associadas a atividades que produzam itens tangíveis. | 1 | 2,70 |
| C13 | Medidas associadas aos processos críticos. | 1 | 2,70 |
| C14 | Medidas coletadas ao longo de todo o processo de desenvolvimento. | 2 | 5,41 |
| C15 | Medidas coletadas para um fim específico, conhecido pelos envolvidos. | 1 | 2,70 |
| C16 | Medidas de controle e melhoria de processo. | 1 | 2,70 |
| C17 | Medidas passíveis de normalização, para possibilitar comparações. | 1 | 2,70 |
| C18 | Medidas relacionadas às características de qualidade dos produtos. | 1 | 2,70 |
| C19 | Registro preciso dos dados coletados para as medidas. | 1 | 2,70 |
| C20 | Identificação de conjuntos de dados homogêneos. | 1 | 2,70 |

Na Tabela A1.22 são apresentadas as publicações selecionadas na atualização do estudo, identificando seus dados, resultados de cada filtro aplicado e fonte.

Tabela A1.22 - Publicações selecionadas na atualização do estudo.

Publicações Selecionadas pela Expressão de Busca do Protocolo de Pesquisa do Estudo Baseado em Revisão Sistemática de Literatura

Legenda (Bibliotecas Digitais Utilizadas): C = Compendex; S = Scopus; I = IEEE; J = Journals

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|----|---|--|------|---|-----------|--------------------|---|---|---|---|
| 1 | A Perspective-based Model of Quality for Software Engineering Processes | Kroeger, T., Davidson, N. | 2009 | Proceedings of the Australian Software Engineering Conference, ASWEC, art. no. 5076637, pp. 152-161 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |
| 2 | Software Sensors and Their Applications in Bioprocess | Zhang, H. | 2009 | Studies in Computational Intelligence 218, pp. 25-56 | Ok | Texto indisponível | | x | | |
| 3 | Statistically Based Process Monitoring: Lessons from the Trench | Baldassarre, M.T., Boffoli, N., Bruno, G., Caivano, D. | 2009 | Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 5543 LNCS, pp. 11-23 | Ok | Texto indisponível | | x | | |
| 4 | Achieving On-time Delivery: A Two-stage Probabilistic Scheduling Strategy for Software Projects | Liu, X., Yang, Y., Chen, J., Wang, Q., Li, M. | 2009 | Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 5543 LNCS, pp. 317-319 | Ok | Texto indisponível | | x | | |
| 5 | Quantitative Defects Management in Interative Development with BiDefect | Gou, L., Wang, Q., Yuan, J., Yang, Y., Li, M., Jiang, N. | 2009 | Software Process Improvement and Practice 14 (4), pp. 227-241 | Ok | Texto indisponível | | x | | |
| 10 | Data-driven Soft Sensors in the Process Industry | Kadlec, P., Gabrys, B., Strandt, S. | 2009 | Computers and Chemical Engineering 33 (4), pp. 795-814 | OK | OK | | x | | |
| 12 | Continuous Process Improvement at a Large Software Organization | Malheiros, V., Paím, F.R., Mendonça, M. | 2009 | Software Process Improvement and Practice 14 (2), pp. 65-83 | Ok | Texto indisponível | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|--|------------|--|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 14 | Performance Assessment of a Novel Fault Diagnosis System Based on Support Vector Machines | Yélamos, I., Escudero, G., Graells, M., Puigjaner, L. | 2009 | Computers and Chemical Engineering 33 (1), pp. 244-255 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |
| 17 | Regression Analysis of Automated Measurment Systems | Flynn, M. | 2008 | AUTOTESTCON (Proceedings), art. no. 4662676, pp. 536-542 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |
| 20 | Supporting Software Process Measurement by Using Metamodels: A DSL and a Framework | Mora, B., Garcia, F., Ruiz, F., Piattini, M. | 2008 | ICSOFT 2008 - Proceedings of the 3rd International Conference on Software and Data Technologies SE (GSDCA/M/-), pp. 305-312 | Ok | Texto indisponível | | x | | |
| 22 | Improving the Handsets Network Test Process via DMAIC Concepts | Siebra, C.A., Costa, P.H.R., Santos, A.L.M., Silva, F.Q.B. | 2008 | Proceedings - International Conference on Software Engineering, pp. 733-740 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |
| 26 | PADIC - Assessment and Measurement Based Framework to Improve Productivity and Predictability in Engineering Projects | Abraham, A., Subramanian, R., Tom, R.N. | 2008 | Proceedings of the 2008 International Conference on Software Engineering Research and Practice, SERP 2008, pp. 191-197 | Ok | Texto indisponível | | x | | |
| 27 | Statistical Process Control for Software: A Systematic Approach | Boffoli, N., Bruno, G., Caivano, D., Mastelloni, G. | 2008 | ESEM'08: Proceedings of the 2008 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, pp. 327-329 | Ok | OK | x | x | | |
| 28 | Cost Model Based on Software-Process and Process Oriented CST System | HongTao, C., Jun, L., ShengMing, G. | 2008 | Proceedings - International Conference on Computer Science and Software Engineering, CSSE 2008 2, art. no. 4722119, pp. 582-586 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |
| 29 | Baseline-based Framework for Continuous Software Process Improvement (CSPI) | Akingbehin, K. | 2008 | Proceedings of the 2008 Advanced Software Engineering and its Applications, ASE 2008, art. no. 4721345, pp. 214-216 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |
| 34 | Implementing a Software Measurement Program in Small and Medium Enterprises: A Suitable Framework | Díaz-Ley, M., García, F., Piattini, M. | 2008 | IET Software 2 (5), pp. 417-436 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |

| Id | Título | Autores | Ano | Dados da Publicação | 1º Filtro | 2º Filtro | C | S | I | J |
|-----------|---|--|------------|---|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 35 | Assessment of Software Process and Metrics to Support Quantitative Understanding | Tarhan, A., Demirors, O. | 2008 | Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 4895 LNCS, pp. 102-113 | Ok | Texto indisponível | x | x | | |
| 38 | Improvement of Causal Analysis Using Multivariate Statistical Process Control | Chang, C.-P., Chu, C.-P. | 2008 | Software Quality Journal 16 (3), pp. 377-409 | Ok | Ok | | x | | |
| 39 | Semi-quantitative Modeling for Managing Software Development Processes | Zhang, H., Keung, J., Kitchenham, B., Jeffery, R. | 2008 | Proceedings of the Australian Software Engineering Conference, ASWEC, art. no. 4483194, pp. 66-75 | Ok | E3:CS[3] | | x | | |
| 41 | Quantitatively Managing Defects for Iterative Projects: An Industrial Experience Report in China | Gou, L., Wang, Q., Yuan, J., Yang, Y., Li, M., Jiang, N. | 2008 | Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 5007 LNCS, pp. 369-380 | Ok | OK | | x | | |
| 42 | Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization | Card, D.N., Domzalski, K., Davies, G. | 2008 | IEEE Software 25 (3), pp. 37-47 | Ok | OK | | x | | |
| 43 | Estimating Fixing Effort and Schedule Based on Defect Injection Distribution | Wang, Q., Gou, L., Jiang, N., Che, M., Zhang, R., Yang, Y., Li, M. | 2008 | Software Process Improvement and Practice 13 (1), pp. 35-50 | Ok | Texto indisponível | | x | | |
| 47 | What's up With Software Metrics? – A Preliminary Mapping Study | Kitchenham, B. | 2009 | Journal of Systems and Software, In Press, Corrected Proof, Available online 1 July 2009 | OK | E3:CS[3] | | | x | |
| 48 | A Pattern-based Outlier Detection Method Identifying Abnormal Attributes in Software Project Data | Yoon, K., Bae, D. | 2009 | Information and Software Technology, In Press, Corrected Proof, Available online 23 August 2009 | OK | OK | | | x | |
| 49 | Towards Software Process Patterns: An Empirical Analysis of the Behavior of Student Teams | Germain, E., Robillard, P. N. | 2008 | Information and Software Technology, Volume 50, Issue 11, October 2008, Pages 1088-1097 | OK | E3:CS[3] | | x | x | |
| 50 | A Tool for Quality Controls in Industrial Process | Lazzaroni, M.; | 2009 | Intrumentation and Measurement Technology Conference, 2009. I2MTC '09. IEEE, 5-7 May 2009 Page(s):68 - 73 | OK | E3:CS[3] | | x | | |

Anexo 2

Documentação da Ontologia de Medição de Software

Neste anexo é apresentada a documentação completa da Ontologia de Medição de Software descrita no Capítulo 5. Também é apresentada a notação adotada nos diagramas UML definidos.

A2.1 Introdução

Para construir a Ontologia de Medição de Software, alguns conceitos relacionados aos processos de software e às organizações de software foram requeridos. Buscando reutilizar conceituações previamente definidas, foram utilizados conceitos originalmente estabelecidos por (BERTOLLO, 2006) e (VILLELA, 2004), que propuseram, respectivamente, uma Ontologia de Processos de Software e uma Ontologia de Organização de Software.

Considerando que a Ontologia de Medição de Software baseia-se em UFO, os conceitos utilizados das demais ontologias também devem apresentar essa característica. Sendo assim, em relação à Ontologia de Processos de Software, foi utilizada sua evolução adequada à UFO apresentada em (GUIZZARDI *et al.*, 2008a). Já em relação à Ontologia de Organização de Software, foi realizada uma reengenharia do substrato da ontologia considerado relevante à Ontologia de Medição de Software, adequando-o à UFO. A reengenharia desse fragmento é apresentada no Anexo 3.

Este anexo apresenta a documentação completa da Ontologia de Medição de Software e, para isso, está assim organizado: a seção A2.2 apresenta a notação utilizada nos diagramas UML definidos; a seção A2.3 descreve os fragmentos da Ontologia de Organização de Software e da Ontologia de Processos de Software que foram integrados à Ontologia de Medição de Software; e a seção A2.4 apresenta a Ontologia de Medição de Software.

A2.2 Notação Utilizada nos Diagramas UML

Na Tabela A2.1 é apresentada a notação adotada nos diagramas UML definidos.

Tabela A2.1 – Notação utilizada nos diagramas UML definidos.

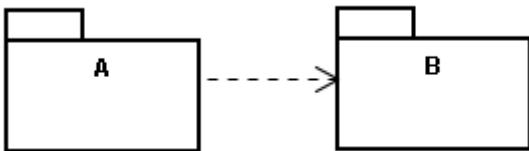
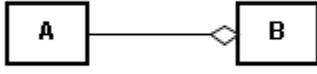
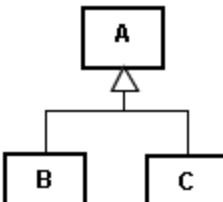
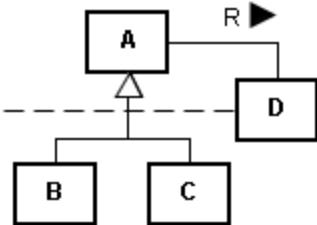
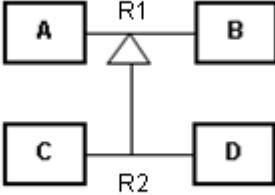
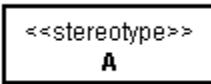
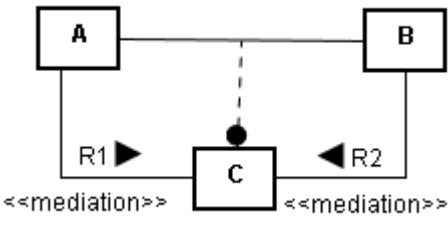
| Notação | Significado |
|---|--|
|  | A ontologia A utiliza conceitos da ontologia B. |
|  | A entidade A está relacionada à entidade B pela relação R. |
|  | A entidade A é parte da entidade B em uma relação de agregação. |
|  | A entidade A é parte da entidade B em uma relação de composição. |
|  | A entidade A é supertipo das entidades B e C. |
|  | A entidade A é supertipo das entidades B e C. D é uma entidade de mais alta ordem (<i>high order universal</i> em UFO) que determina um conjunto de possíveis especializações de A (<i>generalization set</i> na UML). Assim, D é uma entidade cujas instâncias são, possivelmente dentre outros, os tipos representados por B e C. |

Tabela A2.1 – Notação utilizada nos diagramas UML definidos (continuação).

| Notação | Significado |
|---|---|
|  | A relação R2 é subtipo da relação R1. |
|  | Os estereótipos utilizados nos modelos UML apresentados representam conceitos de UFO, indicando que os conceitos da ontologia são especializações dos conceitos relacionados de UFO. Quando uma entidade aparece sem estereótipo, então ela tem o mesmo estereótipo de seu supertipo. |
|  | Representação de um <i>relator</i> (conceito de UFO) em OntoUML. C representa o <i>relator</i> derivado da relação material entre A e B. A e B representam as entidades conectadas por C. R1 e R2 são relações de mediação entre A e C e entre B e C. |

A2.3 Ontologias Integradas à Ontologia de Medição de Software

Nesta seção são apresentados os fragmentos da Ontologia de Organização de Software e da Ontologia de Processos de Software que foram reutilizados pela Ontologia de Medição de Software.

A2.3.1 Ontologia de Organização de Software

A Figura A2.1 apresenta o fragmento da Ontologia de Organização de Software considerado pela Ontologia de Medição de Software. Os conceitos diretamente utilizados aparecem em destaque. Após a figura é apresentada uma sucinta descrição dos conceitos.

A descrição completa da reengenharia realizada na Ontologia de Organização de Software original (VILLELA, 2004) para obtenção do fragmento mostrado na Figura A2.1 encontra-se no Anexo 3.

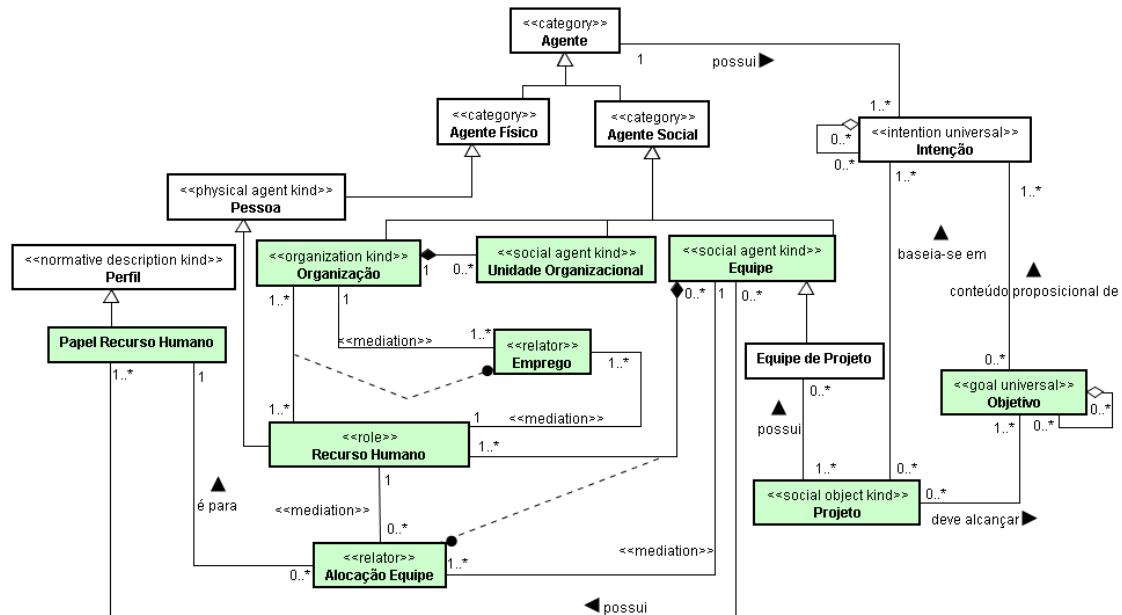


Figura A2.1 – Fragmento da Ontologia de Organização de Software adequado à UFO
(BARCELLOS e FALBO, 2009).

Seguindo a conceituação de UFO, *Agentes* são capazes de realizar ações com alguma intenção, que é expressa por objetivos. Sendo assim, uma *Intenção* é o propósito pelo qual ações são planejadas e realizadas e um *Objetivo* é o conteúdo proposicional de uma intenção. Organizações, unidades organizacionais e equipes são *Agentes Sociais*, enquanto pessoas são *Agentes Físicos*.

Uma *Organização* é um agente social que emprega recursos humanos para realizarem ações visando o alcance de seus objetivos. *Pessoas* passam a desempenhar o papel de *Recurso Humano* de uma organização quando são nela empregadas. Organizações podem ser divididas em *Unidades Organizacionais*, que são agrupamentos de recursos humanos, objetivos e intenções, estabelecidos de acordo com a homogeneidade de conteúdo e alinhamento aos objetivos da organização. De maneira análoga, uma *Equipe* é um agrupamento de recursos humanos estabelecido com uma determinada finalidade, sendo

uma *Equipe de Projeto* uma equipe estabelecida no contexto de um projeto. Um *Projeto* é um objeto social temporário que envolve duas ou mais partes e é realizado para alcançar determinados objetivos. Além disso, um projeto baseia-se em intenções.

Uma *Alocação Equipe* registra a ocorrência do evento de alocação de um recurso humano a uma equipe, onde ele desempenha um *Papel Recurso Humano*, que é a descrição de um *Perfil* necessário para atuação em contextos específicos (por exemplo, um recurso humano alocado como gerente de projeto na equipe de um projeto).

A2.3.2 Ontologia de Processos de Software

A Figura A2.2 apresenta o fragmento da Ontologia de Processos de Software considerado pela Ontologia de Medição de Software. Os conceitos diretamente utilizados aparecem em destaque. Após a figura é apresentada uma sucinta descrição dos conceitos.

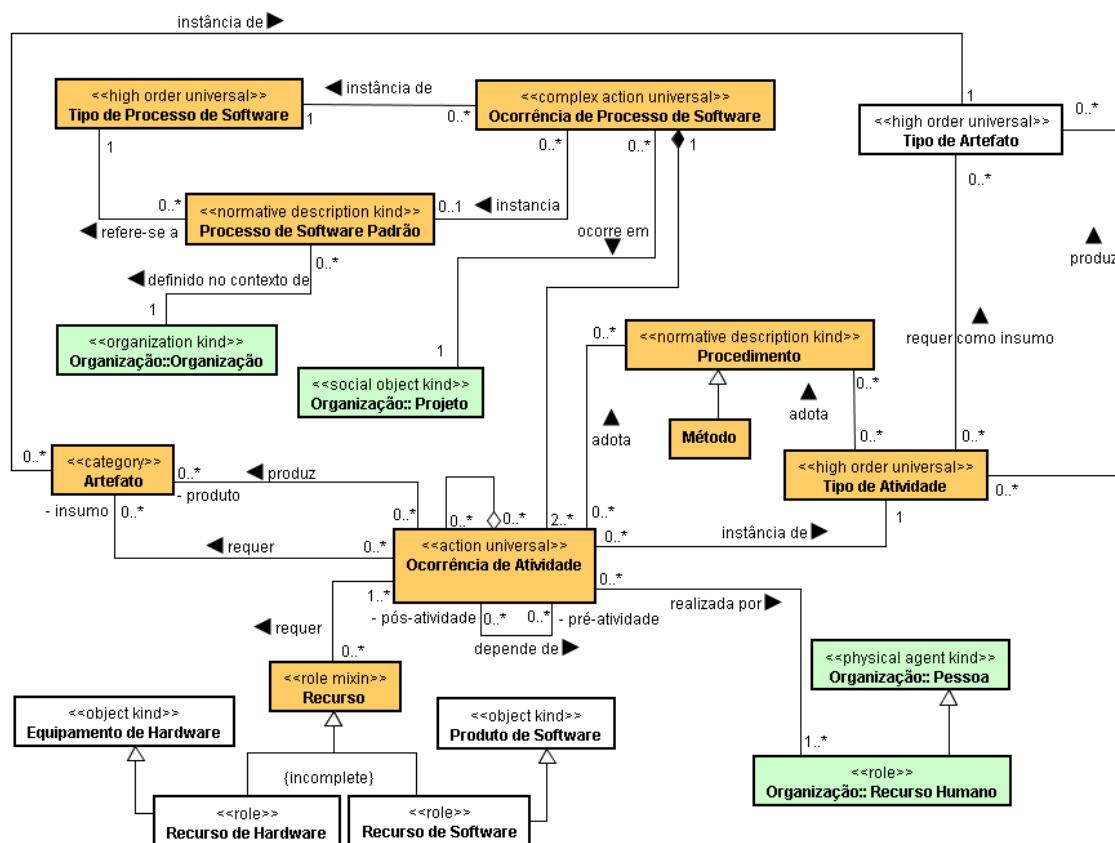


Figura A2.2 – Fragmento da Ontologia de Processos de Software (GUIZZARDI *et al.*, 2008a).

Um *Tipo de Processo de Software* é um universal de mais alta ordem (*High Order Universal*) em UFO e, como tal, possui como instâncias universais de primeira ordem (*First Order Universal*), no caso, *Ocorrências de Processo de Software*. Processo de Verificação e

Processo de Desenvolvimento de Requisitos são exemplos de tipos de processos de software. *Ocorrência de Processo de Software* é uma ação complexa instanciada de *Tipo de Processo de Software* e denota uma ação complexa particular que ocorre em um determinado momento, no contexto de um *Projeto* específico, ou seja, um processo de software que é executado em um projeto. O Processo de Desenvolvimento de Requisitos do Projeto X é um exemplo de uma ocorrência de processo de software.

Um *Processo de Software Padrão* é a descrição de um tipo de processo de software, definida no contexto de uma organização. A descrição do Processo de Desenvolvimento de Requisitos da Organização Org é um exemplo de processo de software padrão.

Ocorrências de processo de software são compostas por *Ocorrências de Atividade* que, por sua vez, são instâncias de *Tipo de Atividade*. Um exemplo de tipo de atividade é Elaborar Especificação de Requisitos, enquanto que a atividade Elaborar Especificação de Requisitos que compõe o Processo de Desenvolvimento de Requisitos do Projeto X é um exemplo de ocorrência de atividade. Uma ocorrência de atividade é realizada por *Recursos Humanos* e requer *Recursos*, que podem ser *Recursos de Hardware* (por exemplo, um computador e uma impressora) ou *Recursos de Software* (por exemplo, um editor de textos). Além disso, uma ocorrência de atividade pode adotar *Procedimentos* (como por exemplo, Descrição de Casos de Uso) e utilizar ou produzir *Artefatos* (por exemplo, um diagrama de casos de uso ou um documento de Especificação de Requisitos).

A2.4 Ontologia de Medição de Software

A Ontologia de Medição de Software proposta tem como objetivo representar o conhecimento relevante à medição de software e prover um vocabulário consistente relativo a esse domínio, abordando tanto aspectos da medição tradicional quanto em alta maturidade.

Para abranger o escopo necessário ao alcance desse objetivo, a Ontologia de Medição de Software foi dividida em sete subontologias, a saber:

- b. *Subontologia de Entidades Mensuráveis*: trata das entidades que podem ser submetidas à medição e de suas propriedades que podem ser medidas.
- i. *Subontologia de Medidas de Software*: trata da definição de medidas de software.
- j. *Subontologia de Objetivos de Medição*: trata do alinhamento da medição de software com os objetivos estratégicos.

- k. Subontologia de Definição Operacional de Medidas:* trata do detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise de medidas, estabelecido por uma organização de acordo com seus objetivos de medição.
- l. Subontologia de Medição de Software:* trata da medição propriamente dita, ou seja, a coleta e armazenamento dos dados para as medidas.
- m. Subontologia de Resultados da Medições:* trata da análise dos dados coletados para as medidas para obtenção das informações de apoio às decisões.
- n. Subontologia de Comportamento de Processos:* trata da aplicação dos resultados da medição na análise do comportamento de processos.

Na Figura A2.3 são apresentadas as subontologias que compõem a Ontologia de Medições de Software e os relacionamentos entre elas. Também são apresentadas as relações com as ontologias de Processos de Software e de Organização.

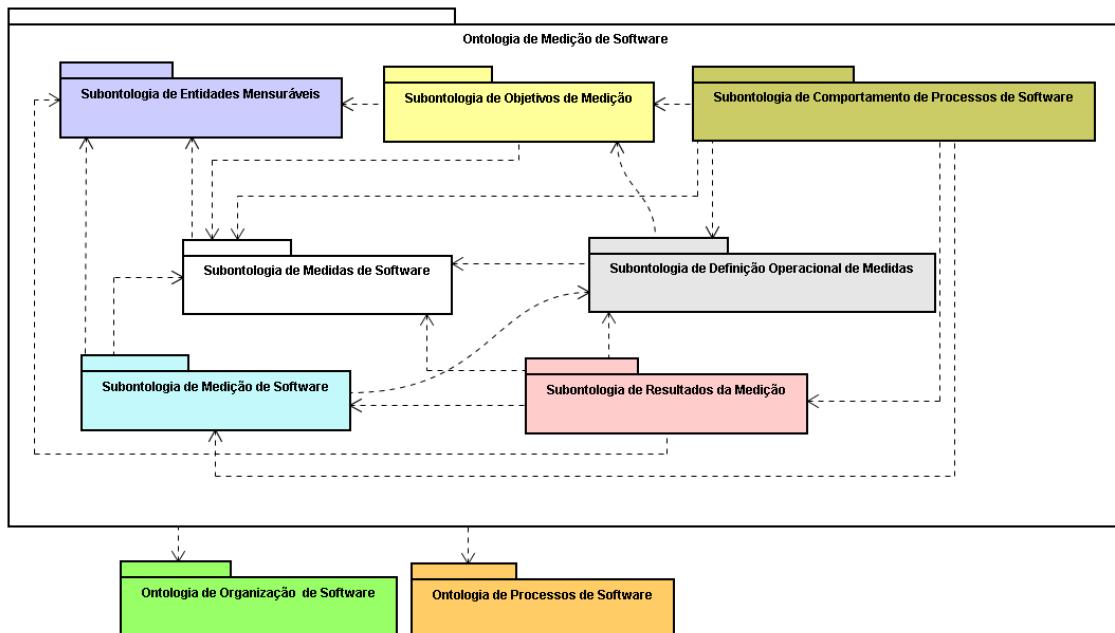


Figura A2.3 – Ontologia de Medições de Software: subontologias e ontologias integradas.

Nas próximas seções (A2.4.1 a A2.4.7) as subontologias que compõem a Ontologia de Medições de Software são apresentadas.

Seguindo o processo definido em SABiO (FALBO, 2004), a identificação do propósito e especificação dos requisitos de cada subontologia foi realizada através da definição de questões de competência, às quais cada subontologia deve ser capaz de responder. A captura e a formalização das subontologias foram realizadas utilizando-se modelos escritos utilizando o perfil UML apresentado na seção A2.1, descrições textuais e axiomas. A avaliação foi realizada através da identificação dos conceitos, relações e axiomas

necessários para responder a cada questão de competência estabelecida, visando a um compromisso ontológico mínimo, isto é, obter subontologias compostas somente por conceitos, relações e axiomas realmente necessários ao atendimento do propósito delimitado pelas questões de competência. Por fim, para avaliar as subontologias em relação à capacidade de representar situações do mundo real, foram realizadas instanciações de seus conceitos.

Nos modelos UML apresentados, para identificar a ontologia ou subontologia de origem de cada conceito, foram utilizadas cores diferentes. As cores utilizadas para cada subontologia e para as ontologias de Processos de Software e de Organização estão identificadas na Figura A2.3.

Cabe, ainda, destacar que alguns elementos presentes no trabalho de DALMORO (2008) foram reutilizados integral ou parcialmente na Ontologia de Medição de Software. Os elementos reutilizados são identificados ao longo do texto por D- *subontologia em* (DALMORO, 2008) - *elemento em* (DALMORO, 2008), onde: *subontologia em* (DALMORO, 2008) = MQ (Modelo de Qualidade), MD (Medição) ou AQ (Avaliação de Qualidade) e *elemento em* (DALMORO, 2008) = A (Axioma) ou QC (Questão de Competência).

A2.4.1 Subontologia de Entidades Mensuráveis

A Subontologia de Entidades Mensuráveis trata das entidades que podem ser submetidas à medição e de suas propriedades que podem ser medidas.

A2.4.1.1 Questões de Competência da Subontologia de Entidades Mensuráveis

QC1. Que tipos de entidades podem ser medidos?

QC2. Qual é o tipo de uma entidade mensurável? **D-MQ-QC1**

QC3. Quais elementos mensuráveis caracterizam um tipo de entidade mensurável? **D-MQ-QC2**

QC4. Quais elementos mensuráveis caracterizam uma entidade mensurável?

QC5. Quais elementos mensuráveis podem ser diretamente medidos e quais não podem? **D-MQ-QC3**

QC6. A partir de quais outros elementos mensuráveis um elemento indiretamente mensurável pode ser medido? **D-MQ-QC4**

QC7. Quais elementos diretamente mensuráveis devem ser medidos para que seja possível medir um elemento indiretamente mensurável? **D-MQ-QC5**

A2.4.1.2 Captura e Formalização da Subontologia de Entidades Mensuráveis

A Figura A2.4 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Entidades Mensuráveis. Em seguida seus conceitos são descritos.

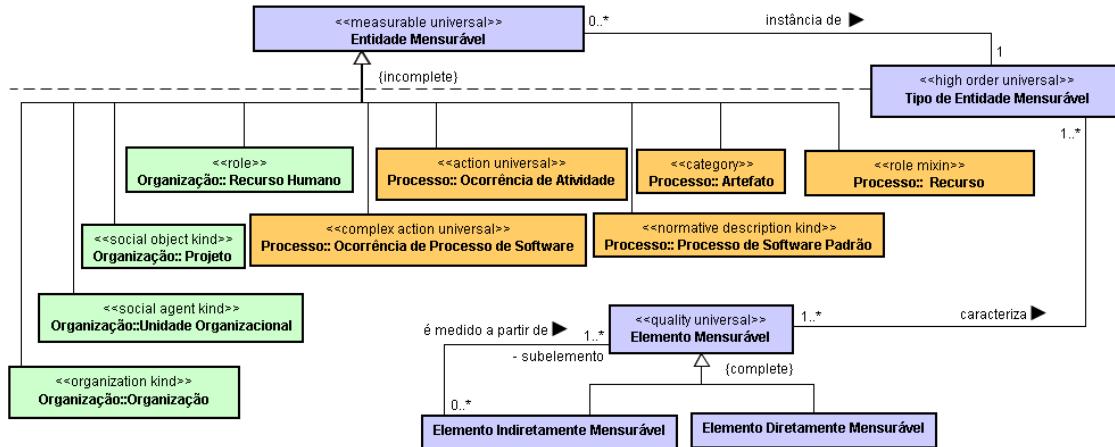


Figura A2.4 – Modelo da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

Um *Tipo de Entidade Mensurável* é uma classificação de entidades mensuráveis que indica quais elementos mensuráveis podem ser utilizados para caracterizar entidades desse tipo. *Tipo de Entidade Mensurável* é um *High Order Universal* em UFO, ou seja, suas instâncias, entidades mensuráveis, são universais.

Uma *Entidade Mensurável* pode ser caracterizada pela medição de elementos mensuráveis utilizados para caracterizar entidades do seu tipo, podendo uma entidade mensurável, no contexto de medições de software, ser, dentre outros, uma *Organização*, uma *Unidade Organacional*, um *Recurso Humano*, um *Projeto*, um *Processo de Software Padrão*, uma *Ocorrência de Processo de Software*, uma *Ocorrência de Atividade*, um *Artefato* ou um *Recurso*.

Um *Elemento Mensurável* é uma propriedade (*Quality Universal* em UFO) de um tipo de entidade mensurável, por meio da qual entidades mensuráveis desse tipo podem ser caracterizadas. Pode ser direta ou indiretamente mensurável. Um *Elemento Diretamente Mensurável* é um elemento mensurável que pode ser medido diretamente, ou seja, sem que haja necessidade de medir outros elementos mensuráveis (por exemplo, tamanho). Por outro lado, um *Elemento Indiretamente Mensurável* é um elemento mensurável que só pode ser medido a partir da medição de outros elementos mensuráveis, ditos seus *Subelementos*, que devem caracterizar o mesmo tipo de entidade mensurável. Por exemplo, o elemento indiretamente mensurável produtividade, que caracteriza o tipo de entidade Projeto, pode ser medido a partir da medição dos subelementos tamanho, tempo e esforço, sendo que

esses elementos mensuráveis devem caracterizar o mesmo tipo de entidade mensurável que o elemento indiretamente mensurável produtividade caracteriza, ou seja, Projeto.

A2.4.1.3 Dicionário de Termos da Subontologia de Entidades Mensuráveis

Na Tabela A2.2 é apresentado o dicionário de termos da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

Tabela A2.2 – Dicionário de Termos da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

| Conceito | Descrição | Fonte |
|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| Elemento Diretamente Mensurável | Elemento mensurável que pode ser medido diretamente, ou seja, sem que haja necessidade de medir outros elementos mensuráveis. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Elemento Indiretamente Mensurável | Elemento mensurável que só pode ser medido a partir da medição de outros elementos mensuráveis, ditos seus subelementos. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Elemento Mensurável | Propriedade mensurável de um tipo de entidade mensurável por meio do qual as instâncias desse tipo de entidade mensurável podem ser caracterizadas. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Entidade Mensurável | Entidade que pode ser medida. É uma instância de um tipo de entidade mensurável | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Tipo de Entidade Mensurável | Classificação de entidades mensuráveis que indica quais elementos mensuráveis podem ser utilizados para caracterizar entidades desse tipo. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |

A2.4.1.4 Axiomas da Subontologia de Entidades Mensuráveis

Além dos conceitos apresentados, algumas restrições que não são passíveis de serem capturadas pelo modelo da subontologia foram definidas na forma de axiomas.

Os axiomas definidos nesta e nas demais subontologias que compõem a Ontologia de Medição de Software são dependentes do domínio e, como tal, classificam-se em *axiomas de consolidação* ou *axiomas de derivação*. Um axioma de consolidação impõe restrições que precisam ser atendidas para que uma relação seja estabelecida consistentemente. Um axioma de derivação, por sua vez, representa o conhecimento declarativo que pode derivar novo conhecimento a partir de conhecimento factual representado na ontologia, mas que não é capturado pela estruturação de conceitos e relações da ontologia (FALBO, 2004).

A seguir os axiomas definidos na Subontologia de Entidades Mensuráveis são apresentados. Considerando os tipos de axiomas apresentados, A1, A2 e A3 são axiomas de consolidação, enquanto que A4 é um axioma de derivação, uma vez que deriva conhecimento referente a *Subelemento Diretamente Mensurável*.

A1. Se um elemento mensurável elm é subelemento de um elemento indiretamente mensurável $elm-im$, então elm e $elm-im$ devem caracterizar o mesmo tipo de entidade $tp-ems$. **D-MQ-A1**

$$(\forall elm \in \text{Elemento Mensurável}, elm-im \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável})$$

$$(subelemento(elm, elm-im) \rightarrow (\exists tp-ems \in \text{Tipo de Entidade Mensurável}))$$

$$(caracteriza(elm, tp-ems) \wedge caracteriza(elm-im, tp-ems))$$

A2. Se uma entidade mensurável ems é do tipo de entidade mensurável $tp-ems$ e o elemento mensurável elm caracteriza o tipo de entidade mensurável $tp-ems$, então elm caracteriza a entidade mensurável ems .

$$(\forall ems \in \text{Entidade Mensurável}, tp-ems \in \text{Tipo de Entidade Mensurável}, elm \in \text{Elemento Mensurável})$$

$$(instânciaDe(ems, tp-ems) \wedge caracteriza(elm, tp-ems) \rightarrow caracteriza(elm, ems))$$

A3. Se um elemento indiretamente mensurável $elm-im2$ é subelemento de um elemento indiretamente mensurável $elm-im1$ e um elemento mensurável elm é subelemento de $elm-im2$, então o elemento mensurável elm é subelemento de $elm-im1$. **D-MQ-A3 (reescrito)**

$$(\forall elm-im1, elm-im2 \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável}, elm \in \text{Elemento Mensurável})$$

$$(subelemento(elm-im2, elm-im1) \wedge subelemento(elm, elm-im2) \rightarrow subelemento(elm, elm-im1))$$

A4. Se um elemento mensurável $elm1$ é um elemento diretamente mensurável e é subelemento de um elemento indiretamente mensurável $elm2$, então o elemento mensurável $elm1$ é subelemento diretamente mensurável de $elm2$. **D-MQ-A2 (reescrito)**

$$(\forall elm1 \in \text{Elemento Diretamente Mensurável}, elm2 \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável})$$

$$(subelemento(elm1, elm2) \rightarrow subelementoDIRETAMENTEmensuravel(elm1, elm2))$$

A2.4.1.5 Avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis

A avaliação da ontologia busca analisar se as questões de competência para ela identificadas são respondidas pela conceituação representada.

Uma vez que a Ontologia de Medição de Software proposta não foi implementada em uma linguagem de programação, sua avaliação foi realizada manualmente. Para isso, para cada questão de competência especificada, foi criada uma entrada em uma tabela e foram identificados os conceitos, relações e axiomas necessários para respondê-la.

Na Tabela A2.3 é apresentada a avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis. Vale notar que algumas questões ($QC1$, $QC2$, $QC3$ e $QC5$) são diretamente respondidas por uma única relação do modelo, enquanto outras dependem de várias relações e de axiomas ($QC4$, $QC6$ e $QC7$).

Tabela A2.3 – Avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|---|----------------|
| $QC1$ | Entidade Mensurável | é supertipo de | Organização Unidade Organizacional Recurso Humano Projeto Processo de Software Padrão Ocorrência de Processo de Software Ocorrência de Atividade Recurso Artefato | |
| $QC2$ | Entidade Mensurável | instância de | Tipo de Entidade Mensurável | |
| $QC3$ | Elemento Mensurável | caracteriza | Tipo de Entidade Mensurável | |
| $QC4$ | Entidade Elemento | instância de caracteriza | Tipo de Entidade Mensurável Tipo de Entidade Mensurável | A2 |
| $QC5$ | Elemento Mensurável | é supertipo de | Elemento Diretamente Mensurável Elemento Indiretamente Mensurável | |
| $QC6$ | Elemento Indiretamente Mensurável Elemento Mensurável | é medido a partir de caracteriza | Elemento Mensurável Tipo de Entidade Mensurável | A1, A3 |

Tabela A2.3 – Avaliação da Subontologia de Entidades Mensuráveis (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------|
| <i>QC7</i> | Elemento Mensurável | é supertipo de | Elemento Diretamente Mensurável Elemento Indiretamente Mensurável | A1, A3, A4 |
| | Elemento Indiretamente Mensurável | é medido a partir de | Elemento Mensurável | |

A2.4.1.6 Instanciação da Subontologia de Entidades Mensuráveis

Para avaliar se a Ontologia de Medição de Software é capaz de representar situações concretas do mundo real, foram extraídos dados de bases de medidas de organizações, bem como de exemplos da literatura, que foram utilizados para instanciar os conceitos abordados.

Na Tabela A2.4 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Entidades Mensuráveis. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura A2.3.

Tabela A2.4 – Instanciação da Subontologia de Entidades Mensuráveis.

| <i>Conceito</i> | <i>Instância</i> |
|---|--|
| <i>Tipo de Entidade Mensurável</i> | Processo de Software Padrão |
| <i>Entidade Mensurável</i> | Processo de Gerência de Requisitos da Organização Org |
| <i>Organização</i> | Organização Org |
| <i>Unidade Organizacional</i> | Área de Desenvolvimento de Sistemas da Organização Org |
| <i>Recurso Humano</i> | Empregado João da Síha |
| <i>Projeto</i> | Projeto de Desenvolvimento PD1 |
| <i>Ocorrência de Processo de Software</i> | Processo de Gerência de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento PD1 |
| <i>Ocorrência de Atividade</i> | Atividade Elaborar Especificação de Requisitos do Processo de Gerência de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento PD1 |
| <i>Recurso</i> | Impressora Imp |
| <i>Artefato</i> | Especificação de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento PD1 |
| <i>Elemento Mensurável</i> | Requisitos Homologados, Requisitos Alterados, Estabilidade dos Requisitos |
| <i>Elemento Diretamente Mensurável</i> | Requisitos Homologados, Requisitos Alterados |
| <i>Elemento Indiretamente Mensurável</i> | Estabilidade dos Requisitos |

A2.4.2 Subontologia de Medidas de Software

A Subontologia de Medidas de Software trata dos conceitos básicos relacionados à definição de medidas de software.

A2.4.2.1 Questões de Competência da Subontologia de Medidas de Software

QC1. Um elemento mensurável pode ser quantificado por qual(is) medida(s)? **D-MD-QC5**

QC2. Por quais medidas base um elemento diretamente mensurável pode ser quantificado? **D-MD-QC8**

QC3. Por quais medidas derivadas um elemento indiretamente mensurável pode ser quantificado? **D-MD-QC9**

QC4. Quanto à dependência de uma medida em relação a outras, qual é a natureza de uma medida? **D-MD-QC7**

QC5. Que medidas precisam ser medidas para que uma medida derivada possa ser calculada? **D-MD-QC10**

QC6. Qual é a unidade de medida de uma medida? **D-MD-QC12 (reescrita)**

QC7. Qual é a escala de uma medida? **D-MD-QC13**

QC8. Em função do tipo, como as escalas podem ser classificadas?

QC9. Qual é o tipo de escala de uma escala? **D-MD-QC14**

QC10. Quais são os valores de uma escala e que, por conseguinte, podem ser atribuídos a uma medida? **D-MD-QC15 (reescrita e melhorada)**

QC11. Considerando-se o tipo da escala usada, como medidas podem ser classificadas?

QC12. Quais os procedimentos de medição que se aplicam a uma medida?

QC13. Quais os procedimentos de análise de medição que se aplicam a uma medida?

QC14. Que fórmulas de cálculo de medida estão envolvidas em um procedimento de medição?

QC15. Que medidas estão envolvidas em uma fórmula de cálculo de medida?

QC16. Quais são as medidas correlatas a uma medida?

A2.4.2.2 Captura e Formalização da Subontologia de Medidas de Software

A Figura A2.5 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Medidas de Software. Em seguida seus conceitos são descritos.

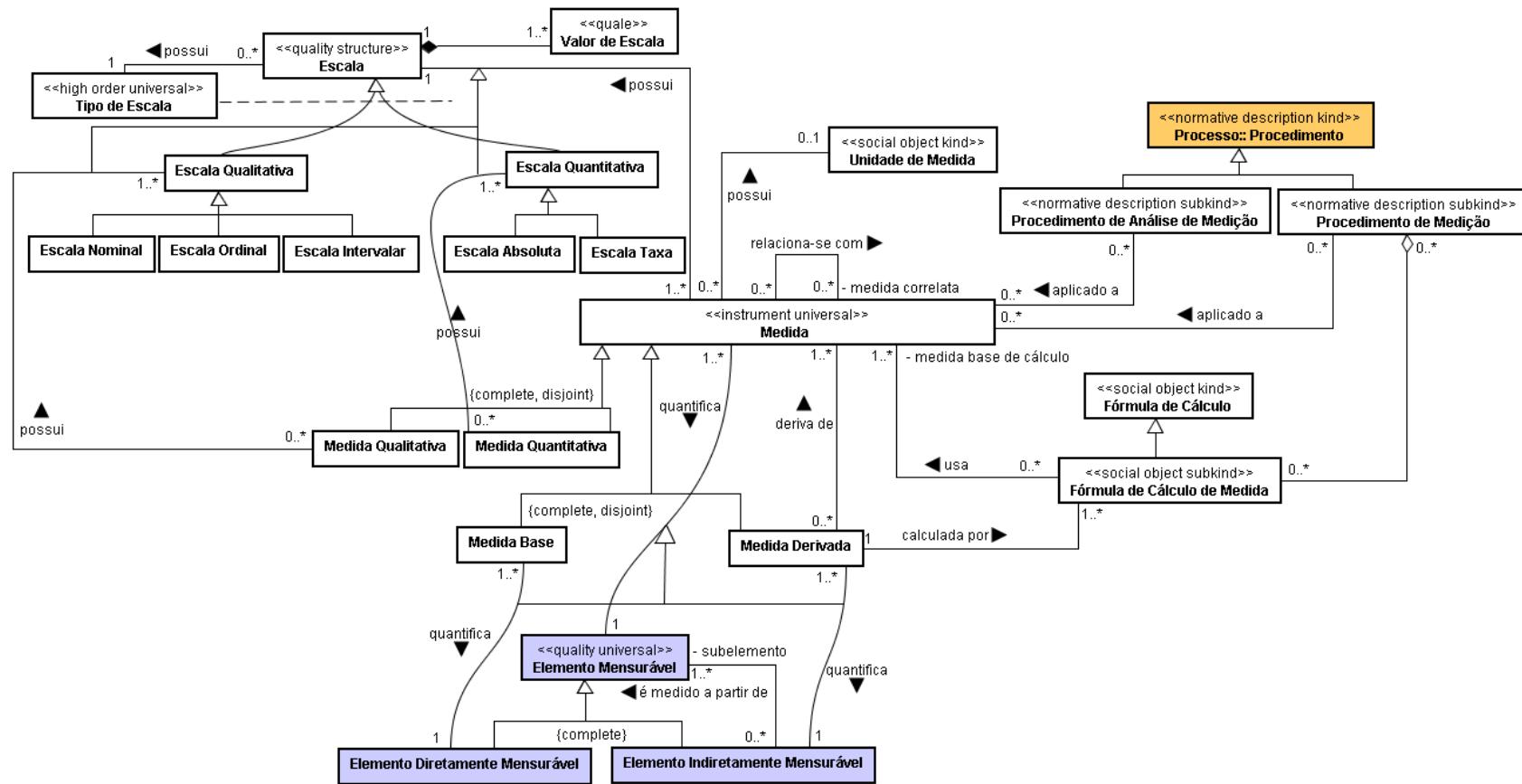


Figura A2.5 – Modelo da Subontologia de Medidas de Software.

Conforme discutido na seção 5.2 do Capítulo 5, segundo a UFO-A, universais de qualidade (*Quality Universals*) são associados a estruturas de qualidade (*Quality Structures*) e instrumentos (*Instrument Universals*) são utilizados para associar um universal de qualidade a valores (*Qualia*³²) em uma estrutura de qualidade. Baseando-se nesses conceitos e relações, tem-se que uma *Medida* é um instrumento (*Instrument Universal* em UFO) que é utilizado para associar um *Elemento Mensurável* (*Quality Universal* em UFO) a um *Valor* (*Quale* em UFO) considerando uma determinada *Escala* (*Quality Structure* em UFO).

Medidas podem depender funcionalmente de outras ou não. Uma medida funcionalmente independente é uma *Medida Base* e é utilizada para quantificar um elemento diretamente mensurável. Por outro lado, uma medida funcionalmente dependente, ou seja, que deriva de outras medidas, é chamada de *Medida Derivada* e é utilizada para quantificar um elemento indiretamente mensurável. As medidas “número de requisitos homologados” e “número de requisitos alterados” são exemplos de medidas base que quantificam, respectivamente, os elementos diretamente mensuráveis “requisitos homologados” e “requisitos alterados”. Já a medida “taxa de alteração de requisitos”, dada pela razão entre o número de requisitos homologados e o número de requisitos alterados, é um exemplo de medida derivada, que quantifica o elemento indiretamente mensurável “estabilidade dos requisitos”.

Medidas possuem *Escala*, sendo, conforme dito anteriormente, uma escala uma estrutura de qualidade formada por valores discretos ou contínuos ou por categorias para a qual uma medida é mapeada. Cada valor ou categoria que forma uma escala é um *Valor de Escala* e é um *quale* em UFO. De acordo com a natureza dos seus valores, uma escala possui um *Tipo de Escala*, que, sendo um universal de mais alta ordem em UFO (*High Order Universal*), possui universais de primeira ordem (os tipos de escala) como instâncias. *Escalas Quantitativas* são aquelas cujos valores representam uma contagem do número de ocorrências de um determinado elemento (*Escala Absoluta*) ou o resultado da aplicação de operações matemáticas sobre outros valores (*Escala Taxa*). *Escalas Qualitativas* são aquelas cujos valores são categorizados por um nome (*Escala Nominal*), classificados em uma ordem (*Escala Ordinal*) ou agrupados em um intervalo (*Escala Intervalar*).

Medidas que possuem escala qualitativa são chamadas *Medidas Qualitativas*. Medidas que possuem escala quantitativa são chamadas *Medidas Quantitativas*. Exemplos de medida qualitativa e medida quantitativa são, respectivamente, grau de experiência do analista

³² Plural de *quale*.

(cujos valores da escala são {muito baixo, baixo, médio, alto, muito alto}) e número de casos de uso (cujos valores da escala compreendem os números inteiros positivos).

Medidas possuem *Unidade de Medida*, que é uma unidade, definida e adotada por convenção, em relação à qual um valor é associado a um elemento mensurável, de forma que outros valores expressos na mesma unidade possam ser comparados. Linhas de código, horas e reais são exemplos de unidades de medida.

Um *Procedimento de Medição* é um procedimento que define uma sequência lógica de operações a ser aplicada a uma medida para associar um valor a um elemento mensurável. Procedimentos de medição aplicados a medidas derivadas incluem *Fórmulas de Cálculo de Medida*, que usam outras medidas como *Medidas Base de Cálculo* para obter a medida derivada. É importante perceber que procedimentos de medição que incluem fórmulas de cálculo de medida não são aplicáveis às medidas qualitativas. Um exemplo de procedimento de medição para a medida “taxa de alteração de requisitos” é “calcular a taxa de alteração de requisitos no período, dada pela razão entre o número de requisitos homologados que sofreram alteração no período e o número de requisitos homologados para o projeto”. Uma vez que a medida taxa de alteração de requisitos é uma medida derivada, seu procedimento de medição deve incluir uma fórmula de cálculo de medida que, nesse exemplo, é dada por: taxa de alteração de requisitos = número de requisitos alterados / número de requisitos homologados. As medidas “número de requisitos alterados” e “número de requisitos homologados” são, então, medidas base de cálculo da medida “taxa de alteração de requisitos”.

Um *Procedimento de Análise de Medição*, por sua vez, é um procedimento que define uma sequência lógica de operações utilizada para representar e analisar valores obtidos com a aplicação de uma medida. Medidas que não são o foco de uma análise não precisam de um procedimento de análise de medição. Por exemplo, se a medida “número de requisitos alterados” só for submetida à análise quando utilizada na composição da medida “taxa de alteração de requisitos”, não há necessidade de um procedimento de análise de medição para a medida “número de requisitos alterados”. Como exemplo de um procedimento de análise de medição, para a medida “taxa de alteração de requisitos” (considerando a análise do comportamento do processo de Gerência de Requisitos em um projeto) tem-se: “(i) Representar graficamente os valores medidos para a medida em análise. (ii) Analisar o desempenho do processo no projeto em relação ao desempenho previsto no âmbito da organização. Para isso, os dados coletados para a medida devem ser representados em um gráfico de controle cujos limites são fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo na

organização. (iii) Caso haja quantidade de dados coletados suficiente para o projeto (pelo menos 20 valores coletados para a medida no projeto) é possível determinar o desempenho do processo especificamente no projeto em análise, representando-se em um gráfico de controle seus valores coletados e calculando-se os limites de controle. O desempenho obtido para o processo no projeto (descrito pelos seus limites de controle) pode, então, ser comparado com o desempenho esperado para o processo no âmbito da organização (descrito pelos limites de controle da *baseline* de desempenho do processo)”.

Por fim, uma medida pode relacionar-se com outras medidas que, de alguma forma, influenciam no valor a ela atribuído, ditas suas *Medidas Correlatas*. Medidas com relações de causa e efeito, medidas relacionadas a um mesmo objetivo no Plano de Medição e medidas utilizadas em uma fórmula de cálculo de medida são exemplos de medidas correlatas.

A2.4.2.3 Dicionário de Termos da Subontologia de Medidas de Software

Na Tabela A2.5 é apresentado o dicionário de termos da Subontologia de Medidas de Software.

Tabela A2.5 – Dicionário de Termos da Subontologia de Medidas de Software.

| <i>Conceito</i> | <i>Descrição</i> | <i>Fonte</i> |
|---------------------|--|--|
| Escala | Estrutura de qualidade formada por valores discretos ou contínuos ou por categorias para a qual uma medida é mapeada. | Presente em (DALMORO, 2008), porém com definição distinta. |
| Escala Absoluta | Escala cujos valores são obtidos através da contagem do número de ocorrências de um determinado elemento. | Novo |
| Escala Intervalar | Escala cujos valores são agrupados em um intervalo. | Novo |
| Escala Nominal | Escala cujos valores são categorizados por nomes. | Novo |
| Escala Ordinal | Escala cujos valores são classificados em uma ordem. | Novo |
| Escala Qualitativa | Escala cujos valores são categorizados por um nome, classificados em uma ordem ou agrupados em um intervalo. | Novo |
| Escala Quantitativa | Escala cujos valores representam uma contagem ou o resultado da aplicação de operações matemáticas sobre outros valores. | Novo |
| Escala Taxa | Escala cujos valores são obtidos através da aplicação de operações matemáticas sobre outros valores. | Novo |

Tabela A2.5 – Dicionário de Termos da Subontologia de Medidas de Software (continuação).

| <i>Conceito</i> | <i>Descrição</i> | <i>Fonte</i> |
|------------------------------------|--|--|
| Fórmula de Cálculo | Expressão matemática utilizada para calcular o valor de uma variável através da quantificação de sua relação com outras variáveis e/ou outros valores. | ISO/IEC 15939 (Função de Medição) <i>Adaptado</i> |
| Fórmula de Cálculo de Medida | Fórmula de cálculo utilizada para calcular uma medida derivada através da quantificação de sua relação com outras medidas (medidas base de cálculo) e/ou outros valores. | Novo |
| Medida | Instrumento de medição que é utilizado para associar um valor a um elemento mensurável. | Presente em (DALMORO, 2008), porém com definição distinta. |
| Medida Base | Medida funcionalmente independente de outras, usada para quantificar um elemento diretamente mensurável. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Medida Correlata ³³ | Medida que influencia no valor atribuído a outra, com a qual se relaciona. | Novo |
| Medida Derivada | Medida que deriva de outras medidas, usada para quantificar um elemento indiretamente mensurável. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Medida Qualitativa | Medida cuja escala é qualitativa. | Novo |
| Medida Quantitativa | Medida cuja escala é quantitativa. | Novo |
| Procedimento de Análise de Medição | Procedimento que define uma sequência lógica de operações utilizadas para representar e analisar os valores coletados para uma medida. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Procedimento de Medição | Procedimento que define uma sequência lógica de operações aplicada a uma medida para associar um valor a um elemento mensurável em relação a uma determinada escala. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Tipo de Escala | Natureza dos valores de uma escala. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Unidade de Medida | Quantidade específica, definida e adotada por convenção, com a qual outras quantidades de mesmo tipo são comparadas para expressar sua magnitude em relação àquela quantidade. | (DALMORO, 2008) |
| Valor da Escala | Valor ou categoria que compõe o conjunto de valores de uma escala. | (DALMORO, 2008) |

³³ Medidas com relações de causa e efeito, medidas relacionadas a um mesmo objetivo e medidas utilizadas em uma fórmula de cálculo de medida são exemplos de medidas correlatas.

A2.4.2.4 Axiomas da Subontologia de Medidas de Software

A seguir são apresentados os axiomas definidos na Subontologia de Medidas de Software. Considerando os tipos de axiomas, A1, A2, A3 e A5 são axiomas de consolidação, enquanto A4 é um axioma de derivação.

A1. Se uma medida derivada $mdd-dv$ quantifica um elemento indiretamente mensurável $elm-im$ e $mdd-dv$ deriva de uma medida mdd , então existe um elemento mensurável elm que é quantificado pela medida mdd e que é subelemento de $elm-im$. **D-MD-A6**

$$(\forall mdd-dv \in \text{Medida Derivada}, mdd \in \text{Medida}, elm-im \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável})$$

$$(quantifica(mdd-dv, elm-im) \wedge \text{derivaDe}(mdd-dv, mdd)) \rightarrow$$

$$(\exists elm \in \text{Elemento Mensurável}) (quantifica(mdd, elm) \wedge \text{subelemento}(elm, elm-im)))$$

A2. Se um procedimento de medição $prd-mç$ é aplicado a uma medida qualitativa $mdd-ql$, então o procedimento de medição $prd-mç$ não possui fórmula de cálculo de medida.

$$(\forall prd-mç \in \text{Procedimento de Medição}, mdd-ql \in \text{Medida Qualitativa})$$

$$(\text{aplicadoA}(prd-mç, mdd-ql) \rightarrow (\neg \exists fcm \in \text{Fórmula de Cálculo de Medida}) (\text{agrega}(prd-mç, fcm)))$$

A3. Se uma medida derivada mdd é calculada pela fórmula de cálculo de medida fcm , então deve existir um procedimento de medição $prd-mç$ aplicado a mdd que agregue a fórmula de cálculo de medida fcm .

$$(\forall mdd \in \text{Medida Derivada}, fcm \in \text{Fórmula de Cálculo de Medida}) (\text{calculadaPor}(mdd, fcm) \rightarrow$$

$$(\exists prd-mç \in \text{Procedimento de Medições}) (\text{aplicadoA}(prd-mç, mdd) \wedge \text{agrega}(prd-mç, fcm))$$

A4. Se uma medida é calculada pela fórmula de cálculo de medida fcm e a fórmula de cálculo de medida fcm usa a medida $mdd2$, então $mdd2$ é uma medida correlata a $mdd1$.

$$(\forall mdd1 \in \text{Medida Derivada}, mdd2 \in \text{Medida}, fcm \in \text{Fórmula de Cálculo de Medida})$$

$$(\text{calculadaPor}(mdd1, fcm) \wedge \text{usa}(fcm, mdd2) \rightarrow \text{medidaCorrelata}(mdd2, mdd1))$$

A5. Se uma medida derivada $mdd-dr$ é calculada pela fórmula de cálculo de medida fcm e fcm usa como medida base para cálculo uma medida mdd , então a medida derivada $mdd-dr$ deve ser derivada de mdd .

$$(\forall mdd-dr \in \text{Medida Derivada}, mdd \in \text{Medida}, fcm \in \text{Fórmula de Cálculo de Medida})$$

$$(\text{calculadaPor}(mdd-dr, fcm) \wedge \text{usa}(fcm, mdd) \rightarrow \text{derivaDe}(mdd-dr, mdd))$$

A2.4.2.5 Avaliação da Subontologia de Medidas de Software

Na Tabela A2.6 é apresentada a avaliação da Subontologia de Medidas de Software.

Tabela A2.6 – Avaliação da Subontologia de Medidas de Software.

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------|
| <i>QC1</i> | Medida | quantifica | Elemento Mensurável | |
| <i>QC2</i> | Medida Base | quantifica | Elemento Diretamente Mensurável | |
| <i>QC3</i> | Medida Derivada | quantifica | Elemento Indiretamente Mensurável | A1 |
| | Elemento Mensurável | é supertipo de | Elemento Diretamente Mensurável | |
| | Medida Base | quantifica | Elemento Indiretamente Mensurável | |
| | Medida Derivada | quantifica | Elemento Diretamente Mensurável | |
| | Elemento Indiretamente Mensurável | é medido a partir de | Elemento Mensurável (<i>subelemento</i>) | |
| <i>QC4</i> | Medida | é supertipo de | Medida Base | |
| | | | Medida Derivada | |
| <i>QC5</i> | Medida Derivada | deriva de | Medida | A1 |
| | Elemento Mensurável | é supertipo de | Elemento Diretamente Mensurável | |
| | Medida Base | quantifica | Elemento Indiretamente Mensurável | |
| | Medida Derivada | quantifica | Elemento Diretamente Mensurável | |
| | Elemento Indiretamente Mensurável | é medido a partir de | Elemento Mensurável (<i>subelemento</i>) | |
| <i>QC6</i> | Medida | possui | Unidade de Medida | |
| <i>QC7</i> | Medida | possui | Escala | |
| | Medida | é supertipo de | Medida Quantitativa | |
| | Medida Quantitativa | possui | Medida Qualitativa | |
| | Medida Qualitativa | possui | Escala Quantitativa | |
| | | | Escala Qualitativa | |
| <i>QC8</i> | Escala | é supertipo de | Escala Quantitativa | |
| | Escala Quantitativa | é supertipo de | Escala Qualitativa | |
| | Escala Qualitativa | é supertipo de | Escala Absoluta | |
| | | | Escala Taxa | |
| | | | Escala Nominal | |
| <i>QC9</i> | Escala | possui | Escala Ordinal | |
| | | | Escala Intervalar | |
| | | | Tipo de Escala | |

Tabela A2.6 – Avaliação da Subontologia de Medidas de Software (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------|--|----------------|
| <i>QC10</i> | Escala | é composta de | Valor de Escala | |
| <i>QC11</i> | Medida | é supertipo de | Medida Quantitativa | |
| | Medida Quantitativa | possui | Medida Qualitativa | |
| | Medida Qualitativa | possui | Escala Quantitativa | |
| | Procedimento de Medição | é aplicado a | Escala Qualitativa | |
| <i>QC12</i> | Procedimento de Análise de Medição | é aplicado a | Medida | |
| <i>QC13</i> | Procedimento de Medição | agrega | Fórmula de Cálculo de Medida | A2, A3 |
| <i>QC14</i> | Medida | é supertipo de | Medida Quantitativa | |
| | Procedimento de Medição | é aplicado a | Medida Qualitativa | |
| | Medida Derivada | é calculada por | Medida | |
| | Medida | é supertipo de | Fórmula de Cálculo de Medida | |
| | | | Medida Base | |
| <i>QC15</i> | Medida | é supertipo de | Medida Derivada | A5 |
| | Medida Derivada | deriva de | Medida | |
| | Medida Derivada | é calculada por | Fórmula de Cálculo de Medida | |
| | Fórmula de Cálculo de Medida | usa | Medida (<i>medida base de cálculo</i>) | |
| <i>QC16</i> | Medida | relaciona-se com | Medida (<i>medida correlata</i>) | A4, A5 |
| | Medida Derivada | é calculada por | Fórmula de Cálculo de Medida | |
| | Fórmula de Cálculo de Medida | usa | Medida (<i>medida base de cálculo</i>) | |
| | Medida | é supertipo de | Medida Base | |
| | Medida Derivada | deriva de | Medida Derivada | |

A2.4.2.6 Instanciação da Subontologia de Medidas de Software

Nas tabelas A2.7 a A2.10 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Medidas de Software. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura A2.3.

Tabela A2.7 – Instanciação da Subontologia de Medidas de Software considerando para as especializações de **Medida**.

| Conceito | Exemplo (instância) |
|----------------------------|---|
| <i>Medida</i> | Número de Requisitos Homologados, Número de Requisitos Alterados, Taxa de Alteração dos Requisitos, Grau de Experiência do Analista |
| <i>Medida Base</i> | Número de Requisitos Homologados, Número de Requisitos Alterados, Grau de Experiência do Analista |
| <i>Medida Derivada</i> | Taxa de Alteração dos Requisitos |
| <i>Medida Quantitativa</i> | Número de Requisitos Homologados, Número de Requisitos Alterados, Taxa de Alteração dos Requisitos |
| <i>Medida Qualitativa</i> | Grau de Experiência do Analista |

Tabela A2.8 – Instanciação da Subontologia de Medidas de Software considerando a medida **Grau de Experiência do Analista**.

| Conceito | Exemplo (instância) |
|--------------------------------|--|
| <i>Elemento Mensurável</i> | Experiência do Analista |
| <i>Escala</i> | Escala que caracteriza o grau de experiência de um Analista de Sistemas considerando-se as características de um projeto. |
| <i>Tipo de Escala</i> | Escala Nominal |
| <i>Valor de Escala</i> | {muito experiente, experiente, pouco experiente, inexperiente} |
| <i>Unidade de Medida</i> | - |
| <i>Procedimento de Medição</i> | <p>Ao alocar um recurso humano no papel de Analista de Sistemas à equipe do projeto, registrar o grau de experiência do recurso humano levando-se em consideração as características desse projeto.</p> <p><i>Muito experiente:</i> o Analista tem experiência superior a 5 anos, tendo atuado em projetos similares ao projeto corrente.</p> <p><i>Experiente:</i> o Analista tem experiência de 3 a 5 anos, tendo atuado em projetos similares ao projeto corrente.</p> <p><i>Pouco experiente:</i> o Analista tem experiência entre 1 e 3 anos, tendo atuado em projetos similares ao projeto corrente.</p> <p><i>Inexperiente:</i> o Analista tem experiência de até 1 ano ou não atuou em projetos similares ao projeto corrente.</p> |

Tabela A2.9 – Instanciação da Subontologia de Medidas de Software considerando a medida **Número de Requisitos Homologados**.

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|--------------------------------|---|
| <i>Elemento Mensurável</i> | Requisitos Homologados |
| <i>Escala</i> | Escala utilizada para caracterizar o número de requisitos homologados para um projeto. |
| <i>Tipo de Escala</i> | Escala Absoluta |
| <i>Valor de Escala</i> | Números inteiros positivos |
| <i>Unidade de Medida</i> | Requisitos |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Após homologação da Especificação de Requisitos do projeto junto ao cliente, registrar o número requisitos homologados para o projeto. O número de requisitos homologados equivale ao número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos homologada. |

Tabela A2.10 – Instanciação da Subontologia de Medidas de Software considerando a medida **Número de Requisitos Alterados**.

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|--------------------------------|--|
| <i>Elemento Mensurável</i> | Requisitos Alterados |
| <i>Escala</i> | Escala utilizada para caracterizar o número de requisitos alterados em projeto. |
| <i>Tipo de Escala</i> | Escala Absoluta |
| <i>Valor de Escala</i> | Números inteiros positivos |
| <i>Unidade de Medida</i> | Requisitos |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Registrar o número requisitos homologados pelo cliente que foram alterados no período. O número de requisitos alterados equivale ao número de requisitos homologados que sofreram alterações no período. |

Tabela A2.11 – Instanciação da Subontologia de Medidas de Software considerando a medida **Taxa de Alteração de Requisitos**.

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|--------------------------------|--|
| <i>Elemento Mensurável</i> | Estabilidade dos Requisitos |
| <i>Escala</i> | Escala utilizada para caracterizar a taxa de alteração dos requisitos de um projeto. |
| <i>Tipo de Escala</i> | Escala Taxa |
| <i>Valor de Escala</i> | Números reais positivos compreendidos entre 0 e 1, incluindo-se esses valores. |
| <i>Unidade de Medida</i> | - |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Calcular a taxa de alteração de requisitos no período. A taxa de alteração de requisitos no período equivale à razão entre o número de requisitos alterados e o número de requisitos homologados para o projeto. |

Tabela A2.11 – Instanciação da Subontologia de Medidas de Software considerando a medida **Taxa de Alteração de Requisitos** (continuação).

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|---|--|
| <i>Procedimento de Análise de Medição</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Representar graficamente os valores medidos no período considerando projetos similares na organização. • Analisar se há projetos cuja taxa de alteração de requisitos destoa significativamente das demais ou de um valor previamente estabelecido pela organização. • Em caso afirmativo, conduzir investigação de causas para que, identificadas as causas, sejam determinadas as ações corretivas necessárias, quando pertinente. |
| <i>Fórmula de Cálculo de Medida</i> | Taxa de Alteração dos Requisitos = Número de Requisitos Alterados / Número de Requisitos Homologados |
| <i>Medidas Correlatas</i> | Número de Requisitos Alterados, Número de Requisitos Homologados e Grau de Experiência do Analista são medidas correlatas à medida Taxa de Alteração dos Requisitos. |

A2.4.3 Subontologia de Objetivos de Medição

A Subontologia de Objetivos de Medição trata do alinhamento da medição aos objetivos estratégicos.

A2.4.3.1 Questões de Competência da Subontologia de Objetivos de Medição

- QC1.* Em relação a seu propósito, como os objetivos de medição podem ser classificados?
- QC2.* Com base em que objetivos estratégicos um objetivo de software é estabelecido?
- QC3.* Com base em que objetivos um objetivo de medição é estabelecido?
- QC4.* Quais são as necessidades de informação identificadas a partir de um objetivo?
- QC5.* Que medidas podem ser utilizadas como indicadores para analisar o alcance a um objetivo?
- QC6.* Que medidas são necessárias para atender uma necessidade de informação?
- QC7.* Que elementos mensuráveis podem quantificar uma necessidade de informação?

A2.4.3.2 Captura e Formalização da Subontologia de Objetivos de Medição

A Figura A2.6 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Objetivos de Medição. Em seguida seus conceitos são descritos.

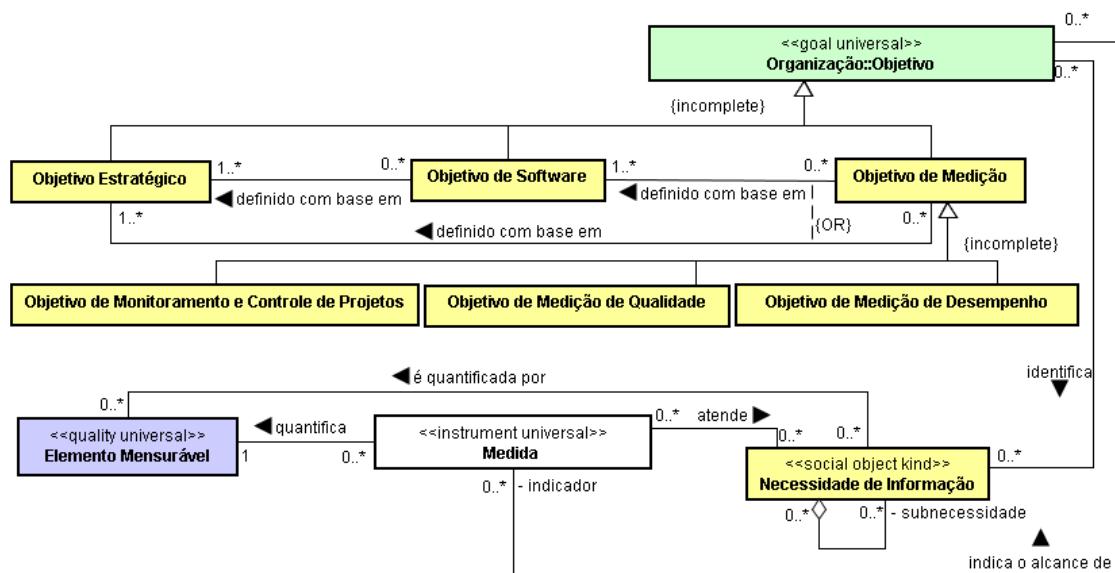


Figura A2.6 – Modelo da Subontologia de Objetivos de Medição.

Conforme definido na Ontologia de Organização de Software, um *Objetivo* é o conteúdo proposicional de uma intenção. Em outras palavras, pode-se dizer que um objetivo expressa a intenção pela qual ações são planejadas e realizadas. No contexto da medição de software, um objetivo pode ser um *Objetivo Estratégico*, um *Objetivo de Software* ou um *Objetivo de Medição*. Um objetivo estratégico expressa a intenção pela qual ações estratégicas são planejadas e realizadas. Como exemplo, tem-se o objetivo “aumentar o número de clientes em 10%”. Um objetivo de software expressa a intenção pela qual ações relacionadas à área de software de uma organização são planejadas e realizadas. O objetivo “obter avaliação MPS.BR nível B” é um exemplo de objetivo de software. Por fim, um objetivo de medição expressa a intenção pela qual ações relacionadas à medição de software são planejadas e realizadas. Como exemplo, tem-se o objetivo “monitorar o desempenho dos processos críticos”. Objetivos de software e objetivos de medição são definidos com base em objetivos estratégicos, sendo que objetivos de medição também podem ser definidos com base em objetivos de software.

Um objetivo de medição pode ser um *Objetivo de Monitoramento e Controle de Projetos* (por exemplo, “melhorar a aderência dos projetos aos planos”), um *Objetivo de Medição de Qualidade* (por exemplo, “reduzir o número de defeitos dos produtos entregues”) ou um *Objetivo de Medição de Desempenho* (por exemplo, “conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos”).

Objetivos identificam *Necessidades de Informação* que são quantificadas por elementos mensuráveis e atendidas por medidas. Como exemplo, tem-se a necessidade de informação “conhecer a estabilidade dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente”,

identificada a partir do objetivo de monitoramento e controle de projetos “melhorar a aderência dos projetos aos planos”, quantificada pelo elemento mensurável “estabilidade dos requisitos” e atendida pela medida “taxa de alteração de requisitos”.

Medidas podem ser utilizadas para indicar o alcance a objetivos. Quando isso ocorre, a medida desempenha o papel de *indicador*. No exemplo citado anteriormente, caso a medida taxa de alteração de requisitos seja uma medida utilizada para indicar o alcance do objetivo “melhorar a aderência dos projetos aos planos”, nesse contexto, ela desempenha o papel de indicador.

A2.4.3.3 Dicionário de Termos da Subontologia de Objetivos de Medição

Na Tabela A2.12 é apresentado o dicionário de termos da Subontologia de Objetivos de Medição.

Tabela A2.12 – Dicionário de Termos da Subontologia de Objetivos de Medição.

| Conceito | Descrição | Fonte |
|--|---|--|
| Indicador | Medida utilizada para indicar o alcance de um objetivo. | ISO/IEC 15939 <i>Adaptado</i> |
| Necessidade de Informação | Informação necessária ao gerenciamento de objetivos, riscos e problemas. | ISO/IEC 15939 <i>Adaptado</i> |
| Objetivo Estratégico | Objetivo pelo qual ações estratégicas são planejadas/ realizadas. | Novo |
| Objetivo de Medição | Objetivo pelo qual ações de medição são planejadas/ realizadas. | Presente em (HUANG e FAR, 2005), mas com definição distinta. |
| Objetivo de Medição de Desempenho | Objetivo pelo qual ações de medição de desempenho são planejadas/ realizadas. | Novo |
| Objetivo de Medição de Qualidade | Objetivo pelo qual ações de medição de qualidade são planejadas/ realizadas. | Novo |
| Objetivo de Monitoramento e Controle de Projetos | Objetivo pelo qual ações de medição de monitoramento e controle de projetos são planejadas/ realizadas. | Novo |
| Objetivo de Software | Objetivo pelo qual ações inerentes à área de software de uma organização são planejadas/ realizadas. | Novo |

A2.4.3.4 Axiomas da Subontologia de Objetivos de Medição

A seguir são apresentados os axiomas definidos na Subontologia de Objetivos de Medição. Considerando os tipos de axiomas, A2 e A3 são axiomas de consolidação, enquanto A1, A4, A5 e A6 são axiomas de derivação.

A1.Se um objetivo de medição $obj-md$ é definido com base em um objetivo de software $obj-sw$ e $obj-sw$ é definido com base em um objetivo estratégico $obj-est$, então $obj-md$ é definido com base em $obj-est$.

$$(\forall obj-md \in Objetivo\ de\ Medi\c{c}\~ao, obj-sw \in Objetivo\ de\ Software, obj-est \in Objetivo\ Estrat\'{e}gico)$$

$$(definidoComBaseEm(obj-md, obj-sw) \wedge definidoComBaseEm(obj-sw, obj-est)) \rightarrow \\ definidoComBaseEm(obj-md, obj-est))$$

A2.Se uma medida mdd é um indicador do alcance a um objetivo obj , então existe uma necessidade de informação inf identificada pelo objetivo obj que é atendida pela medida mdd .

$$(\forall mdd \in Medida, obj \in Objetivo)$$

$$(indicador(mdd, obj) \rightarrow (\exists inf \in Necessidade\ de\ Informa\c{c}\~ao) (identifica(obj, inf) \wedge (atende(mdd, inf)))$$

A3.Se uma necessidade de informação inf é quantificada por um elemento mensurável elm , então deve existir uma medida mdd que atende à necessidade de informação inf e quantifica o elemento mensurável elm .

$$(\forall inf \in Necessidade\ de\ Informa\c{c}\~ao, elm \in Elemento\ Mensur\'{a}vel)$$

$$(quantificadaPor(inf, elm) \rightarrow (\exists mdd \in Medida) (atende(mdd, inf) \wedge quantifica(mdd, elm)))$$

A4.Se uma necessidade de informação $inf2$ é uma subnecessidade de informação de $inf1$ e o objetivo obj identifica $inf1$, então obj identifica $inf2$.

$$(\forall inf1, inf2 \in Necessidade\ de\ Informa\c{c}\~ao, obj \in Objetivo)$$

$$(subnecessidade(inf2, inf1) \wedge identifica(obj, inf1) \rightarrow identifica(obj, inf2))$$

A5.Se uma necessidade de informação $inf2$ é uma subnecessidade de informação de $inf1$ e $inf2$ é quantificada pelo elemento mensurável elm , então $inf1$ é quantificada por elm .

$$(\forall inf1, inf2 \in Necessidade\ de\ Informa\c{c}\~ao, elm \in Elemento\ Mensur\'{a}vel)$$

$$(subnecessidade(inf2, inf1) \wedge quantificadaPor(inf2, elm) \rightarrow quantificadaPor(inf1, elm))$$

A6.Se uma necessidade de informação $inf2$ é uma subnecessidade de informação de $inf1$ e a medida mdd atende $inf2$, então mdd atende $inf1$.

$$(\forall inf1, inf2 \in Necessidade\ de\ Informa\c{c}\~ao, mdd \in Medida)$$

$$(subnecessidade(inf2, inf1) \wedge atende(mdd, inf2) \rightarrow atende(mdd, inf1))$$

A2.4.3.5 Avaliação da Subontologia de Objetivos de Medição

Na Tabela A2.13 é apresentada a avaliação da Subontologia de Objetivos de Medição.

Tabela A2.13 – Avaliação da Subontologia de Objetivos de Medição.

| Questão de Competência | Conceito A | Relação | Conceito B | Axiomas |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|---|---------|
| QC1 | Objetivo | é supertipo de | Objetivo Estratégico | |
| | | | Objetivo de Software | |
| | | | Objetivo de Medição | |
| | Objetivo de Medição | é supertipo de | Objetivo de Medição de Qualidade | |
| | | | Objetivo de Medição de Desempenho | |
| | | | Objetivo de Monitoramento e Controle de Projetos | |
| QC2 | Objetivo de Software | é definido com base em | Objetivo Estratégico | |
| QC3 | Objetivo de Medição | é definido com base em | Objetivo Estratégico | A1 |
| | Objetivo de Medição | é definido com base em | Objetivo de Software | |
| | Objetivo de Software | é definido com base em | Objetivo Estratégico | |
| QC4 | Objetivo | identifica | Necessidade de Informação | A4 |
| | Necessidade de Informação | agrega | Necessidade de Informação (<i>subnecessidade</i>) | |
| QC5 | Medida (<i>indicador</i>) | indica o alcance de | Objetivo | A2 |
| | Objetivo | identifica | Necessidade de Informação | |
| | Medida | atende | Necessidade de Informação | |
| QC6 | Medida | atende | Necessidade de Informação | A6 |
| | Necessidade de Informação | agrega | Necessidade de Informação (<i>subnecessidade</i>) | |
| QC7 | Necessidade de Informação | é quantificada por | Elemento Mensurável | A3, A5 |
| | Medida | atende | Necessidade de Informação | |
| | Medida | quantifica | Elemento Mensurável | |
| | Necessidade de Informação | agrega | Necessidade de Informação (<i>subnecessidade</i>) | |

A2.4.3.6 Instanciação da Subontologia de Objetivos de Medição

Na Tabela A2.14 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Objetivos de Medição. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura A2.3.

Tabela A2.14 – Instanciação da Subontologia de Objetivos de Medição.

| Conceito | Exemplo (instância) |
|--|--|
| Objetivo | Aumentar o número de clientes em 10%. |
| Objetivo Estratégico | Aumentar o número de clientes em 10%. |
| Objetivo de Software | Obter Avaliação MPS.BR nível B. |
| Objetivo de Medição | Reducir o número de defeitos dos produtos entregues. |
| | Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos. |
| | Melhorar a aderência dos projetos aos planos. |
| | Reducir o número de defeitos dos produtos entregues. |
| Objetivo de Medição de Desempenho | Monitorar o desempenho dos processos críticos. |
| Objetivo de Monitoramento e Controle de Projetos | Melhorar a aderência dos projetos aos planos. |
| Necessidade de Informação | Conhecer a estabilidade dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente. |
| Elemento Mensurável | Estabilidade dos Requisitos |
| Medida | Taxa de Alteração dos Requisitos |
| Indicador | Taxa de Alteração dos Requisitos |

A2.4.4 Subontologia de Definição Operacional de Medidas

A Subontologia de Definição Operacional de Medidas trata do detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise das medidas, estabelecido por uma organização de acordo com objetivos de medição.

A2.4.4.1 Questões de Competência da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

- QC1. Quais são as definições operacionais de uma medida em uma organização?
- QC2. De acordo com quais objetivos de medição uma definição operacional de medida é estabelecida?
- QC3. Segundo uma definição operacional de medida, durante que tipo de atividade a medição de uma medida deve ser realizada?
- QC4. Segundo uma definição operacional de medida, que papel deve desempenhar o responsável pela medição da medida?
- QC5. Segundo uma definição operacional de medida, qual deve ser a periodicidade de medição de uma medida?

- QC6.* Segundo uma definição operacional de medida, que procedimento de medição é indicado para se medir uma medida?
- QC7.* Segundo uma definição operacional de medida, durante que tipo de atividade a análise de medição de uma medida deve ser realizada?
- QC8.* Segundo uma definição operacional de medida, que papel deve desempenhar o responsável pela análise de medição da medida?
- QC9.* Segundo uma definição operacional de medida, qual deve ser a periodicidade de análise de medição de uma medida?
- QC10.* Segundo uma definição operacional de medida, que procedimento de análise de medição é indicado para se analisar uma medida?
- QC11.* Que definições operacionais são consideradas na obtenção de um modelo preditivo calibrado?
- QC12.* Quais os tipos de modelos preditivos?
- QC13.* Para qual organização um modelo preditivo calibrado é definido?
- QC14.* Que modelos preditivos podem ser usados para prever uma medida derivada?
- QC15.* Que fórmula de cálculo de medida caracteriza um modelo preditivo?

A2.4.4.2 Captura e Formalização da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

A Figura A2.7 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Definição Operacional de Medidas. Em seguida seus conceitos são descritos.

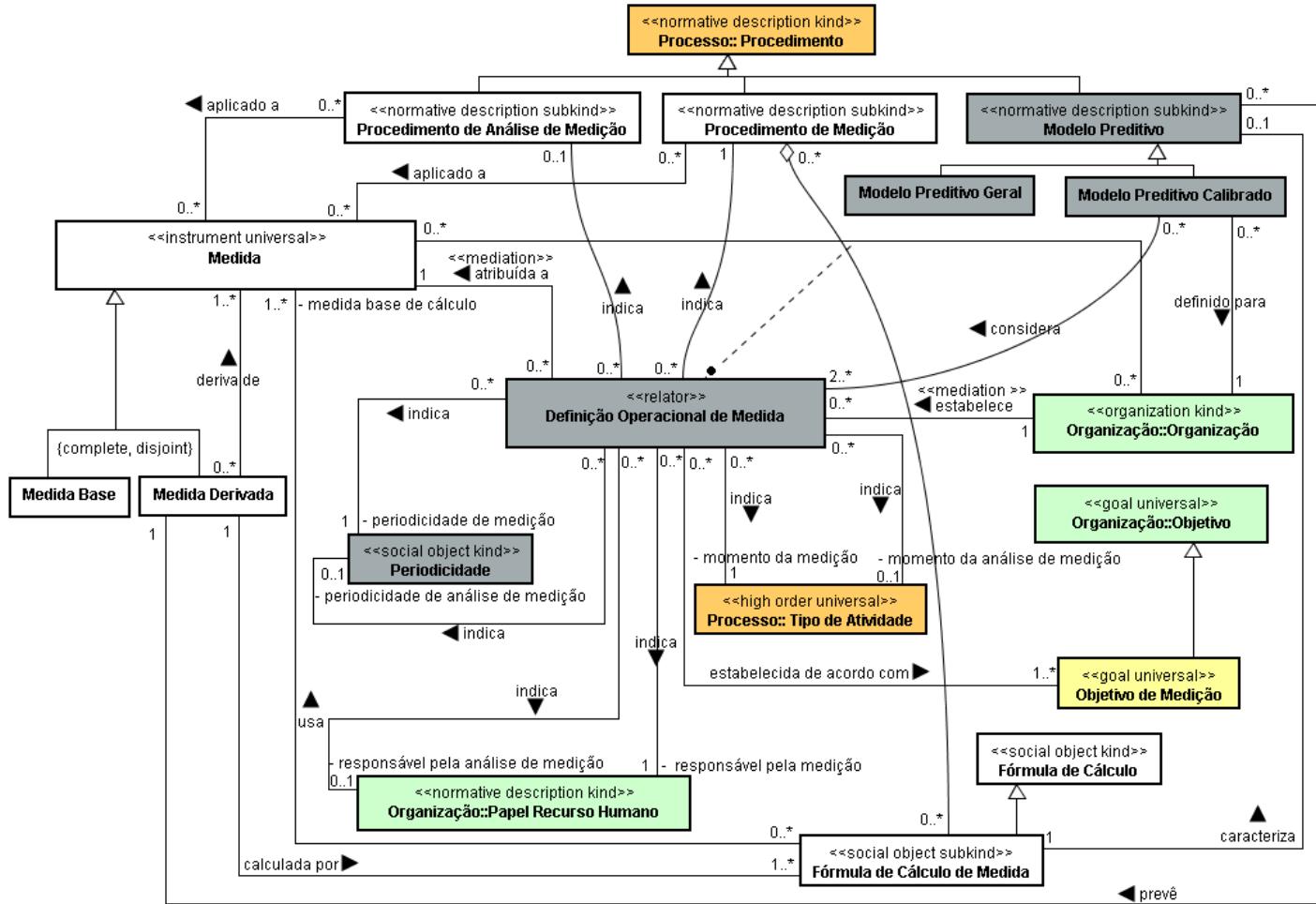


Figura A2.7 – Modelo da Subontologia de Definição Operacional de Medidas.

Uma *Definição Operacional de Medida* é um detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise de uma medida, estabelecido por uma organização, de acordo com objetivos de medição específicos. Uma definição operacional de medida indica: os procedimentos de medição e análise de medição a serem adotados (ambos devem ser procedimentos aplicados à medida em questão), o *momento da medição* (tipo de atividade na qual a medição de uma medida deve ser executada como, por exemplo, a atividade Homologar Especificação de Requisitos do Projeto), a *periodicidade da medição* (frequência com a qual deve ser realizada a medição de uma medida como, por exemplo, mensal, semanal e uma vez em cada ocorrência da atividade), o *responsável pela medição* (papel que deve ser desempenhado pelo recurso humano responsável pela execução de uma medição de uma medida como, por exemplo, o papel Gerente de Projetos pode ser definido como responsável pela medição da medida “taxa de alteração dos requisitos”), o *momento da análise de medição* (tipo de atividade na qual a análise de medição de uma medida deve ser executada como, por exemplo, a atividade Analisar Dados de Monitoramento do Projeto), a *periodicidade de análise de medição* (frequência com a qual deve ser realizada a análise de medição de uma medida) e o *responsável pela análise de medição* (papel que deve ser desempenhado pelo recurso humano responsável pela execução da análise de medição de uma medida como, por exemplo, o papel Gerente de Projetos pode ser definido como responsável pela análise de medição da medida “taxa de alteração dos requisitos”).

Um *Modelo Preditivo* é um procedimento utilizado para prever o valor de uma medida derivada por meio da quantificação das relações dessa medida com outras. São dois os tipos de modelo preditivo: geral e calibrado. Um *Modelo Preditivo Geral* é um modelo preditivo cuja quantificação das relações da medida prevista com outras medidas é estabelecida considerando-se resultados de experiências envolvendo dados coletados para medidas em diversas organizações. Geralmente, são modelos propostos na literatura como, por exemplo, o Modelo Putnam (PUTNAM, 1978; PUTNAM e MYERS, 2003). Um *Modelo Preditivo Calibrado*, por sua vez, é um modelo preditivo cuja quantificação das relações da medida prevista com outras medidas é estabelecida considerando-se os valores coletados para as medidas em uma organização específica, baseando-se em definições operacionais estabelecidas por essa organização. Como exemplo de modelo preditivo calibrado tem-se o modelo preditivo que estabelece uma relação entre as medidas “grau de experiência do analista” e “taxa de alteração dos requisitos”, dada pela fórmula de cálculo de medida “Taxa de Alteração dos Requisitos = k * Número de Requisitos

Homologados”³⁴, onde k é uma constante definida com base em dados coletados para as medidas ao longo de projetos realizados em uma organização específica e vale: 0,317, se o Grau de Experiência do Analista é igual a inexperiente; 0,268, se o Grau de Experiência do Analista é igual a pouco experiente; 0,115, se o Grau de Experiência do Analista é igual a experiente e 0,098, se o Grau de Experiência do Analista é igual a muito experiente.

A2.4.4.3 Dicionário de Termos da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

Na Tabela A2.15 é apresentado o dicionário de termos da Subontologia de Definição Operacional de Medidas.

Tabela A2.15 – Dicionário de Termos da Subontologia de Definição Operacional de Medidas.

| <i>Conceito</i> | <i>Descrição</i> | <i>Fonte</i> |
|-------------------------------|---|--------------|
| Definição Operacional | Detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise de uma medida, estabelecido por uma organização, de acordo com objetivos de medição específicos. | Novo |
| Modelo Preditivo | Procedimento utilizado para prever o valor de uma medida derivada, através da quantificação das relações dessa medida com outras. | Novo |
| Modelo Preditivo Calibrado | Modelo preditivo cuja quantificação das relações da medida prevista com outras medidas é estabelecida considerando-se os valores coletados para as medidas em uma organização específica. | Novo |
| Modelo Preditivo Geral | Modelo preditivo cuja quantificação das relações da medida prevista com outras medidas é estabelecida considerando-se resultados de experiências envolvendo dados coletados para medidas em diversas organizações. Geralmente, são modelos propostos na literatura. | Novo |
| Momento da Análise de Medição | Tipo de atividade na qual a análise da medição de uma medida deve ser executada, estabelecido em uma definição operacional. | Novo |
| Momento da Medição | Tipo de atividade na qual a medição de uma medida deve ser executada, estabelecido em uma definição operacional. | Novo |
| Periodicidade | Frequência com a qual deve ser realizada uma atividade. | Novo |

³⁴ Modelo preditivo hipotético, apenas para exemplificação.

Tabela A2.15 – Dicionário de Termos da Subontologia de Definição Operacional de Medidas (continuação).

| Conceito | Descrição | Fonte |
|-------------------------------------|---|-------|
| Periodicidade de Análise de Medição | Frequência com a qual deve ser realizada a análise de medição de uma medida, estabelecida em uma definição operacional. | Novo |
| Periodicidade de Medição | Frequência com a qual deve ser realizada a medição de uma medida, estabelecida em uma definição operacional. | Novo |
| Responsável pela Análise de Medição | Papel que deve ser desempenhado pelo recurso humano responsável pela execução da análise de medição de uma medida, estabelecido em uma definição operacional. | Novo |
| Responsável pela Medição | Papel que deve ser desempenhado pelo recurso humano responsável pela execução de uma medição de uma medida, estabelecido em uma definição operacional. | Novo |

A2.4.4.4 Axiomas da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

A seguir são apresentados os axiomas definidos na Subontologia de Definição Operacional de Medidas. Considerando os tipos de axiomas, A1, A2, A4, A5, A6 e A7 são axiomas de consolidação, enquanto A3 é um axioma de derivação.

A1. Se uma definição operacional de medida dom atribuída a uma medida mdd indica um procedimento de medição $prd-mç$, então o procedimento de medição $prd-mç$ deve ser um procedimento de medição aplicado à medida mdd .

$$(\forall dom \in \text{Definição Operacional de Medidas}, mdd \in \text{Medida}, prd-mç \in \text{Procedimento de Medições})$$

$$(atribuídaA(dom, mdd) \wedge indica(dom, prd-mç) \rightarrow aplicadoA(prd-mç, mdd))$$

A2. Se uma definição operacional de medida dom atribuída a uma medida mdd indica um procedimento de análise de medição $prd-an$, então o procedimento de análise de medição $prd-an$ deve ser um procedimento de análise de medição aplicado à medida mdd .

$$(\forall dom \in \text{Definição Operacional de Medidas}, mdd \in \text{Medida}, prd-an \in \text{Procedimento de Análise de Medições})$$

$$(atribuídaA(dom, mdd) \wedge indica(dom, prd-an) \rightarrow aplicadoA(prd-an, mdd))$$

A3. Se um modelo preditivo $mdl-pr$ prevê uma medida mdd e o modelo preditivo $mdl-pr$ é caracterizado por uma fórmula de cálculo de medida fcm , então a medida mdd é calculada por fcm .

$(\forall \text{mdl-pr} \in \text{Modelo Preditivo}, \text{mdd} \in \text{Medida}, \text{fcm} \in \text{Fórmula de Cálculo de Medida})$

$(\text{prevê}(\text{mdl-pr}, \text{mdd}) \wedge \text{caracteriza}(\text{fcm}, \text{mdl-pr}) \rightarrow \text{calculadaPor}(\text{mdd}, \text{fcm}))$

A4.Um modelo preditivo calibrado considera apenas uma definição operacional de medida para cada medida. Ou seja: se um modelo preditivo calibrado mpc considera a definição operacional de medida dom1 atribuída à medida mdd , então não há uma definição operacional de medida dom2 atribuída à medida mdd que é considerada por mpc .

$(\forall \text{mpc} \in \text{Modelo Preditivo Calibrado}, \text{dom1} \in \text{Definição Operacional de Medida}, \text{mdd} \in \text{Medida})$

$(\text{considera}(\text{mpc}, \text{dom1}) \wedge \text{atribuídaA}(\text{dom1}, \text{mdd}) \rightarrow$

$(\neg \exists \text{dom2} \in \text{Definição Operacional de Medida}) \text{atribuídaA}(\text{dom2}, \text{mdd}) \wedge \text{considera}(\text{mpc}, \text{dom2}))$

A5.Se um modelo preditivo calibrado mpc é definido para a organização org e considera a definição operacional de medida dom , então dom deve ter sido estabelecida pela organização org .

$(\forall \text{mpc} \in \text{Modelo Preditivo Calibrado}, \text{dom} \in \text{Definição Operacional de Medida}, \text{org} \in \text{Organização})$

$(\text{definidoPara}(\text{mpc}, \text{org}) \wedge \text{considera}(\text{mpc}, \text{dom}) \rightarrow \text{estabelece}(\text{org}, \text{dom}))$

A6. Se um modelo preditivo calibrado mpc prevê uma medida derivada mdd-dr , então mpc deve considerar uma definição operacional de mdd-dr .

$(\forall \text{mpc} \in \text{Modelo Preditivo Calibrado}, \text{mdd-dr} \in \text{Medida Derivada}) (\text{prevê}(\text{mpc}, \text{mdd-dr}) \rightarrow$

$(\exists \text{def-op} \in \text{Definição Operacional de Medida}) \text{atribuídaA}(\text{def-op}, \text{mdd-dr}) \wedge \text{considera}(\text{mpc}, \text{def-op}))$

A7.Se um modelo preditivo calibrado mpc prevê uma medida derivada mdd-dr que deriva de uma medida mdd , então mpc deve considerar uma definição operacional de mdd .

$(\forall \text{mpc} \in \text{Modelo Preditivo Calibrado}, \text{mdd-dr} \in \text{Medida Derivada}, \text{mdd} \in \text{Medida})$

$(\text{prevê}(\text{mpc}, \text{mdd-dr}) \wedge \text{derivaDe}(\text{mdd-dr}, \text{mdd}) \rightarrow$

$(\exists \text{def-op} \in \text{Definição Operacional de Medida}) \text{atribuídaA}(\text{def-op}, \text{mdd}) \wedge \text{considera}(\text{mpc}, \text{def-op}))$

A2.4.4.5 Avaliação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

Na Tabela A2.16 é apresentada a avaliação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas.

Tabela A2.16 – Avaliação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas.

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---|----------------|
| <i>QC1</i> | Definição Operacional de Medida | é atribuída a | Medida | A5 |
| | Organização | estabelece | Definição Operacional de Medida | |
| | Modelo Preditivo Calibrado | considera | Definição Operacional de Medida | |
| | Modelo Preditivo Calibrado | é definido para | Organização | |
| <i>QC2</i> | Definição Operacional de Medida | é estabelecida de acordo com | Objetivo de Medição | |
| <i>QC3</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Tipo de Atividade (momento da medição) | |
| <i>QC4</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Papel Recurso Humano (responsável pela medição) | |
| <i>QC5</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Periodicidade (periodicidade de medição) | |
| <i>QC6</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Procedimento de Medição | A1 |
| | Definição Operacional de Medida | é atribuída a | Medida | |
| | Procedimento de Medição | é aplicado a | Medida | |
| <i>QC7</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Tipo de Atividade (momento da análise de medição) | |
| <i>QC8</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Papel Recurso Humano (responsável pela análise de medição) | |
| <i>QC9</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Periodicidade (periodicidade da análise de medição) | |

Tabela A2.16 – Avaliação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|------------------------------------|-----------------|--|---------------------------|
| <i>QC10</i> | Definição Operacional de Medida | indica | Procedimento de Análise de Medição | <i>A2</i> |
| | Definição Operacional de Medida | é atribuída a | Medida | |
| | Procedimento de Análise de Medição | é aplicado a | Medida | |
| <i>QC11</i> | Modelo Preditivo Calibrado | considera | Definição Operacional de Medida | <i>A4, A5, A6, A7</i> |
| | Organização | estabelece | Definição Operacional de Medida | |
| | Modelo Preditivo Calibrado | é definido para | Organização | |
| | Definição Operacional de Medida | é atribuída a | Medida | |
| | Medida Derivada | deriva de | Medida | |
| | Modelo Preditivo Calibrado | prevê | Medida Derivada | |
| <i>QC12</i> | Modelo Preditivo | é supertipo de | Modelo Preditivo Geral Modelo Preditivo Calibrado | |
| <i>QC13</i> | Modelo Preditivo Calibrado | é definido para | Organização | |
| <i>QC14</i> | Modelo Preditivo | prevê | Medida Derivada | <i>A3</i> |
| | Fórmula de Cálculo de Medida | caracteriza | Modelo Preditivo | |
| | Fórmula de Cálculo de Medida | usa | Medida | |
| | Medida Derivada | deriva de | Medida | |
| <i>QC15</i> | Fórmula de Cálculo de Medida | caracteriza | Modelo Preditivo | <i>A3</i> |
| | Modelo Preditivo | prevê | Medida Derivada | |
| | Medida Derivada | deriva de | Medida | |
| | Fórmula de Cálculo de Medida | usa | Medida | |

A2.4.4.6 Instanciação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas

Nas tabelas A2.17 a A2.22 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Definição Operacional de Medidas. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura A2.3.

Tabela A2.17 – Instanciação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas considerando a definição operacional **DOM-01** da medida **Grau de Experiência do Analista** na organização **Org**.

| Conceito | Exemplo (instância) |
|--|--|
| <i>Definição Operacional de Medida</i> | DOM-01 |
| <i>Medida</i> | Grau de Experiência do Analista |
| <i>Organização</i> | Org |
| <i>Objetivo de Medição</i> | Melhorar a aderência dos projetos aos planos |
| <i>Procedimento de Medição</i> | <p>Ao alocar um recurso humano no papel de Analista de Sistemas à equipe do projeto, registrar o grau de experiência do recurso humano levando-se em consideração as características desse projeto.</p> <p><i>Muito experiente</i>: o Analista tem experiência superior a 5 anos, tendo atuado em projetos similares ao projeto corrente.</p> <p><i>Experiente</i>: o Analista tem experiência de 3 a 5 anos, tendo atuado em projetos similares ao projeto corrente.</p> <p><i>Pouco experiente</i>: o Analista tem experiência entre 1 e 3 anos, tendo atuado em projetos similares ao projeto corrente.</p> <p><i>Inexperiente</i>: o Analista tem experiência de até 1 ano ou não atuou em projetos similares ao projeto corrente.</p> |
| <i>Periodicidade de Medição</i> | Uma vez em cada projeto |
| <i>Momento da Medição</i> | Atividade Alocar Recursos Humanos ao Projeto |
| <i>Responsável pela Medição</i> | Gerente do Projeto |

Tabela A2.18 – Instanciação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas considerando a definição operacional **DOM-02** da medida **Número de Requisitos Homologados** na organização **Org.**

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|--|---|
| <i>Definição Operacional de Medida</i> | DOM-02 |
| <i>Medida</i> | Número de Requisitos Homologados |
| <i>Organização</i> | Org |
| <i>Objetivo de Medição</i> | Melhorar a aderência dos projetos aos planos |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Após homologação da Especificação de Requisitos do projeto junto ao cliente, registrar o número requisitos homologados para o projeto. O número de requisitos homologados equivale ao número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos homologada. |
| <i>Periodicidade de Medição</i> | Uma vez em cada projeto |
| <i>Momento da Medição</i> | Atividade Homologar Especificação de Requisitos |
| <i>Responsável pela Medição</i> | Analista de Sistemas |

Tabela A2.19 – Instanciação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas considerando a definição operacional **DOM-03** da medida **Número de Requisitos Alterados** na organização **Org.**

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|--|--|
| <i>Definição Operacional de Medida</i> | DOM-03 |
| <i>Medida</i> | Número de Requisitos Alterados |
| <i>Organização</i> | Org |
| <i>Objetivo de Medição de Desempenho</i> | Monitorar desempenho dos processos críticos |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Registrar o número requisitos homologados pelo cliente que foram alterados no período. O número de requisitos alterados equivale ao número de requisitos homologados que sofreram alterações no período. |
| <i>Periodicidade de Medição</i> | Uma vez em cada ocorrência da atividade |
| <i>Momento da Medição</i> | Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos |
| <i>Responsável pela Medição</i> | Analista de Sistemas |

Tabela A2.20 – Instanciação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas considerando a definição operacional **DOM-04** da medida **Taxa de Alteração dos Requisitos** na organização **Org.**

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|--|---|
| <i>Definição Operacional de Medida</i> | DOM-04 |
| <i>Medida</i> | Taxa de Alteração dos Requisitos |
| <i>Organização</i> | Org |
| <i>Objetivo de Medição de Desempenho</i> | Monitorar desempenho dos processos críticos |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Calcular a taxa de alteração de requisitos no período. A taxa de alteração de requisitos no período equivale à razão entre o número de requisitos homologados que sofreram alteração no período e o número de requisitos homologados para o projeto. |
| <i>Periodicidade de Medição</i> | Uma vez em cada ocorrência da atividade |
| <i>Momento da Medição</i> | Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos |
| <i>Responsável pela Medição</i> | Gerente do Projeto |
| <i>Procedimento de Análise de Medição</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Representar graficamente os valores medidos para a medida em análise. • Analisar o desempenho do processo no projeto em relação ao desempenho previsto no âmbito da organização. Para isso, os dados coletados para a medida devem ser representados em um gráfico de controle cujos limites são fornecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo na organização. • Caso haja quantidade de dados coletados suficiente para o projeto (pelo menos 20 valores coletados para a medida no projeto) é possível determinar o desempenho do processo especificamente no projeto em análise, representando-se em um gráfico de controle seus valores coletados e calculando-se os limites de controle. O desempenho obtido para o processo no projeto (descrito pelos seus limites de controle) pode, então, ser comparado com o desempenho esperado para o processo no âmbito da organização (descrito pelos limites de controle da <i>baseline</i> de desempenho do processo). |
| <i>Periodicidade de Análise de Medição</i> | Uma vez em cada ocorrência da atividade |
| <i>Momento da Análise de Medição</i> | Atividade Analisar Dados de Monitoramento do Projeto |
| <i>Responsável pela Análise de Medição</i> | Gerente do Projeto |

Tabela A2.21 - Instanciação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas para o Modelo Preditivo Geral **Modelo PUTMAN**.

| Conceito | Exemplo (instância) |
|------------------------------|---|
| Modelo Preditivo | Modelo PUTNAM |
| Modelo Preditivo Geral | Modelo PUTNAM |
| Medida Derivada | Esforço de Desenvolvimento |
| Fórmula de Cálculo de Medida | $K = L^3 / Ck^3 T^4$ <p>Onde:</p> <ul style="list-style-type: none"> K: esforço de desenvolvimento (pessoas*ano) L: linhas de código T: tempo de desenvolvimento em anos Ck : constante do estado da tecnologia <p>$Ck = 2000$ se o ambiente de desenvolvimento é precário $Ck = 8000$ se o ambiente de desenvolvimento é bom $Ck = 1100$ se o ambiente de desenvolvimento é ótimo</p> |

Tabela A2.22 - Instanciação da Subontologia de Definição Operacional de Medidas para o Modelo Preditivo Calibrado **MPR-01**.

| Conceito | Exemplo (instância) |
|------------------------------|--|
| Modelo Preditivo | MPR-01 |
| Modelo Preditivo Calibrado | MPR-01 |
| Medida Derivada | Taxa de Alteração dos Requisitos |
| Definição Operacional (1) | DOM-04 |
| Definição Operacional (2) | DOM-02 |
| Fórmula de Cálculo de Medida | <p>Taxa de Alteração dos Requisitos = $k * \text{Número de Requisitos Homologados}^{35}$</p> <p>Onde k é uma constante obtida a partir da análise de dados coletados para as medidas ao longo de projetos realizados, a fim de se estabelecer uma relação entre o Grau de Experiência do Analista e a Taxa de Alteração dos Requisitos.</p> <p>$k = 0,317$ se o Grau de Experiência do Analista é <i>inexperiente</i>, $k = 0,268$ se o Grau de Experiência do Analista é <i>pouco experiente</i>, $k = 0,115$ se o Grau de Experiência do Analista é <i>experiente</i> e $k = 0,098$ se o Grau de Experiência do Analista é <i>muito experiente</i>.</p> |

A2.4.5 Subontologia de Medição de Software

A Subontologia de Medição de Software trata da medição propriamente dita, ou seja, a coleta e armazenamento dos dados para as medidas.

³⁵ Modelo preditivo hipotético, apenas para exemplificação.

A2.4.5.1 Questões de Competência da Subontologia de Medição de Software

- QC1.* Que entidade mensurável é medida em uma medição? **D-MD-QC1**
- QC2.* Qual o tipo da entidade mensurável que está sendo medida em uma medição? **D-MD-QC2**
- QC3.* Qual elemento mensurável da entidade mensurável é medido em uma medição? **D-MD-QC4**
- QC4.* Que medida é aplicada na medição de um elemento mensurável? **D-MD-QC6**
- QC5.* Que procedimento de medição é adotado em uma medição? **D-MD-QC19**
- QC6.* Qual o resultado de uma medição? **D-MD-QC16**
- QC7.* Que definição operacional da medida é utilizada em uma medição?
- QC8.* Por qual recurso humano é realizada uma medição?
- QC9.* Em que atividade é realizada uma medição?
- QC10.* Em que contexto é realizada uma medição?
- QC11.* Quando é realizada uma medição?

A2.4.5.2 Captura e Formalização da Subontologia de Medição de Software

A Figura A2.8 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Medição de Software. Em seguida seus conceitos são descritos. O conceito *Intervalo de Tempo* foi utilizado diretamente de UFO, estando, por isso, identificado em uma nova cor no modelo.

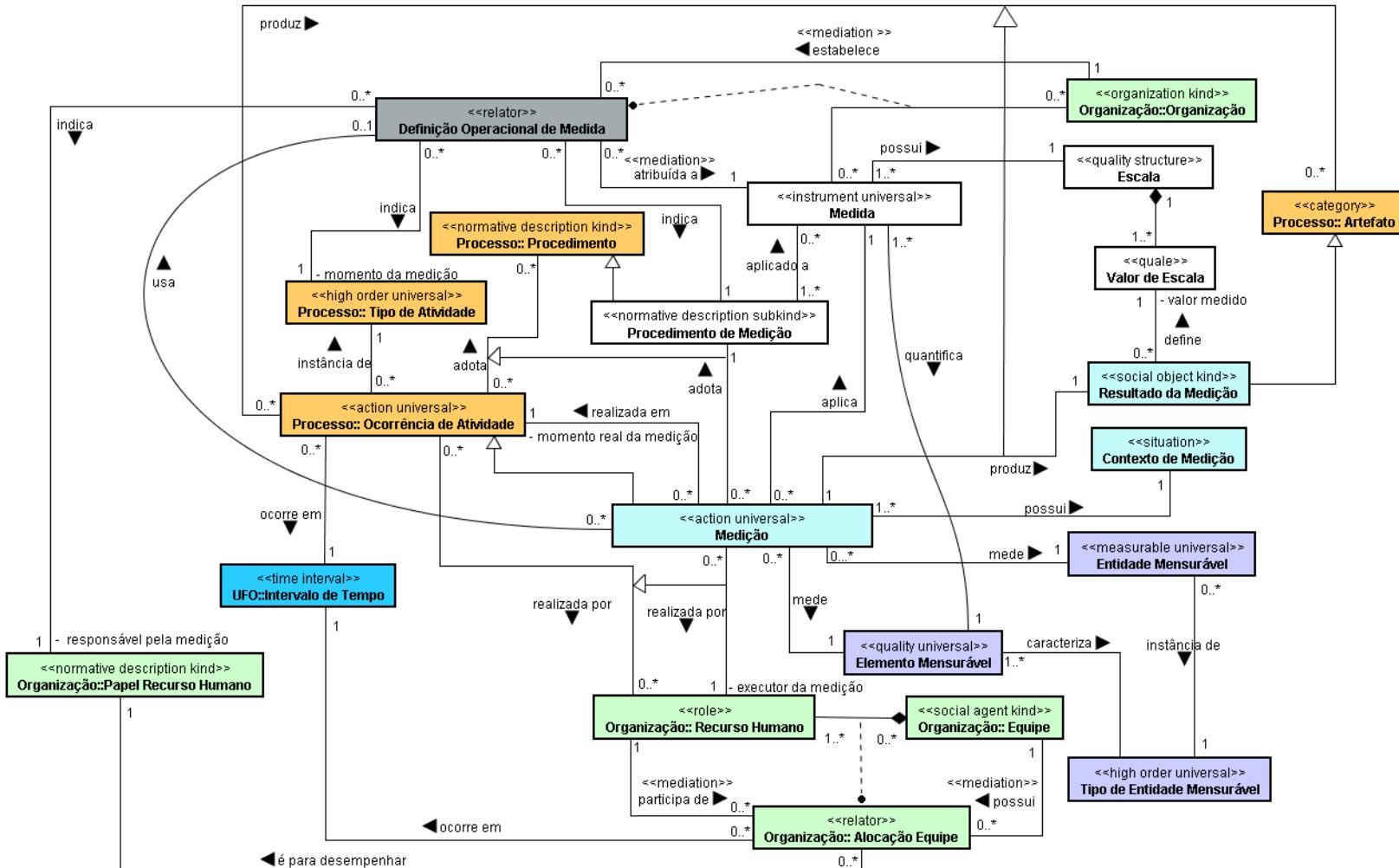


Figura A2.8 – Modelo da Subontologia de Medição de Software.

Medição é uma ação que visa medir um *Elemento Mensurável* de uma *Entidade Mensurável*, aplicando-se uma *Medida* e obtendo-se um *Resultado de Medição* que define um *valor medido*. Por exemplo, a medição do elemento mensurável “requisitos alterados” do artefato “Especificação de Requisitos”, aplicando a medida “número de requisitos alterados”, obtém o resultado que define como valor medido “8”. Uma medição pode usar uma *Definição Operacional de Medida* e, nesse caso, a definição operacional de medida utilizada na medição deve ser uma definição operacional da medida que a referida medição aplica.

Uma medição é executada por um *Recurso Humano*, que atua como *executor da medição*, e é realizada em uma *Ocorrência de Atividade*, que representa o *momento real da medição*. Por exemplo, a medição citada anteriormente pode ter sido executada pelo recurso humano “João da Silva” na ocorrência de atividade “Avaliar a Necessidade de Mudança de Requisitos”. Quando uma medição utiliza uma definição operacional de medida, o *Papel de Recurso Humano* desempenhado pelo executor da medição quando a medição é realizada deve ser o mesmo papel de recurso humano indicado pela definição operacional de medida para o responsável pela medição. De forma análoga, a ocorrência de atividade que representa o momento real da medição deve ser uma instância do *Tipo de Atividade* indicado pela definição operacional de medida para o momento da medição.

Uma medição usa um *Procedimento de Medição*, sendo que esse procedimento deve ser um procedimento de medição aplicado à medida utilizada na medição. Além disso, se uma medição utiliza uma definição operacional de medida, o procedimento de medição usado deve ser o procedimento que a referida definição operacional indica.

Uma medição produz um *Resultado de Medição*, o qual, por sua vez, define um *valor medido*, que deve ser um valor da escala da medida aplicada. Além disso, uma medição possui um *Contexto de Medição*, que é uma situação (*Situation* em UFO) que descreve as condições sob as quais a medição foi realizada. Para a medição do exemplo citado anteriormente, um contexto de medição poderia ser “medição realizada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo sistema, o que contribuiu para o elevado número de alterações registradas”.

A2.4.5.3 Dicionário de Termos da Subontologia de Medição de Software

Na Tabela A2.23 é apresentado o dicionário de termos da Subontologia de Medição de Software.

Tabela A2.23 – Dicionário de Termos da Subontologia de Medição de Software.

| Conceito | Descrição | Fonte |
|-------------------------|---|------------------------------------|
| Contexto de Medição | Situação na qual foi realizada uma medição. | Novo |
| Executor da Medição | Recurso humano que realizou a execução de uma medição. | Novo |
| Medição | Ação que visa medir um elemento mensurável de uma entidade mensurável, aplicando-se uma medida e obtendo-se um valor medido. Para tal, pode usar uma definição operacional de medida. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |
| Momento Real da Medição | Atividade na qual uma medição foi efetivamente executada. | Novo |
| Resultado da Medição | Artefato produzido em uma medição que define o valor medido para a medida em uma medição. | Novo |
| Valor Medido | Valor da escala de uma medida atribuído como resultado de uma medição. | Novo |

A2.4.5.4 Axiomas da Subontologia de Medição de Software

A seguir são apresentados os axiomas definidos na Subontologia de Medição de Software. Considerando os tipos de axiomas, todos os axiomas dessa subontologia são axiomas de consolidação.

- A1. Uma medição $md\ddot{c}$ que mede uma entidade mensurável enm de um tipo de entidade mensurável $tp\text{-}enm$ só pode medir elementos mensuráveis que caracterizam o tipo de entidade mensurável $tp\text{-}enm$. **D-MD-A2 (reescrito)**

$(\forall md\ddot{c} \in \text{Medição}, enm \in \text{Entidade Mensurável}, tp\text{-}enm \in \text{Tipo de Entidade Mensurável}, elm \in \text{Elemento Mensurável}) (mede(md\ddot{c}, enm) \wedge \text{instânciaDe}(enm, tp\text{-}enm) \wedge \text{mede}(md\ddot{c}, elm) \rightarrow \text{caracteriza}(elm, tp\text{-}enm))$

- A2. Se uma medição $md\ddot{c}$ aplica uma medida mdd e a medição $md\ddot{c}$ mede um elemento mensurável elm , então a medida mdd deve quantificar o elemento mensurável elm . **D-MD-A1 (reescrito)**

$$(\forall md\zeta \in \text{Medição}, mdd \in \text{Medida}, elm \in \text{Elemento Mensurável})$$

$$(aplica(md\zeta, mdd) \wedge mede(md\zeta, elm) \rightarrow quantifica(mdd, elm))$$

- A3. Se uma medição $md\zeta$ aplica uma medida mdd e a medição $md\zeta$ mede um elemento diretamente mensurável $elm-dm$, então a medida mdd deve ser uma medida base que quantifica o elemento diretamente mensurável $elm-dm$. **D-MD-A4**

$$(\forall md\zeta \in \text{Medição}, mdd-bs \in \text{Medida Base}, elm-dm \in \text{Elemento Diretamente Mensurável})$$

$$(aplica(md\zeta, mdd-bs) \wedge mede(md\zeta, elm-dm) \rightarrow quantifica(mdd-bs, elm-dm))$$

- A4. Se uma medição $md\zeta$ aplica uma medida mdd e a medição $md\zeta$ mede um elemento indiretamente mensurável $elm-im$, então a medida mdd deve ser uma medida derivada que quantifica o elemento indiretamente mensurável $elm-im$. **D-MD-A5**

$$(\forall md\zeta \in \text{Medição}, mdd-dv \in \text{Medida Derivada}, elm-im \in \text{Elemento Indiretamente Mensurável})$$

$$(aplica(md\zeta, mdd-dv) \wedge mede(md\zeta, elm-im) \rightarrow quantifica(mdd-dv, elm-im))$$

- A5. Se uma medição $md\zeta$ aplica uma medida mdd e usa um procedimento e medição $prd-m\zeta$, então o procedimento de medição $prd-m\zeta$ deve ser aplicável à medida mdd . **D-MD-A3**

$$(\forall md\zeta \in \text{Medição}, mdd \in \text{Medida}, prd-m\zeta \in \text{Procedimento de Medição})$$

$$(aplica(md\zeta, mdd) \wedge usa(md\zeta, prd-m\zeta) \rightarrow aplicadoA(prd-m\zeta, mdd))$$

- A6. Uma medição só pode usar uma definição operacional de medida atribuída à medida aplicada na medição. Ou seja: se uma medição $md\zeta$ é realizada para uma medida mdd e usa uma definição operacional de medida dom , então dom deve ser uma definição operacional de medida atribuída à medida mdd .

$$(\forall md\zeta \in \text{Medição}, mdd \in \text{Medida}, dom \in \text{Definição Operacional de Medida})$$

$$(aplica(md\zeta, mdd) \wedge usa(md\zeta, dom) \rightarrow atribuídaA(dom, mdd))$$

- A7. Se uma medição $md\zeta$ usa uma definição operacional de medida dom e $md\zeta$ é realizada em uma ocorrência de atividade $oc-atv$ (momento real da medição) que é instância do tipo de atividade $tp-atv$, então o tipo de atividade $tp-atv$ deve ser o momento da medição indicado na definição operacional de medida dom .

$$(\forall md\zeta \in \text{Medição}, dom \in \text{Definição Operacional de Medida}, oc-atv \in \text{Ocorrência de Atividade}, tp-atv \in \text{Tipo de Atividade}) (usa(md\zeta, dom) \wedge momentoRealDaMedição(md\zeta, oc-atv))$$

$$\wedge instânciaDe(oc-atv, tp-atv) \rightarrow momentoDaMedição(dom, tp-atv))$$

A8. Se uma medição $md\zeta$ usa uma definição operacional de medida dom e a definição operacional de medida dom indica o procedimento de medição $prd-m\zeta$, então $md\zeta$ deve usar o procedimento de medição $prd-m\zeta$.

$$(\forall md\zeta \in \text{Medição}, dom \in \text{Definição Operacional de Medida}, prd-m\zeta \in \text{Procedimento de Medição})$$

$$(usa(md\zeta, dom) \wedge indica(dom, prd-m\zeta) \rightarrow usa(md\zeta, prd-m\zeta))$$

A9. Se uma medição $md\zeta$ usa uma definição operacional de medida dom que indica o papel recurso humano prh como responsável pela medição e a medição $md\zeta$ é realizada por um recurso humano rh , então rh deve participar de uma alocação equipe $al-eqp$ desempenhando o papel recurso humano prh .

$$\begin{aligned} & (\forall md\zeta \in \text{Medição}, dom \in \text{Definição Operacional de Medida}, prh \in \text{Papel Recurso Humano}, rh \in \\ & \text{Recurso Humano}) (usa(md\zeta, dom) \wedge responsávelPelaMedição(dom, prh) \wedge executorDaMedição(md\zeta, rh) \\ & \rightarrow (\exists al-eqp \in \text{Alocação Equipe}) participaDe(rh, al-eqp) \wedge ePara(al-eqp, prh)) \end{aligned}$$

A10. Se uma medição $md\zeta$ aplica uma medida mdd cuja escala é esc e produz um resultado de medição $rs-md\zeta$ que define como valor medido um valor de escala vl , então vl deve ser um valor da escala esc .

$$\begin{aligned} & (\forall md\zeta \in \text{Medição}, mdd \in \text{Medida}, esc \in \text{Escala}, rs-md\zeta \in \text{Resultado de Medição}, vl \in \text{Valor de} \\ & \text{Escala}) (aplica(md\zeta, mdd) \wedge possui(mdd, esc) \wedge produz(mdd, rs-md\zeta) \wedge define(rs-md\zeta, vl) \rightarrow \\ & eParteDe(vl, esc)) \end{aligned}$$

A2.4.5.5 Avaliação da Subontologia de Medição de Software

Na Tabela A2.24 é apresentada a avaliação da Subontologia de Medição de Software.

Tabela A2.24 – Avaliação da Subontologia de Medição de Software.

| Questão de Competência | Conceito A | Relação | Conceito B | Axiomas |
|------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------|---------|
| <i>QC1</i> | Medição | mede | Entidade Mensurável | |
| <i>QC2</i> | Medição | mede | Entidade Mensurável | |
| | Entidade Mensurável | é instância de | Tipo de Entidade Mensurável | |
| <i>QC3</i> | Medição | mede | Elemento Mensurável | A1 |
| | Medição | mede | Entidade Mensurável | |
| | Entidade Mensurável | é instância de | Tipo de Entidade Mensurável | |
| | Elemento Mensurável | caracteriza | Tipo de Entidade Mensurável | |

Tabela A2.24 – Avaliação da Subontologia de Medição de Software (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|---|----------------|--|----------------|
| <i>QC4</i> | Medição | aplica | Medida | A2, A3, A4 |
| | Medição | mede | Elemento Mensurável | |
| | Medida | quantifica | Elemento Mensurável | |
| | Medida | é supertipo de | Medida Base Medida Derivada | |
| | Elemento Mensurável | é supertipo de | Elemento Diretamente Mensurável | |
| | | | Elemento Indiretamente Mensurável | |
| | Medida Base | quantifica | Elemento Diretamente Mensurável | |
| | Medida Derivada | quantifica | Elemento Indiretamente Mensurável | |
| <i>QC5</i> | Medição | usa | Procedimento de Medição | A5, A8 |
| | Medição | aplica | Medida | |
| | Procedimento de Medição | aplicado a | Medida | |
| | Medição | usa | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | atribuída a | Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | indica | Procedimento de Medição | |
| <i>QC6</i> | Medição | produz | Resultado de Medição | A10 |
| | Resultado de Medição | define | Valor de Escala (<i>valor medido</i>) | |
| | Medição | aplica | Medida | |
| | Medida | possui | Escala | |
| | Valor de Escala (<i>valor medido</i>) | é parte de | Escala | |
| <i>QC7</i> | Medição | aplica | Medida | A6 |
| | Medição | usa | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | atribuída a | Medida | |
| <i>QC8</i> | Medição | realizada por | Recurso Humano (<i>executor da medição</i>) | A9 |
| | Medição | usa | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | indica | Papel Recurso Humano (<i>responsável pela medição</i>) | |
| | Recurso Humano | participa de | Alocação Equipe | |
| | Alocação Equipe | é para | Papel Recurso Humano | |
| <i>QC9</i> | Medição | realizada em | Ocorrência de Atividade (<i>momento real da medição</i>) | A7 |
| | Medição | usa | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | indica | Tipo de Atividade (<i>momento da medição</i>) | |
| | Ocorrência de Atividade | é instância de | Tipo de Atividade | |

Tabela A2.24 – Avaliação da Subontologia de Medição de Software (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| <i>QC10</i> | Medição | possui | Contexto de Medição | |
| <i>QC11</i> | Medição | é subtipo de | Ocorrência de Atividade | |
| | Ocorrência de Atividade | ocorre em | Intervalo de Tempo | |

A2.4.5.6 Instanciação da Subontologia de Medição de Software

Na Tabela A2.25 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Medição de Software. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura A2.3.

Tabela A2.25 – Instanciação da Subontologia de Medição de Software.

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|---|--|
| <i>Medida</i> | Número de Requisitos Alterados |
| <i>Definição Operacional de Medida</i> | DOM-03 |
| <i>Entidade Mensurável (Artefato)</i> | Especificação de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento PD1 |
| <i>Tipo de Entidade Mensurável</i> | Artefato |
| <i>Elemento Mensurável</i> | Requisitos Alterados |
| <i>Medição</i> | MED-01 <i>(Atribuição, no dia 10/02/2009, do valor medido 8 à medida Número de Requisitos Alterados)</i> |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Registrar o número requisitos homologados pelo cliente que foram alterados no período. O número de requisitos alterados equivale ao número de requisitos homologados que sofreram alterações no período. |
| <i>Resultado da Medição</i> | Valor Medido definido = 8 |
| <i>Contexto da Medição</i> | Medição realizada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo sistema, o que contribuiu para o elevado número de alterações registradas. |
| <i>Executor da Medição</i> | João da Silva |
| <i>Momento Real da Medição</i> | Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento PD1 |
| <i>Intervalo de Tempo (Medição)</i> | <i>Início: 10/02/2009 15:30</i> <i>Fim: 10/02/2009 15:45</i> |
| <i>Recurso Humano</i> | João da Silva |
| <i>Equipe</i> | Equipe do Projeto de Desenvolvimento PD1 |
| <i>Papel Recurso Humano</i> | Analista de Sistemas |
| <i>Organização</i> | Org |
| <i>Alocação Equipe</i> | <i>AL-EQP01</i> <i>(Alocação de João da Silva à Equipe do Projeto de Desenvolvimento PD1, da Organização Org, desempenhando o papel de Analista de Sistemas, de 25/01/2009 a 25/06/2009)</i> |
| <i>Intervalo de Tempo (Alocação Equipe)</i> | <i>Início: 25/01/2009</i> <i>Fim: 25/06/2009</i> |

A2.4.6 Subontologia de Resultados da Medição

A Subontologia de Resultados da Medição trata da análise dos dados coletados para as medidas para obtenção das informações de apoio à tomada de decisões.

A2.4.6.1 Questões de Competência da Subontologia de Resultados da Medição

- QC1.* Quais os tipos de procedimento de análise de medição?
- QC2.* Que métodos analíticos um procedimento de análise de medição sugere?
- QC3.* Quais os tipos de métodos analíticos?
- QC4.* Quais são os critérios de decisão de um procedimento de análise de medição baseado em critérios? **D-AQ-QC2 (reescrita)**
- QC5.* Que premissas compõem um critério de decisão? **D-AQ-QC3**
- QC6.* Qual a conclusão de um critério de decisão? **D-AQ-QC4**
- QC7.* Que procedimentos são adotados em uma análise de medição? **D-AQ-QC5 (reescrita)**
- QC8.* Que entidade mensurável é caracterizada em uma análise de medição?
- QC9.* Qual medida é analisada em uma análise de medição? **D-AQ-QC8**
- QC10.* Quais valores medidos são analisados em uma análise de medição? **D-AQ-QC6 (reescrita)**
- QC11.* De que atividade de medição depende uma atividade de análise de medição?
D-AQ-QC7
- QC12.* Qual o resultado de uma análise de medição?
- QC13.* Que definição operacional é considerada em uma análise de medição?
- QC14.* Por qual recurso humano uma análise de medição é realizada?
- QC15.* Em que atividade é realizada uma análise de medição?
- QC16.* Quando é realizada uma análise de medição?

A2.4.6.2 Captura e Formalização da Subontologia de Resultados da Medição

A Figura A2.9 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Resultados da Medição. Em seguida seus conceitos são descritos.

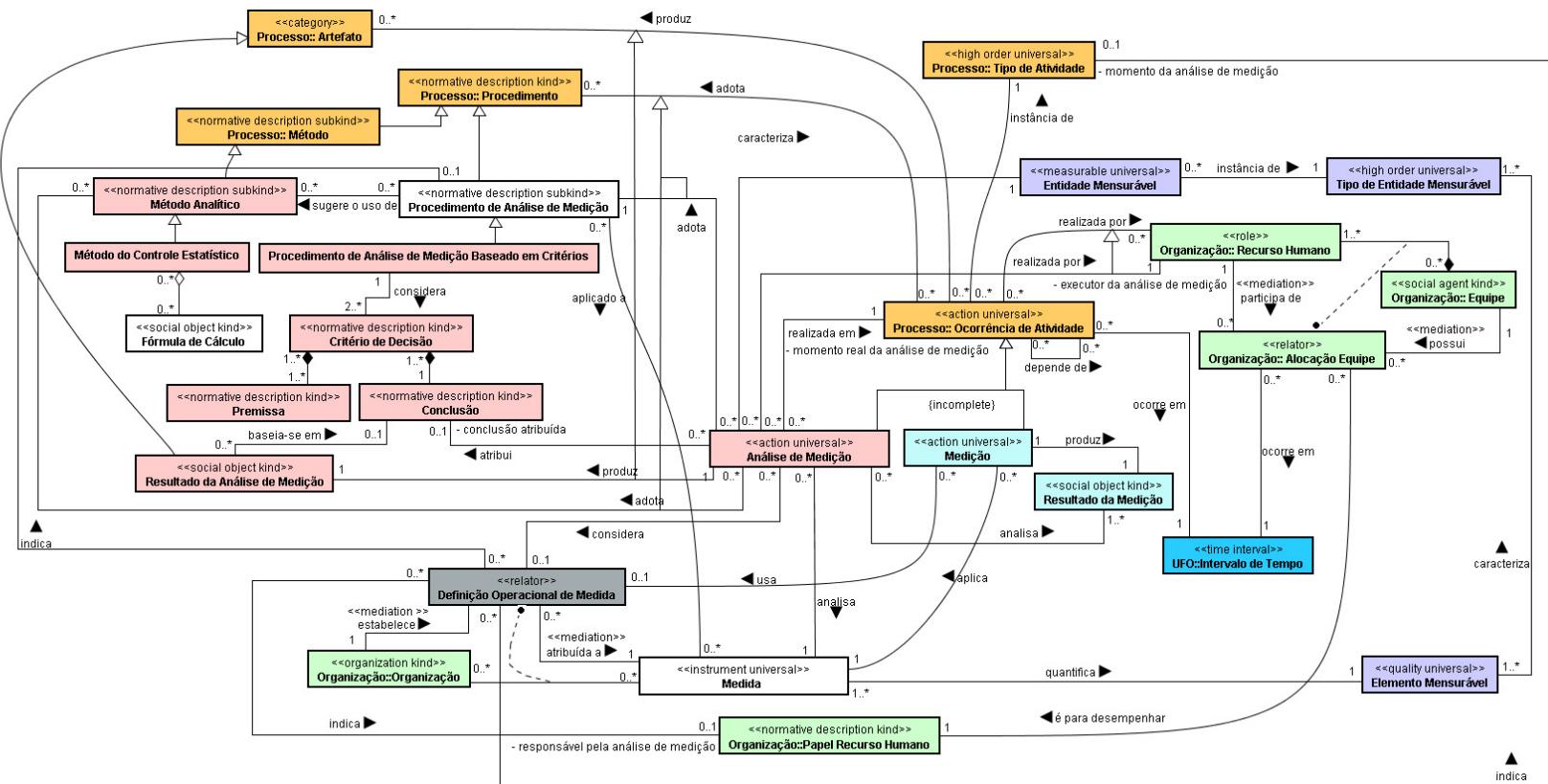


Figura A2.9 – Modelo da Subontologia de Resultados da Medição.

Uma *Análise de Medição* é uma ação que visa analisar *valores medidos* definidos em *Resultados de Medição*, adotando um *Procedimento de Análise de Medição* para chegar a um resultado (*Resultado da Análise de Medição*) que, de algum modo, caracterize a *Entidade Mensurável* que foi medida. Um exemplo desse conceito seria a análise de valores medidos para a medida “taxa de alteração de requisitos”, a fim de caracterizar a ocorrência de processo de software Gerência de Requisitos no Projeto X.

Uma análise de medição analisa valores medidos produzidos em *Medições* que aplicam uma determinada *Medida*, logo, o procedimento de análise de medição adotado deve ser um procedimento de análise de medição aplicado a essa medida. Além disso, uma análise de medição pode utilizar uma *Definição Operacional de Medida* e, nesse caso, o procedimento de análise de medição adotado deve ser o procedimento que a referida definição operacional de medida indica.

Um procedimento de análise de medição pode sugerir o uso *Métodos Analíticos* para representar e analisar os valores medidos. Histograma e gráfico de barras são exemplos de métodos analíticos. Quando um método analítico utiliza os princípios do controle estatístico para representar e analisar valores, tem-se um *Método do Controle Estatístico*. Os gráficos XmR e mXmR (FLORAC e CARLETON, 1999) são exemplos de métodos do controle estatístico.

Quando um procedimento de análise de medição inclui critérios de decisão, tem-se um *Procedimento de Análise de Decisão Baseado em Critérios*. Um *Critério de Decisão* é uma sentença que estabelece uma *Conclusão* a partir de um conjunto de *Premissas*. Por exemplo, um procedimento de análise de decisão baseado em critérios para analisar um gráfico de controle que descreve o comportamento de um processo poderia incluir o critério de decisão *CD1*, composto pela premissa *P1* “os valores coletados para a medida encontram-se dentro dos limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo” e pela conclusão *C1* “o desempenho do processo está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização”, e o critério de decisão *CD2*, composto pela premissa *P2* “há um ou mais valores coletados para a medida que se encontram fora dos limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo” e pela conclusão *C2* “o desempenho do processo não está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização, sendo necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento”.

Quando uma análise de medição adota um procedimento de análise de medição baseado em critérios, a conclusão do critério do procedimento de análise de medição baseado em critérios cuja premissa é satisfeita representa a *conclusão atribuída* pela análise de

medição e o resultado dessa análise de medição deve basear-se nessa conclusão atribuída. Por exemplo, caso uma análise de medição satisfaça a premissa *P1* “os valores coletados para a medida encontram-se dentro dos limites de controle fornecidos pela *baseline* de desempenho do processo” do critério de decisão *CD1*, a conclusão *C1* “o desempenho do processo está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização” seria a conclusão atribuída pela análise de medição e seria utilizada como base para o resultado da análise de medição que, no caso desse exemplo, poderia ser “o desempenho do processo é satisfatório, não havendo necessidade de realizar ações corretivas”.

Uma análise de medição é executada por um *Recurso Humano*, que atua como *executor da análise de medição*, e é realizada em uma *Ocorrência de Atividade*, que representa o *momento real da análise de medição*. Quando uma análise de medição utiliza uma *Definição Operacional de Medida*, o *Papel de Recurso Humano* desempenhado pelo executor da análise de medição quando a análise de medição é realizada deve ser o mesmo papel recurso humano indicado pela definição operacional de medida para o responsável pela análise de medição. Por exemplo, se uma análise de medição é realizada pelo recurso humano “Maria Silva” e usa uma definição operacional que indica o papel recurso humano “gerente de qualidade” como responsável pela análise de medição, o recurso humano “Maria Silva” deve desempenhar o papel de “gerente de qualidade” no momento em que a análise de medição é realizada. De forma análoga, a ocorrência de atividade que representa o momento real da análise de medição deve ser uma instância do *Tipo de Atividade* indicado pela definição operacional de medida para o momento da análise de medição.

A2.4.6.3 Dicionário de Termos da Subontologia de Resultados da Medição

Na Tabela A2.26 é apresentado o dicionário de termos da Subontologia de Resultados da Medição.

Tabela A2.26 – Dicionário de Termos da Subontologia de Resultados da Medição.

| <i>Conceito</i> | <i>Descrição</i> | <i>Fonte</i> |
|--------------------|--|------------------------------------|
| Análise de Medição | Ação que visa analisar os valores medidos, adotando um procedimento de análise de medição para chegar a um resultado que, de algum modo, caracterize a entidade mensurável que está sendo analisada. | (DALMORO, 2008) <i>Adaptado</i> |

Tabela A2.26 – Dicionário de Termos da Subontologia de Resultados da Medição (continuação).

| <i>Conceito</i> | <i>Descrição</i> | <i>Fonte</i> |
|---|--|--|
| Conclusão | Consequência lógica decorrente de um conjunto de premissas. | (DALMORO, 2008) |
| Critério de Decisão | Sentença que estabelece uma conclusão a partir de um conjunto de premissas. | (DALMORO, 2008) |
| Executor da Análise de Medição | Recurso humano que realizou a execução de uma análise de medição. | Novo |
| Método Analítico | Método utilizado para representar e analisar valores. | Novo |
| Método do Controle Estatístico | Método analítico que utiliza os princípios de controle estatístico. | Novo |
| Momento Real da Análise de Medição | Atividade na qual uma análise de medição foi efetivamente executada. | Novo |
| Premissa | Fato ou princípio de um critério de decisão que embasa uma conclusão desse critério. | (DALMORO, 2008) |
| Procedimento de Análise de Medição Baseado em Critérios | Procedimento de Análise de Medição que inclui critérios de decisão que devem ser considerados na análise. | Novo (Nota: em (DALMORO, 2008) Modelos de Análise podem ter Critérios de Decisão) |
| Resultado da Análise de Medição | Artefato produzido em uma análise de medição que, de algum modo, caracteriza a entidade mensurável que está sendo analisada. | Novo |

A2.4.6.4 Axiomas da Subontologia de Resultados da Medição

A seguir são apresentados os axiomas definidos na Subontologia de Resultados da Medição. Considerando os tipos de axiomas, todos os axiomas dessa subontologia são axiomas de consolidação, com exceção dos axiomas A5 e A7 que são axiomas de derivação.

- A1. Se uma análise de medição *an-mdç* caracteriza uma entidade mensurável *ems* do tipo de entidade mensurável *tp-ems* e a análise de medição *an-mdç* analisa uma medida

mdd , então existe um elemento mensurável elm que caracteriza o tipo de entidade mensurável $tp\text{-}ems$ e é quantificado pela medida mdd .

$$(\forall an-md \in \text{Análise de Medição}, ems \in \text{Entidade Mensurável}, tp\text{-}ems \in \text{Tipo de Entidade Mensurável}, mdd \in \text{Medida}) (\text{caracteriza}(an-md, ems) \wedge \text{instânciaDe}(ems, tp\text{-}ems) \wedge \text{analisa}(an-md, mdd) \rightarrow (\exists elm \in \text{Elemento Mensurável}) \text{caracteriza}(elm, tp\text{-}ems) \wedge \text{quantifica}(mdd, elm))$$

A2. Se uma análise de medição $an-md$ analisa uma medida mdd e adota o procedimento de análise de medição $prd-an$, então $prd-an$ deve ser aplicável a mdd .

$$(\forall an-md \in \text{Análise de Medição}, mdd \in \text{Medida}, prd-an \in \text{Procedimento de Análise de Medição}) (\text{analisa}(an-md, mdd) \wedge \text{adota}(an-md, prd-an) \rightarrow \text{aplicadoA}(prd-an, mdd))$$

A3. Se uma análise de medição $an-md$ adota um procedimento de análise de medição $prd-an$ e $an-md$ adota o método analítico $mtd-an$, então o procedimento de análise de medição $prd-an$ deve sugerir o uso de $mtd-na$.

$$(\forall an-md \in \text{Análise de Medição}, prd-an \in \text{Procedimento de Análise de Medição}, mtd-an \in \text{Método Analítico}) (\text{adota}(an-md, prd-an) \wedge \text{adota}(an-md, mtd-an) \rightarrow \text{sugereUsoDe}(prd-an, mtd-an))$$

A4. Se uma análise de medição $an-md$ analisa uma medida mdd , então qualquer resultado de medição $rs-md$ analisado em $an-md$ deve ter sido produzido por uma medição md que aplica a medida mdd . **D-AQ-A1 (reescrito)**

$$(\forall an-md \in \text{Análise de Medição}, mdd \in \text{Medida}, rs-md \in \text{Resultado de Medição}, md \in \text{Medição}) (\text{analisa}(an-md, mdd) \rightarrow (\text{analisa}(an-md, rs-md) \wedge \text{produz}(md, rs-md) \wedge \text{aplica}(md, mdd)))$$

A5. Se uma análise de medição $an-md$ analisa um resultado de medição $rs-md$ produzido por uma medição md , então a análise de medição $an-md$ depende da medição md . **D-AQ-A6 (reescrito)**

$$(\forall an-md \in \text{Análise de Medição}, rs-md \in \text{Resultado de Medição}, md \in \text{Medição}) (\text{analisa}(an-md, rs-md) \wedge \text{produz}(md, rs-md) \rightarrow \text{dependeDe}(an-md, md))$$

A6. Se uma análise de medição $an-md$ atribui uma conclusão cnc que faz parte de um critério de decisão $cr-dcs$, então $cr-dcs$ deve ser considerado por um procedimento de análise de medição baseado em critérios $prd-bc$ que seja adotado pela análise de medição $an-md$. **D-AQ-A4 (reescrito)**

$(\forall an-md\zeta \in Análise\ de\ Medição, cnc \in Conclusão, cr-dcs \in Critério\ de\ Decisão)$

$(atribui(an-md\zeta, cnc) \wedge fazParte(cnc, cr-dcs)) \rightarrow$

$(\exists prd-bc \in Procedimento\ de\ Análise\ de\ Medição\ Baseado\ em\ Critérios)$

$considera(prd-bc, cr-dcs) \wedge adota(an-md\zeta, prd-bc))$

- A7. Se uma análise de medição $an-md\zeta$ atribui a conclusão ccl e produz o resultado de análise de medição ram , então ram baseia-se em ccl .

$(\forall an-md\zeta \in Análise\ de\ Medição, ccl \in Conclusão, ram \in Resultado\ da\ Análise\ de\ Medição)$

$(atribui(an-md\zeta, ccl) \wedge produz(an-md\zeta, ram)) \rightarrow baseiaSeEm(ram, ccl))$

- A8. Se uma análise de medição $an-md\zeta$ analisa uma medida mdd e considera uma definição operacional de medida dom , então dom deve ser uma definição operacional de medida atribuída à mdd .

$(\forall an-md\zeta \in Análise\ de\ Medição, dom \in Definição\ Operacional\ de\ Medida, mdd \in Medida)$

$(analisa(an-md\zeta, mdd) \wedge considera(an-md\zeta, dom)) \rightarrow atribuídaA(dom, mdd))$

- A9. Se uma análise de medição $an-md\zeta$ considera uma definição operacional de medida dom e a definição operacional de medida dom indica o procedimento de análise de medição $prd-an$, então $an-md\zeta$ deve adotar $prd-an$.

$(\forall an-md\zeta \in Análise\ de\ Medição, dom \in Definição\ Operacional\ de\ Medida, prd-an \in Procedimento\ de\ Análise\ de\ Medição)$

$(considera(an-md\zeta, dom) \wedge indica(dom, prd-an)) \rightarrow adota(an-md\zeta, prd-an))$

- A10. Se uma análise de medição $an-md\zeta$ considera uma definição operacional de medida dom e $an-md\zeta$ é realizada em uma ocorrência de atividade $oc-atv$ (momento real da análise de medição) que é instância do tipo de atividade $tp-atv$, então o tipo de atividade $tp-atv$ deve ser o momento da análise de medição indicado na definição operacional de medida dom .

$(\forall an-md\zeta \in Análise\ de\ Medição, dom \in Definição\ Operacional\ de\ Medida, oc-atv \in Ocorrência\ de\ Atividade, tp-atv \in Tipo\ de\ Atividade)$

$(considera(an-md\zeta, dom) \wedge momentoRealDaAnáliseDeMedição(an-md\zeta, oc-atv))$

$\wedge instânciaDe(oc-atv, tp-atv)) \rightarrow momentoDaAnáliseDeMedição(dom, tp-atv))$

- A11. Se uma análise de medição $an-md\zeta$ analisa um resultado de medição $rs-md\zeta$ produzido pela medição $md\zeta$, então a definição operacional de medida dom

considerada pela análise de medição $an-md\zeta$ deve ser a mesma definição operacional de medida usada pela medição $md\zeta$.

$(\forall an-md\zeta \in Análise\ de\ Medições, rs-md\zeta \in Resultado\ de\ Medições, md\zeta \in Medições, dom \in Definição$

Operacional\ de\ Medida) $(análisa(an-md\zeta, rs-md\zeta) \wedge produz(md\zeta, , rs-md\zeta) \wedge$

$usa(md\zeta, dom) \rightarrow considera(an-md\zeta, dom))$

A12. Se uma análise de medição $an-md\zeta$ considera uma definição operacional de medida dom que indica o papel recurso humano prb como responsável pela análise de medição e a análise de medição $an-md\zeta$ é realizada por um recurso humano rh , então rh deve participar de uma alocação de equipe $al-eqp$ desempenhando o papel recurso humano prb .

$(\forall an-md\zeta \in Análise\ de\ Medições, dom \in Definição\ Operacional\ de\ Medida, prb \in Papel\ Recurso$

Humano, rh \in Recurso\ Humano) $(considera(an-md\zeta, dom) \wedge$

$responsávelPelaAnáliseDeMedição(dom, prb) \wedge executorDaAnáliseDeMedição(an-md\zeta, rh) \rightarrow$

$(\exists al-eqp \in Alocação\ Equipe) participaDe(rh, al-eqp) \wedge ehParaDesempenhar(al-eqp, prb))$

A2.4.6.5 Avaliação da Subontologia de Resultados da Medições

Na Tabela A2.27 é apresentada a avaliação da Subontologia de Resultados da Medições.

Tabela A2.27– Avaliação da Subontologia de Resultados da Medição.

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|---|-----------------|---|----------------|
| <i>QC1</i> | Procedimento de Análise de Medição | é supertipo de | Procedimento de Análise de Decisão Baseado em Critérios | |
| <i>QC2</i> | Procedimento de Análise de Medição | sugere o uso de | Método Analítico | |
| <i>QC3</i> | Método Analítico | é supertipo de | Método do Controle Estatístico | |
| <i>QC4</i> | Procedimento de Análise de Decisão Baseado em Critérios | considera | Critério de Decisão | |
| <i>QC5</i> | Premissa | é parte de | Critério de Decisão | |
| <i>QC6</i> | Conclusão | é parte de | Critério de Decisão | |
| <i>QC7</i> | Ocorrência de Atividade | adota | Procedimento | A9, A2, A3 |
| | Ocorrência de Atividade | é supertipo de | Análise de Medição | |
| | Procedimento | é supertipo de | Procedimento de Análise de Medição Método / Método Analítico | |
| | Análise de Medição | adota | Procedimento de Análise de Medição | |
| | Análise de Medição | adota | Método Analítico | |
| | Análise de Medição | analisa | Medida | |
| | Procedimento de Análise de Medição | aplicado a | Medida | |
| | Procedimento de Análise de Medição | sugere o uso de | Método Analítico | |
| | Análise de Medição | considera | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | indica | Procedimento de Análise de Medição | |
| <i>QC8</i> | Análise de Medição | caracteriza | Entidade Mensurável | A1 |
| | Análise de Medição | analisa | Medida | |
| | Entidade Mensurável | é instância de | Tipo de Entidade Mensurável | |
| | Elemento Mensurável | caracteriza | Tipo de Entidade Mensurável | |
| | Medida | quantifica | Elemento Mensurável | |
| <i>QC9</i> | Análise de Medição | analisa | Medida | |

Tabela A2.27– Avaliação da Subontologia de Resultados da Medição (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|--|----------------|--|----------------|
| <i>QC10</i> | Análise de Medição | analisa | Resultado de Medição | A4 |
| | Análise de Medição | analisa | Medida | |
| | Medição | produz | Resultado de Medição | |
| | Medição | aplica | Medida | |
| <i>QC11</i> | Ocorrência de Atividade | depende de | Ocorrência de Atividade | A5 |
| | Análise de Medição | analisa | Resultado de Medição | |
| | Medição | produz | Resultado de Medição | |
| <i>QC12</i> | Análise de Medição | produz | Resultado da Análise de Medição | A6, A7 |
| | Análise de Medição | atribui | Conclusão (conclusão atribuída) | |
| | Resultado da Análise de Medição | baseia-se em | Conclusão (conclusão atribuída) | |
| | Análise de Medição | adota | Procedimento de Análise de Medição | |
| | Procedimento de Análise de Medição | é supertipo de | Procedimento de Análise de Decisão Baseado em Critérios | |
| | Procedimento de Análise de Decisão Baseado em Critérios | considera | Critério de Decisão | |
| | Conclusão | é parte de | Critério de Decisão | |
| <i>QC13</i> | Análise de Medição | considera | Definição Operacional de Medida | A8, A11 |
| | Análise de Medição | analisa | Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | atribuída a | Medida | |
| | Análise de Medição | analisa | Resultado de Medição | |
| | Medição | produz | Resultado de Medição | |
| | Medição | usa | Definição Operacional de Medida | |

Tabela A2.27– Avaliação da Subontologia de Resultados da Medição (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------|--|----------------|
| <i>QC14</i> | Análise de Medição | realizada por | Recurso Humano <i>(executor da análise de medição)</i> | <i>A12</i> |
| | Análise de Medição | considera | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | indica | Papel Recurso Humano <i>(responsável pela análise de medição)</i> | |
| | Recurso Humano | participa de | Alocação Equipe | |
| | Alocação Equipe | é para desempenhar | Papel Recurso Humano | |
| <i>QC15</i> | Análise de Medição | realizada em | Ocorrência de Atividade <i>(momento real da análise de medição)</i> | <i>A10</i> |
| | Análise de Medição | considera | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | indica | Tipo de Atividade <i>(momento da análise de medição)</i> | |
| | Ocorrência de Atividade | é instância de | Tipo de Atividade | |
| <i>QC16</i> | Análise de Medição | é subtipo de | Ocorrência de Atividade | |
| | Ocorrência de Atividade | ocorre em | Intervalo de Tempo | |

A2.4.6.6 Instanciação da Subontologia de Resultados da Medição

Na Tabela A2.28 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Resultados da Medição. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura A2.3.

Tabela A2.28 – Instanciação da Subontologia de Resultados da Medição.

| <i>Conceito</i> | <i>Exemplo (instância)</i> |
|--|---|
| <i>Entidade Mensurável</i> | Processo Gerência de Requisitos do Projeto de Desenvolvimento PD1. |
| <i>Definição Operacional de Medida</i> | DOM-04 |
| <i>Medida</i> | Taxa de Alteração dos Requisitos |
| <i>Organização</i> | Org |
| <i>Valor Medido</i> | 0,23 |
| <i>Procedimento de Análise de Medição Baseado em Critérios</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Representar graficamente os valores medidos para a medida em análise. • Analisar o desempenho do processo no projeto em relação ao desempenho previsto no âmbito da organização. Para isso, os dados coletados para a medida devem ser representados em um gráfico de controle cujos limites são fornecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo na organização. • Caso haja quantidade de dados coletados suficiente para o projeto (pelo menos 20 valores coletados para a medida no projeto) é possível determinar o desempenho do processo especificamente no projeto em análise, representando-se em um gráfico de controle seus valores coletados e calculando-se os limites de controle. O desempenho obtido para o processo no projeto (descrito pelos seus limites de controle) pode, então, ser comparado com o desempenho esperado para o processo no âmbito da organização (descrito pelos limites de controle da <i>baseline</i> de desempenho do processo). |
| <i>Método do Controle Estatístico</i> | <p><i>Gráfico de Controle XmR</i></p> <p>Este tipo de gráfico é adequado para analisar o comportamento de um processo quando uma mesma medida é coletada frequentemente.</p> <p>O gráfico X representa os valores individuais das medidas analisadas e o gráfico <i>mX</i> (<i>moving range</i>) representa a variação existente entre uma medida e sua antecessora.</p> |

Tabela A2.28 – Instanciação da Subontologia de Resultados da Medição (continuação).

| Conceito | Exemplo (instância) |
|---------------------|---|
| Fórmulas de Cálculo | <p><u>Para o gráfico X:</u></p> <p>Onde:</p> $LS = \bar{X} + \frac{3mR}{d_2}$ $LC = \bar{X}$ $LI = \bar{X} - \frac{3mR}{d_2}$ $\bar{X} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k X_i$ <p>$X = \text{observações}$ $k = \text{número de observações}$ $d_2 = \text{constante} = 1,128$</p> <p><u>Para o gráfico mR:</u></p> <p>LI = 0 (uma vez que o gráfico mR considera os módulos das variações, o limite inferior é sempre zero)</p> $LC = \bar{mR}$ $LS = D_4 \bar{mR}$ <p>Onde:</p> $mR_i = X_{i+1} - X_i \text{ para } 1 \leq i \leq K-1$ $\bar{mR} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r mR_i$ $D_4 = \text{constante} = 3,268$ |
| Critério de Decisão | CR-DCS 01 |
| Premissa | Os valores coletados para a medida encontram-se dentro dos limites de controle fornecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo. |
| Conclusão | O desempenho do processo no projeto está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização. |
| Critério de Decisão | CR-DCS 02 |
| Premissa | Os valores coletados para a medida encontram-se fora dos limites de controle fornecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo. |

Tabela A2.28 – Instanciação da Subontologia de Resultados da Medição (continuação).

| Conceito | Exemplo (instância) |
|---|--|
| <i>Conclusão</i> | O desempenho do processo no projeto não está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo no projeto, seja a instabilidade caracterizada como negativa (o desempenho do processo no projeto é inferior ao desempenho esperado) ou positiva (o desempenho do processo no projeto mostra-se superior ao desempenho para ele esperado). |
| <i>Análise de Medição</i> | AN-MED 01 |
| <i>Intervalo de Tempo</i> | <i>Início:</i> 10/03/2009 15:00 <i>Fim:</i> 10/03/2009 15:15 |
| <i>Conclusão Atribuída</i> | O desempenho do processo no projeto está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização. |
| <i>Resultado da Análise de Medição</i> | O desempenho do processo é satisfatório. |
| <i>Momento Real da Análise de Medição</i> | Atividade Analisar Dados de Monitoramento do Projeto |
| <i>Executor da Análise de Medição</i> | Pedro Souza |

A2.4.7 Subontologia de Comportamento de Processos

A Subontologia de Comportamento de Processos trata da aplicação dos resultados da medição na análise do comportamento de processos.

A2.4.7.1 Questões de Competência da Subontologia de Comportamento de Processos

- QC1.* Em relação a uma dada medida, qual o desempenho especificado para um processo de software padrão?
- QC2.* Quais os limites inferior e superior de um desempenho especificado de processo?
- QC3.* Em relação a uma dada medida, qual a *baseline* de desempenho de um processo de software padrão?
- QC4.* Quais os limites inferior e superior de uma *baseline* de desempenho?
- QC5.* A partir de qual análise de medição uma *baseline* de desempenho de processo é identificada?
- QC6.* A partir de quais valores medidos uma *baseline* de desempenho de processo é determinada?
- QC7.* Por qual recurso humano uma *baseline* de desempenho de processo é registrada?
- QC8.* Em que contexto uma *baseline* de desempenho de processo é estabelecida?

- QC9.* A partir de que *baselines* de desempenho de processo um modelo de desempenho de processo é definido?
- QC10.* Em relação a uma dada medida, qual a capacidade de um processo de software padrão?
- QC11.* A partir de qual *baseline* de desempenho de processo uma capacidade de processo é obtida?
- QC12.* Em relação a qual desempenho de processo especificado uma capacidade de processo é calculada?
- QC13.* Qual é o procedimento de determinação de capacidade de processo utilizado para determinar uma capacidade de processo?
- QC14.* Quais fórmulas de cálculo estão envolvidas em um procedimento de determinação de capacidade de processo?
- QC15.* Considerando seu comportamento, quais são os tipos de processo de software padrão?
- QC16.* Que desempenho de processo especificado é atendido por um processo de software padrão capaz?

A2.4.7.2 Captura e Formalização da Subontologia de Comportamento de Processos

A Figura A2.10 apresenta o modelo conceitual da Subontologia de Comportamento de Processos. Em seguida seus conceitos são descritos.

No modelo apresentado na Figura A2.10, apesar de não estar explicitamente representado (o que poderia prejudicar a visualização, devido à quantidade de relações envolvidas), é importante notar que *Capacidade de Processo* é um *relator* em UFO e media uma relação material quaternária entre *Processo de Software Padrão Estável*, *Medida*, *Baseline de Desempenho de Processo* e *Desempenho de Processo Especificado*. No modelo apenas estão representadas as relações de mediação, as quais se encontram destacadas em vermelho.

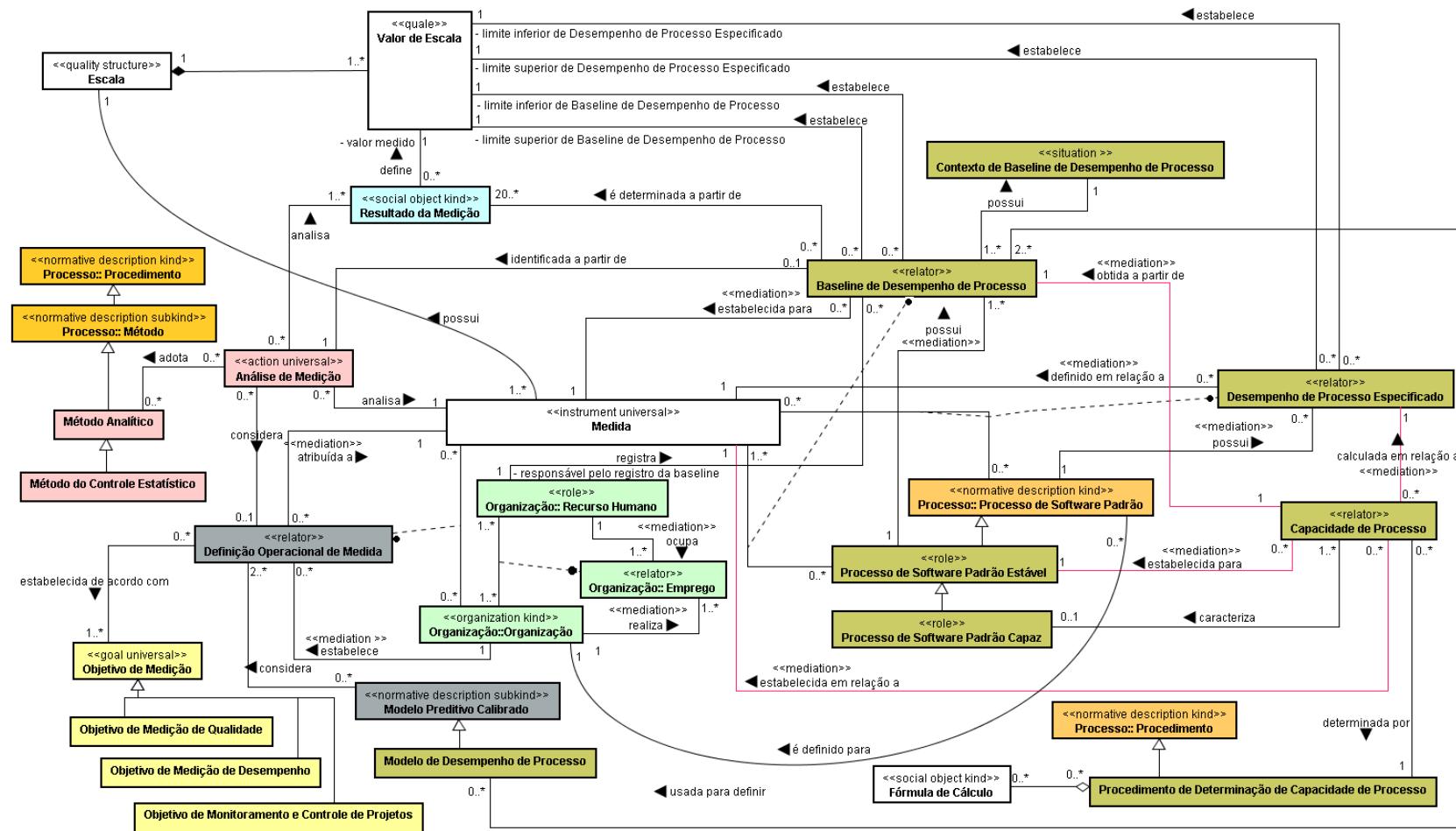


Figura A2.10 – Modelo da Subontologia de Comportamento de Processos.

Em uma *Análise de Medição* que adota um *Método do Controle Estatístico* pode-se identificar uma *Baseline de Desempenho de Processo* para um *Processo de Software Padrão*, relativa a uma *Medida*. Para tal, é necessário que vinte ou mais *Resultados de Medição* sejam analisados para uma medida cuja definição operacional foi estabelecida de acordo com um objetivo de medição de desempenho. Uma *baseline* de desempenho de processo é o intervalo dos resultados alcançados por um processo de software padrão estável, obtido a partir de valores medidos considerando uma medida específica. Esse intervalo é utilizado como referencial para a análise de desempenho do referido processo e é definido por dois limites de *baseline* de desempenho (*Límite Inferior de Baseline de Desempenho* e *Límite Superior de Baseline de Desempenho*), cujos valores fazem parte da *Escala* da medida em relação à qual a *baseline* de desempenho é estabelecida. Quando um processo de software padrão possui uma *baseline* de desempenho de processo, tem-se um *Processo de Software Padrão Estável*. Por exemplo, a análise de valores medidos para a medida “taxa de alteração de requisitos”, relacionada ao processo padrão de Gerência de Requisitos da organização Org, utilizando-se o gráfico de controle XmR, pode levar à definição de uma *baseline* de desempenho de processo composta pelos limites inferior e superior 0,1 e 0,25, respectivamente, o que faria do processo padrão de Gerência de Requisitos da organização Org um processo de software estável.

Uma *baseline* de desempenho de processo é registrada por um *Recurso Humano* (*responsável pelo registro da baseline*) e possui um *Contexto de Baseline de Desempenho de Processo*, que é uma situação (*situation* em UFO) que descreve o contexto no qual a *baseline* foi estabelecida. Por exemplo: “primeira *baseline* de desempenho estabelecida para o processo padrão de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo padrão executado em 6 projetos pequenos, cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais, tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional”.

Baselines de desempenho de processo são usadas na definição de um tipo específico de modelo preditivo calibrado, os *Modelos de Desempenho de Processo*. Um modelo que relaciona medidas de esforço, tamanho e prazo, obtido a partir de *baselines* de desempenho estabelecidas para essas medidas, é um exemplo de modelo de desempenho de processo.

Um processo de software padrão pode ter um *Desempenho de Processo Especificado*, que é o intervalo de resultados que se espera que esse processo padrão alcance considerando uma medida específica. Um desempenho de processo especificado é definido por dois limites de desempenho de processo especificado (*Límite Inferior de Desempenho de Processo*

Especificado e *Límite Superior de Desempenho de Processo Especificado*), representados por valores que fazem parte da escala da medida em relação à qual o desempenho de processo especificado é definido. Por exemplo, o processo de software padrão de Gerência de Requisitos da organização Org pode ter um desempenho de processo especificado, definido em relação à medida “taxa de alteração de requisitos”, dado pelos limites de especificação inferior e superior 0 e 0,25, respectivamente.

A partir de uma *baseline* de desempenho de processo e de um desempenho de processo especificado, obtém-se uma *Capacidade de Processo*, que é a caracterização da habilidade de um processo de software padrão estável atender a um desempenho de processo para ele especificado, considerando uma medida específica. É importante perceber que, uma vez que uma capacidade de processo é obtida a partir de uma *baseline* de desempenho de processo e de um desempenho de processo especificado, ela deve ser estabelecida em relação à mesma medida por eles considerada.

Uma capacidade de processo é determinada aplicando-se um *Procedimento de Determinação de Capacidade de Processo*, que define uma sequência lógica de operações utilizadas para determinar a capacidade de um processo de software padrão e identificar se o mesmo é capaz. Um exemplo de procedimento de determinação de capacidade de processo é “Calcular o índice de capacidade do processo utilizando a fórmula de cálculo $C_p = (L_{Sb} - L_{Ib}) / (L_{Se} - L_{Ie})$, onde C_p = Índice de Capacidade, L_{Sb} = Limite Superior da *Baseline* de Desempenho, L_{Ib} = Limite Inferior da *Baseline* de Desempenho, L_{Se} = Limite Superior do Desempenho Especificado e L_{Ie} = Limite Inferior do Desempenho Especificado. Um índice de capacidade menor ou igual a 1 indica um processo capaz, enquanto que um índice de capacidade maior que 1 indica um processo não capaz.”.³⁶

Quando a capacidade de um processo revela que ele é capaz de atender ao desempenho de processo considerado, tem-se um *Processo de Software Padrão Capaz*. Utilizando os exemplos de *baseline* de desempenho de processo e de desempenho de processo especificado citados anteriormente, tem-se que o processo padrão de Gerência de Requisitos da organização Org é um processo capaz para a medida “taxa de alteração de requisitos”, pois, aplicando o procedimento de determinação de capacidade de processo apresentado, tem-se como resultado da fórmula de cálculo o valor 0,6, que indica que o processo é capaz.

³⁶ Recomenda-se a utilização de representação gráfica associada ao cálculo do índice de capacidade para a verificação de que os limites da *baseline* são internos aos limites de especificação (WELLER, 2000).

A2.4.7.3 Dicionário de Termos da Subontologia de Comportamento de Processos

Na Tabela A2.29 é apresentado o dicionário de termos da Subontologia de Comportamento de Processos.

Tabela A2.29 – Dicionário de Termos da Subontologia de Comportamento de Processos.

| Conceito | Descrição | Fonte |
|--|--|-------|
| <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | Intervalo dos resultados alcançados por um processo de software padrão estável, obtido a partir de valores medidos considerando uma medida específica, que é utilizado como referencial para a análise de desempenho do referido processo. | Novo |
| Capacidade de Processo | Caracterização da habilidade de um processo de software padrão estável atender a um desempenho de processo para ele especificado, considerando uma medida específica. | Novo |
| Contexto de <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | Situação em que uma <i>baseline</i> de desempenho de processo é estabelecida. | Novo |
| Desempenho de Processo Especificado | Intervalo de resultados que se espera que um processo padrão de software alcance considerando uma medida específica. | Novo |
| Limite Inferior de <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | Valor de Escala que representa o desempenho mínimo de uma <i>baseline</i> de desempenho de processo. | Novo |
| Limite Superior de <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | Valor de Escala que representa o desempenho máximo de uma <i>baseline</i> de desempenho de processo. | Novo |
| Limite Inferior de Desempenho de Processo Especificado | Valor de Escala que representa o desempenho mínimo de um desempenho de processo especificado. | Novo |
| Limite Superior de Desempenho de Processo Especificado | Valor de Escala que representa o desempenho máximo de um desempenho de processo especificado. | Novo |

Tabela A2.29 – Dicionário de Termos da Subontologia de Comportamento de Processos (continuação).

| Conceito | Descrição | Fonte |
|--|---|-------|
| Modelo de Desempenho de Processo | Modelo preditivo calibrado definido a partir de <i>baselines</i> de desempenho de processo. | Novo |
| Procedimento de Determinação de Capacidade de Processo | Procedimento que define uma sequência lógica de operações utilizadas para determinar a capacidade de um processo de software padrão e identificar se o mesmo é capaz. | Novo |
| Processo de Software Padrão Capaz | Processo de software padrão estável que atende ao desempenho de processo para ele especificado. | Novo |
| Processo de Software Padrão Estável | Processo de software padrão que possui <i>baseline</i> de desempenho de processo. | Novo |
| Responsável pelo Registro da <i>Baseline</i> | Recurso humano que realizou o registro da <i>baseline</i> de desempenho de processo. | Novo |

A2.4.7.4 Axiomas da Subontologia de Comportamento de Processos

A seguir são apresentados os axiomas definidos na Subontologia de Comportamento de Processos. Considerando os tipos de axiomas, todos os axiomas dessa subontologia são axiomas de consolidação, com exceção do axioma A14 que é um axioma de derivação.

A1. Se uma *baseline* de desempenho de processo *bl-dsm* é estabelecida para a medida *mdd* e *bl-dsm* é identificada a partir de uma análise de medição *an-mdç*, então *an-mdç* deve analisar a medida *mdd*.

$$(\forall bl-dsm \in Baseline\ de\ Desempenho\ de\ Processo, an-mdç \in Análise\ de\ Medições, mdd \in Medida) \\ (estabelecidaPara(bl-dsm, mdd) \wedge identificadaAPartirDe(bl-dsm, an-mdç) \rightarrow analisa(an-mdç, mdd))$$

A2. *Baselines* de desempenho só podem ser estabelecidas para medidas cuja definição operacional considerada é estabelecida de acordo com um objetivo de medição de desempenho. Ou seja: Se uma *baseline* de desempenho de processo *bl-dsm* é identificada a partir de uma análise de medição *an-mdç* que considera uma definição operacional de medida *dom*, então *dom* deve ter sido estabelecida de acordo com um objetivo de medição de desempenho *obj-md*.

$$(\forall bl-dsm \in \text{Baseline de Desempenho de Processo}, an-md\dot{c} \in \text{Análise de Medição}, dom \in \text{Definição Operacional de Medida}) (\text{identificadaAPartirDe}(bl-dsm, an-md\dot{c}) \wedge \text{considera}(an-md\dot{c}, dom) \rightarrow \\ (\exists obj-md \in \text{Objetivo de Medição de Desempenho}) \text{estabelecidaDeAcordoCom}(dom, obj-md))$$

A3. Se uma *baseline* de desempenho $bl-dsm$ é identificada a partir de uma análise de medição $an-md\dot{c}$ que considera uma definição operacional de medida dom e $bl-dsm$ é usada para definir um modelo de desempenho de processo mdp , então dom deve ser considerada por mdp .

$$(\forall bl-dsm \in \text{Baseline de Desempenho de Processo}, an-md\dot{c} \in \text{Análise de Medição}, dom \in \text{Definição Operacional de Medida}, mdp \in \text{Modelo de Desempenho de Processo}) \\ (\text{identificadaAPartirDe}(bl-dsm, an-md\dot{c}) \wedge \text{considera}(an-md\dot{c}, dom) \wedge \text{usadaParaDefinir}(bl-dsm, mdp) \\ \rightarrow \text{considera}(mdp, dom))$$

A4. Se uma *baseline* de desempenho de processo $bl-dsm$ é identificada a partir de uma análise de medição $an-md\dot{c}$, então a análise de medição $an-md\dot{c}$ deve adotar um método do controle estatístico $mtd\text{-est}$.

$$(\forall bl-dsm \in \text{Baseline de Desempenho de Processo}, an-md\dot{c} \in \text{Análise de Medição}) (\text{identificadaAPartirDe}(bl-dsm, an-md\dot{c}) \rightarrow (\exists mtd\text{-est} \in \text{Método do Controle Estatístico}) \text{adota}(an-md\dot{c}, mtd\text{-est}))$$

A5. Se uma *baseline* de desempenho $bl-dsm$ é identificada a partir de uma análise de medição $an-md\dot{c}$ e determinada por um resultado de medição $res-md\dot{c}$, então o resultado de medição $res-md\dot{c}$ deve ser analisado pela análise de medição $an-md\dot{c}$.

$$(\forall bl-dsm \in \text{Baseline de Desempenho de Processo}, res-md\dot{c} \in \text{Resultado de Medição}, an-md\dot{c} \in \text{Análise de Medição}) (\text{identificadaAPartirDe}(bl-dsm, an-md\dot{c}) \wedge \text{determinadaAPartirDe}(bl-dsm, res-md\dot{c}) \rightarrow \\ \text{analisa}(an-md\dot{c}, res-md\dot{c}))$$

A6. Se um valor de escala $vl\text{-esc}$ é um limite inferior de uma *baseline* de desempenho de processo $bl-dsm$ estabelecida para a medida $md\dot{d}$ cuja escala é esc , então $vl\text{-esc}$ deve ser um valor da escala esc .

$$(\forall vl\text{-esc} \in \text{Valor de Escala}, bl-dsm \in \text{Baseline de Desempenho de Processo}, md\dot{d} \in \text{Medida}, esc \in \text{Escala}) (\text{limiteInferiorDeBaselineDeDesempenhoProcesso}(vl\text{-esc}, bl-dsm) \wedge \text{estabelecidaPara}(bl-dsm, md\dot{d}) \\ \wedge \text{possui}(md\dot{d}, esc) \rightarrow \text{éParte}(vl\text{-esc}, esc))$$

A7. Se um valor de escala $vl\text{-}esc$ é um limite superior de uma *baseline* de desempenho de processo $bl\text{-}dsm$ estabelecida para a medida mdd cuja escala é esc , então $vl\text{-}esc$ deve ser um valor da escala esc .

$$(\forall vl\text{-}esc \in Valor\ de\ Escala, bl\text{-}dsm \in Baseline\ de\ Desempenho\ de\ Processo, mdd \in Medida, esc \in Escala) (limiteSuperiorDeBaselineDeDesempenhoProcesso(vl\text{-}esc, bl\text{-}dsm) \wedge estabelecidaPara(bl\text{-}dsm, mdd) \wedge possui(mdd, esc) \rightarrow \in Parte(vl\text{-}esc, esc))$$

A8. Se um valor de escala $vl\text{-}esc$ é um limite inferior de um desempenho de processo especificado $dsp\text{-}es$ definido em relação à mdd cuja escala é esc , então $vl\text{-}esc$ deve ser um valor da escala esc .

$$(\forall vl\text{-}esc \in Valor\ de\ Escala, dpe \in Desempenho\ de\ Processo\ Especificado, mdd \in Medida, esc \in Escala) (limiteInferiorDeDesempenhoDeProcessoEspecificado(vl\text{-}esc, dsp\text{-}es) \wedge definidoEmRelaçãoA(dsp\text{-}es, mdd) \wedge possui(mdd, esc) \rightarrow \in Parte(vl\text{-}esc, esc))$$

A9. Se um valor de escala $vl\text{-}esc$ é um limite superior de um desempenho de processo especificado $dsp\text{-}es$ definido em relação à mdd cuja escala é esc , então $vl\text{-}esc$ deve ser um valor da escala esc .

$$(\forall vl\text{-}esc \in Valor\ de\ Escala, dpe \in Desempenho\ de\ Processo\ Especificado, mdd \in Medida, esc \in Escala) (limiteSuperiorDeDesempenhoDeProcessoEspecificado(vl\text{-}esc, dsp\text{-}es) \wedge definidoEmRelaçãoA(dsp\text{-}es, mdd) \wedge possui(mdd, esc) \rightarrow \in Parte(vl\text{-}esc, esc))$$

A10. Se uma capacidade de processo cpp é estabelecida em relação a uma medida mdd e é obtida a partir de uma *baseline* de desempenho de processo $bl\text{-}dsm$, então $bl\text{-}dsm$ deve ser estabelecida para a medida mdd .

$$(\forall cpp \in Capacidade\ de\ Processo, bl\text{-}dsm \in Baseline\ de\ Desempenho\ de\ Processo, mdd \in Medida) (estabelecidaEmRelaçãoA(cpp, mdd) \wedge obtidaAPartirDe(cpp, bl\text{-}dsm) \rightarrow estabelecidaPara(bl\text{-}dsm, mdd))$$

A11. Se uma capacidade de processo cpp é estabelecida em relação à medida mdd e é calculada em relação a um desempenho de processo especificado $dsp\text{-}es$, então $dsp\text{-}es$ deve ser definido em relação a mdd .

$$(\forall cpp \in Capacidade\ de\ Processo, dsp\text{-}es \in Desempenho\ de\ Processo\ Especificado, mdd \in Medida) (estabelecidaEmRelaçãoA(cpp, mdd) \wedge calculadaEmRelaçãoA(cpp, dsp\text{-}es) \rightarrow definidoEmRelaçãoA(dsp\text{-}es, mdd))$$

A12. Se uma capacidade de processo $\varphi\varphi$ é estabelecida para um processo de software padrão estável $psw\text{-est}$ e é obtida a partir de uma *baseline* de desempenho de processo $bl\text{-dsm}$, então $bl\text{-dsm}$ deve ter sido estabelecida para o processo $psw\text{-est}$.

$$(\forall \varphi\varphi \in \text{Capacidade de Processo}, bl\text{-dsm} \in \text{Baseline de Desempenho de Processo}, psw\text{-est} \in \text{Processo de Software Padrão Estável}) (\text{estabelecidaPara}(\varphi\varphi, psw\text{-est}) \wedge \text{obtidaAPartirDe}(\varphi\varphi, bl\text{-dsm}) \rightarrow \\ \text{possui}(psw\text{-est}, bl\text{-dsm}))$$

A13. Se uma capacidade de processo $\varphi\varphi$ é estabelecida para um processo de software padrão estável $psw\text{-est}$ e é calculada em relação a um desempenho de processo especificado $dsp\text{-es}$, então $dsp\text{-es}$ deve ser um desempenho de processo especificado para o processo $psw\text{-est}$.

$$(\forall \varphi\varphi \in \text{Capacidade de Processo}, psw\text{-est} \in \text{Processo de Software Padrão Estável}, dsp\text{-es} \in \text{Desempenho de Processo Especificado}) \\ (\text{estabelecidaPara}(\varphi\varphi, psw\text{-est}) \wedge \text{calculadaEmRelaçãoA}(\varphi\varphi, dsp\text{-es}) \rightarrow \text{possui}(psw\text{-est}, dsp\text{-es}))$$

A14. Se a capacidade de processo $\varphi\varphi$ caracteriza como capaz o processo de software $psw\text{-}\varphi$ e $\varphi\varphi$ é calculada em relação ao desempenho de processo especificado $dsp\text{-es}$, então $psw\text{-}\varphi$ atende o desempenho de processo especificado $dsp\text{-es}$.

$$(\forall \varphi\varphi \in \text{Capacidade de Processo}, dsp\text{-es} \in \text{Desempenho de Processo Especificado}, psw\text{-}\varphi \in \text{Processo de Software Capaz}) \\ (\text{caracteriza}(\varphi\varphi, psw\text{-}\varphi) \wedge \text{calculadaEmRelaçãoA}(\varphi\varphi, dsp\text{-es}) \rightarrow \text{atende}(psw\text{-}\varphi, dsp\text{-es}))$$

A15. Se um processo de software capaz $psw\text{-}\varphi$ atende um desempenho de processo especificado $dsp\text{-es}$ e $dsp\text{-es}$ pertence ao processo de software psw , então psw e $psw\text{-}\varphi$ são o mesmo processo.

$$(\forall psw\text{-}\varphi \in \text{Processo de Software Capaz}, dsp\text{-es} \in \text{Desempenho de Processo Especificado}, psw \in \text{Processo de Software}) (\text{atende}(psw\text{-}\varphi, dsp\text{-es}) \wedge \text{possui}(psw, dsp\text{-es}) \rightarrow (psw\text{-}\varphi = psw))$$

A2.4.7.5 Avaliação da Subontologia de Comportamento de Processos

Na Tabela A2.30 é apresentada a avaliação da Subontologia de Comportamento de Processos.

Tabela A2.30 – Avaliação da Subontologia de Comportamento de Processos.

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|--|----------------------------|--|----------------|
| <i>QC1</i> | Processo de Software Padrão | possui | Desempenho de Processo Especificado | |
| | Desempenho de Processo Especificado | definido em relação a | Medida | |
| <i>QC2</i> | Desempenho de Processo Especificado | estabelece | Valor de Escala <i>(limite superior de Desempenho de Processo Especificado)</i> | A8, A9 |
| | Desempenho de Processo Especificado | estabelece | Valor de Escala <i>(limite inferior de Desempenho de Processo Especificado)</i> | |
| | Desempenho de Processo Especificado | definido em relação a | Medida | |
| | Medida | possui | Escala | |
| | Valor de Escala <i>(limite inferior de Desempenho de Processo Especificado)</i> | é parte de | Escala | |
| | Valor de Escala <i>(limite superior de Desempenho de Processo Especificado)</i> | é parte de | Escala | |
| <i>QC3</i> | Processo de Software Padrão Estável | possui | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | A1, A2 |
| | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | estabelecida para | Medida | |
| | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | identificada a partir de | Análise de Medição | |
| | Análise de Medição | analisa | Medida | |
| | Análise de Medição | considera | Definição Operacional de Medida | |
| | Definição Operacional de Medida | estabelecida de acordo com | Objetivo de Medição | |
| | Objetivo de Medição | é supertipo de | Objetivo de Medição de Desempenho | |

Tabela A2.30 – Avaliação da Subontologia de Comportamento de Processos (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|---|----------------------------|---|----------------|
| <i>QC4</i> | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | estabelece | Valor de Escala (<i>limite inferior de Baseline de Desempenho de Processo</i>) | A6, A7 |
| | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | estabelece | Valor de Escala (<i>limite superior de Baseline de Desempenho de Processo</i>) | |
| | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | estabelecida para | Medida | |
| | Medida | possui | Escala | |
| | Valor da Escala | é parte de | Escala | |
| <i>QC5</i> | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | identificada a partir de | Análise de Medição | A4 |
| | Análise de Medição | adota | Método Analítico | |
| | Método Analítico | é supertipo de | Método do Controle Estatístico | |
| <i>QC6</i> | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | é determinada a partir de | Resultado de Medição | A5 |
| | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | identificada a partir de | Análise de Medição | |
| | Análise de Medição | analisa | Resultado de Medição | |
| <i>QC7</i> | <i>Recurso Humano</i> (<i>responsável pelo registro da baseline</i>) | registra | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | |
| <i>QC8</i> | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | possui | Contexto de <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | |
| <i>QC9</i> | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | é usada para definir | Modelo de Desempenho de Processo | A3 |
| | Modelo Preditivo Calibrado | é supertipo de | Modelo de Desempenho de Processo | |
| | Modelo Preditivo Calibrado | considera | Definição Operacional de Medida | |
| | <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | é identificada a partir de | Análise de Medição | |
| | Análise de Medição | considera | Definição Operacional de Medida | |

Tabela A2.30 – Avaliação da Subontologia de Comportamento de Processos (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
| <i>QC10</i> | Capacidade de Processo | é estabelecida para | Processo de Software Padrão Estável | A10, A11, A12, A13 |
| | Capacidade de Processo | é estabelecida em relação a | Medida | |
| | Capacidade de Processo | é obtida a partir de | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | |
| | Capacidade de Processo | calculada em relação a | Desempenho de Processo Especificado | |
| | Processo de Software Padrão Estável | possui | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | |
| | Processo de Software Padrão | é supertipo de | Processo de Software Padrão Estável | |
| | Processo de Software Padrão | possui | Desempenho de Processo Especificado | |
| | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | é estabelecida para | Medida | |
| | Desempenho de Processo Especificado | definido em relação a | Medida | |
| <i>QC11</i> | Capacidade de Processo | obtida a partir de | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | A10 |
| | Capacidade de Processo | estabelecida em relação a | Medida | |
| | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | estabelecida para | Medida | |
| <i>QC12</i> | Capacidade de Processo | calculada em relação a | Desempenho de Processo Especificado | A11 |
| | Desempenho de Processo Especificado | definido em relação a | Medida | |
| | Capacidade de Processo | estabelecida em relação a | Medida | |
| <i>QC13</i> | Capacidade de Processo | é determinada por | Procedimento de Determinação de Capacidade de Processo | |
| <i>QC14</i> | Procedimento de Determinação de Capacidade de Processo | agrega | Fórmula de Cálculo | |
| <i>QC15</i> | Processo de Software Padrão | é supertipo de | Processo de Software Padrão Estável | |
| | Processo de Software Padrão Estável | é supertipo de | Processo de Software Padrão Capaz | |
| | Processo de Software Padrão Estável | possui | <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | |
| | Capacidade de Processo | caracteriza | Processo de Software Padrão Capaz | |

Tabela A2.30 – Avaliação da Subontologia de Comportamento de Processos (continuação).

| <i>Questão de Competência</i> | <i>Conceito A</i> | <i>Relação</i> | <i>Conceito B</i> | <i>Axiomas</i> |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|----------------|
| <i>QC16</i> | Capacidade de Processo | caracteriza | Processo de Software Padrão Capaz | A14, A15 |
| | Capacidade de Processo | é calculada em relação a | Desempenho de Processo Especificado | |
| | Processo de Software Padrão | possui | Desempenho de Processo Especificado | |
| | Processo de Software Padrão | é supertipo de | Processo de Software Padrão Estável | |
| | Processo de Software Padrão Estável | é supertipo de | Processo de Software Padrão Capaz | |

A2.4.7.6 Instanciação da Subontologia de Comportamento de Processos

Na Tabela A2.31 são apresentadas instâncias de cada conceito presente na Subontologia de Comportamento de Processos. As cores das células da tabela identificam as ontologias de origem de cada conceito, de acordo com as cores utilizadas na Figura A2.3.

Tabela A2.31 – Instanciação da Subontologia de Comportamento de Processos.

| Conceito | Exemplo (instância) |
|---|---|
| <i>Processo de Software Padrão</i> | Processo de Gerência de Requisitos da Organização Org |
| <i>Processo de Software Padrão Estável</i> | Processo de Gerência de Requisitos da Organização Org |
| <i>Medida</i> | Taxa de Alteração dos Requisitos |
| <i>Baseline de Desempenho de Processo</i> | BDP-01 |
| <i>Límite Inferior da Baseline de Desempenho</i> | 0,1 |
| <i>Límite Superior da Baseline de Desempenho</i> | 0,25 |
| <i>Contexto de Baseline de Desempenho de Processo</i> | Primeira <i>baseline</i> de desempenho estabelecida para o processo de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo executado em 6 projetos pequenos, cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional. |
| <i>Responsável pelo Registro da Baseline</i> | Pedro Souza |
| <i>Desempenho de Processo Especificado</i> | DEP-01 |
| <i>Límite Inferior de Desempenho de Processo Especificado</i> | 0,0 |
| <i>Límite Superior de Desempenho de Processo Especificado</i> | 0,25 |
| <i>Procedimento de Determinação de Capacidade de Processo</i> | Calcular o índice de capacidade do processo, segundo a fórmula prescrita neste procedimento. Um índice de capacidade menor ou igual a 1 indica um processo capaz, enquanto que um índice de capacidade maior que 1 indica um processo não capaz. |
| <i>Fórmula de Cálculo</i> | $Cp = (LSe - LLe) / (LSb - LLb)$ <p>Onde:</p> $Cp = \text{Índice de Capacidade}$ $LSb = \text{Límite Superior da Baseline de Desempenho}$ $LLb = \text{Límite Inferior da Baseline de Desempenho}$ $LSe = \text{Límite Superior da Capacidade Especificada}$ $LLe = \text{Límite Inferior da Capacidade Especificada}$ |
| <i>Capacidade de Processo</i> | CAP-01 |
| <i>Processo de Software Padrão Capaz</i> | Processo de Gerência de Requisitos da Organização Org <i>Nota: o processo é capaz, pois, aplicando-se o Procedimento de Determinação de Capacidade de Processo, o índice de capacidade obtido pela fórmula de cálculo é 0,6.</i> |

Anexo 3

Reengenharia da Ontologia de Organização de Software

Este anexo descreve a reengenharia do fragmento da Ontologia de Organização de Software definida em (VILLELA, 2004), realizada para adequar o fragmento da ontologia à UFO e permitir sua integração à Ontologia de Medição de Software, conforme descrito no Capítulo 5.

A3.1 Ontologia de Organização de Software

A Ontologia de Organização de Software foi originalmente definida por VILLELA (2004) com o propósito de fornecer um vocabulário comum que pudesse ser utilizado para representar conhecimento útil para desenvolvedores de software sobre as organizações envolvidas em projetos de software.

A definição da Ontologia de Organização de Software por VILLELA (2004) evoluiu a Ontologia de Processo de Software definida por FALBO (1998) e se baseou em pesquisa bibliográfica sobre ontologias relacionadas, elaboradas no contexto do projeto TOVE (*TOronto Virtual Enterprise*) (FOX *et al.*, 1993; FADEL *et al.*, 1994; GRUNINGER e FOX, 1994; FOX *et al.*, 1996; FOX e GRUNINGER, 1998), do projeto *Enterprise* (USCHOLD *et al.*, 1998) e por COTA (COTA, 2002), em pesquisa bibliográfica na área de Administração de Empresas (MEGGINSON *et al.*, 1986a, b; CHIAVENATO, 1998) e em entrevistas com especialistas da mesma área.

A Ontologia de Organização de Software foi utilizada como base para a construção dos Ambientes de Desenvolvimento de Software Orientados a Organização (ADSOrg) (VILLELA, 2004), fornecendo apoio à gerência do conhecimento nesses ambientes. Os ADSOrgs foram desenvolvidos no contexto da Estação Taba (ROCHA *et al.*, 1990)³⁷.

A Figura A3.1 apresenta o fragmento da Ontologia de Organização de Software original necessário ao contexto deste trabalho. Em seguida, seus conceitos são brevemente

³⁷ A Estação Taba é um ambiente de Engenharia de Software que possui um conjunto de ferramentas de apoio a atividades relacionadas a processos de software. É um projeto realizado na COPPE/UFRJ desde 1990, envolvendo diversos trabalhos de mestrado e doutorado, cuja aplicabilidade em organizações de software tem sido comprovada através de diversas empresas que utilizam os ambientes da Estação Taba como apoio às atividades de Engenharia de Software, principalmente no contexto de programas de melhoria de processos.

descritos.

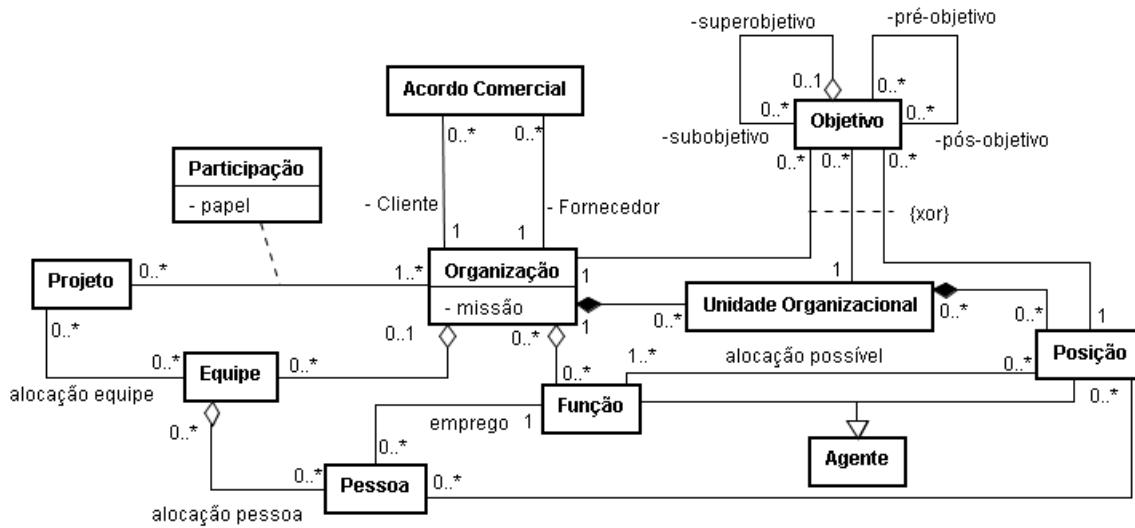


Figura A3.1 - Fragmento da Ontologia de Organização de Software definida em (VILLELA, 2004).

Segundo as definições da Ontologia de Organização de Software, *Organizações* são grupos de *Pessoas* trabalhando em conjunto para o cumprimento de uma *Missão*, sendo missão o propósito da organização dentro do sistema social ou econômico. Organizações podem ser compostas por *Unidades Organizacionais*, *Equipes* e *Funções*. Um *Agente* é uma especificação de um perfil necessário em uma organização e pode representar um *Cargo* ou uma *Posição*. Um cargo especifica atividades, responsabilidades e competências desejadas, bem como as condições de trabalho oferecidas. Uma posição especifica atividades, responsabilidades e competências considerando os objetivos de uma unidade organizacional e determina a localização de uma pessoa na estrutura organizacional. Pessoas são empregadas em um cargo e podem ser alocadas a equipes, que são agrupamentos de pessoas com finalidade determinada e, normalmente, por período de tempo determinado. Pessoas também podem ocupar posições. Organizações, unidades organizacionais e posições possuem *Objetivos*, que são enunciados escritos sobre os resultados a serem alcançados em um período de tempo determinado. Um objetivo (*Superobjetivo*) pode ser composto por outros (*Subobjetivos*). Objetivos podem, ainda, ser priorizados para indicar que um objetivo (*Pré-objetivo*) é mais importante que outro (*Pós-objetivo*). Organizações têm *Participação* em *Projetos* desempenhando um determinado *Papel*. Organizações podem, ainda, realizar *Acordos Comerciais*. Um acordo comercial é um instrumento que estabelece uma relação de negócio entre duas organizações que atuam, respectivamente, como *Fornecedor* e *Cliente*.

A3.2 Reengenharia da Ontologia de Organização de Software

Para tornar a apresentação da reengenharia mais clara, o fragmento da Ontologia de Organização de Software reprojetado foi dividido em três partes: Agentes, Recursos Humanos e Projetos. Vale ressaltar que essa divisão foi realizada apenas para facilitar a exposição do conteúdo, não devendo, assim, as partes serem consideradas subontologias. A descrição da reengenharia de cada parte é realizada a seguir. Nas figuras, as distinções de UFO aparecem como estereótipos dos conceitos apresentados. Quando o estereótipo de um conceito é omitido, significa que o conceito possui o mesmo estereótipo de seu supertípico.

a) Agentes

Conforme mencionado no Capítulo 3 desta tese, de acordo com a UFO, agentes são capazes de realizar ações com alguma intenção. Analisando-se o fragmento da versão original da Ontologia de Organização de Software (Figura A3.1), é possível perceber que o conceito Agente presente nessa versão não tem a concepção de agente segundo a UFO. Por ser uma generalização de Posição e Função, sua concepção é, na verdade, de uma descrição normativa que descreve papéis sociais no contexto da organização. Sendo assim, o termo Agente da versão original foi alterado para *Perfil*, como mostram as figuras A3.2 e A3.3.

Por outro lado, seguindo a conceituação de UFO para agentes, tem-se que organizações, unidades organizacionais e equipes são agentes sociais, enquanto pessoas são agentes físicos. Além disso, agentes possuem intenções que são expressas por objetivos. Assim, na nova versão da Ontologia de Organização de Software foi inserido o conceito de *Intenção*, sendo uma intenção o propósito pelo qual ações são planejadas e realizadas e *Objetivo* o conteúdo proposicional de uma intenção. A intenção principal de um agente social é a sua *Missão*. A percepção de que equipe é um agente conduz à conceituação de que equipes têm também intenções e objetivos. Por outro lado, a percepção de que uma posição é uma descrição normativa revela que não faz sentido ter objetivos a ela associados.

Na versão original da Ontologia de Organização de Software, uma organização está definida como “um grupo organizado de pessoas que trabalham juntas para o cumprimento de uma missão”. Contudo, segundo a UFO, pessoas são tipos e existem independentemente de organizações. De fato, pessoas passam a desempenhar o papel de *Recurso Humano* de uma organização quando são nela empregadas. Assim, uma *Organização* é

melhor caracterizada como um agente social que emprega recursos humanos para realizarem ações visando o alcance de seus objetivos.

Organizações podem ser divididas em unidades organizacionais. Uma *Unidade Organizacional* pode ser definida como um agrupamento de recursos humanos (os recursos humanos nela lotados), objetivos e intenções, estabelecido de acordo com a homogeneidade de conteúdo e alinhamento aos objetivos da organização. De maneira análoga, uma *Equipe* é um agrupamento de recursos humanos estabelecido com uma determinada finalidade.

Na versão original da Ontologia de Organização de Software, um objetivo podia ser exclusivamente de uma (e apenas uma) organização ou unidade organizacional. Ao analisar essa relação à luz de UFO, percebeu-se que as restrições de unicidade e exclusividade não permitiam à ontologia original contemplar algumas situações. É possível, por exemplo, que uma organização tenha o objetivo de “reduzir a taxa de defeitos dos produtos em 10%” e, caso essa organização possua unidades organizacionais, que esse objetivo seja também um objetivo de algumas de suas (ou de todas) unidades. Sendo assim, as restrições de exclusividade e unicidade foram eliminadas. Na versão atual, apesar de uma intenção ser inerente a apenas um agente, é possível ter intenções distintas cujos objetivos sejam os mesmos, ou seja, um mesmo objetivo pode ser o conteúdo proposicional de intenções de diferentes agentes.

Voltando a discussão para o conceito de equipe, com as novas concepções adotadas, chegou-se à conclusão de que o modelo original não estava adequado ao estabelecer que equipes são parte de organizações e podem ser alocadas a projetos. Na nova visão, uma equipe pode ser estabelecida para cumprir uma finalidade no contexto de um projeto, de uma organização ou de uma unidade organizacional, sendo, respectivamente, uma *Equipe de Projeto* (por exemplo, a equipe de desenvolvimento de um projeto de software), uma *Equipe Organizacional* (por exemplo, a equipe de garantia da qualidade de uma organização) ou uma *Equipe de Unidade Organizacional* (por exemplo, a equipe de garantia da qualidade de uma unidade organizacional específica).

A Figura A3.2 apresenta o fragmento da nova versão da Ontologia de Organização de Software que trata os conceitos da parte Agentes.

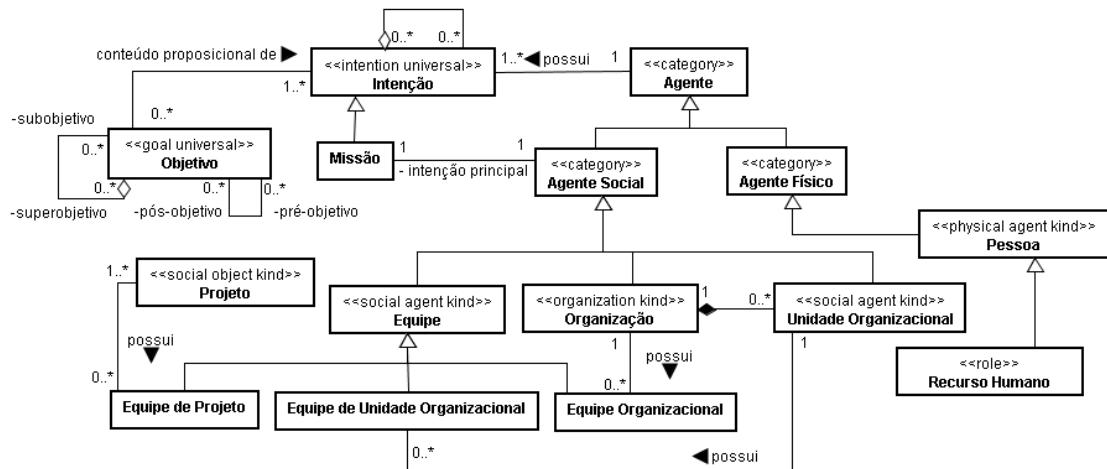


Figura A3.2 - Fragmento da nova versão da Ontologia de Organização de Software que trata de Agentes.

b) Recursos Humanos

Conforme anteriormente mencionado, pessoas desempenham o papel de recurso humano de uma organização quando são nela empregadas. A relação de ‘emprego’ entre Organização e Recurso Humano é, segundo UFO, uma relação material³⁸ e, portanto, há um *relator* universal (*Emprego*) cujas instâncias são indivíduos capazes de conectar instâncias dessas duas entidades. Esse *relator* está diretamente relacionado com o registro dos eventos relativos ao emprego de uma pessoa em uma organização e tem como propriedades, dentre outras, as datas de início e fim do emprego. Esse relator possui, ainda, uma relação com cargo, indicando que um recurso humano ocupa um cargo quando empregado em uma organização (por exemplo, um recurso humano empregado no cargo de analista de sistemas em uma organização).

Situações análogas ocorrem com as demais relações do papel recurso humano, a saber: *Alocação Equipe*, *Ocupação* e *Lotação*. A primeira registra a ocorrência do evento de alocação de um recurso humano a uma equipe, onde ele desempenha um *Papel Recurso Humano* (por exemplo, um recurso humano alocado como gerente de projeto na equipe de um projeto). A segunda refere-se ao evento de ocupação de uma posição por um recurso humano (por exemplo, um recurso humano que ocupa a posição de diretor da unidade de desenvolvimento de sistemas). Por fim, o *relator Lotação* registra o evento de lotação de um recurso humano em uma unidade organizacional (um recurso humano lotado na unidade de desenvolvimento de sistemas).

³⁸ Relações materiais possuem estrutura material por elas próprias e as entidades por elas conectadas são mediadas por indivíduos chamados *relators* (GUIZZARDI, 2005).

Cargo, *Papel Recurso Humano* e *Posição* são descrições de perfis necessários para atuação em contextos específicos, conforme descrito acima e são, portanto, descrições normativas.

A criação dos *relators* Emprego, Alocação Equipe, Lotação e Ocupação é uma alteração realizada na Ontologia de Organização de Software, orientada por UFO, que merece destaque. Esses conceitos foram adicionados ao modelo, pois não apenas conectam outras entidades, mas também definem um conjunto de características próprias dos relacionamentos e não das entidades que são conectadas por eles, permitindo, assim, maior cobertura dos aspectos do mundo real, tal como a percepção de que todos esses *relators* registram eventos e, por conseguinte, têm propriedades temporais relacionadas. Assim, Emprego, Alocação Equipe, Lotação e Ocupação ocorrem em um *Intervalo de Tempo*, cujo início e fim são delimitados por *Instantes*. Os conceitos *Intervalo de Tempo* e *Instante* são conceitos utilizados diretamente de UFO, ou seja, não são conceitos da Ontologia de Organização de Software, embora sejam utilizados por ela.

De uma maneira geral, um *relator* pode ser visto como uma representação estática de um evento. Por exemplo, um emprego, apesar de ser representado estaticamente, fundamentalmente trata de um evento que possui início e fim e que envolve um recurso humano ocupando um cargo em uma organização. A não representação de Emprego como um conceito na versão original da Ontologia de Organização de Software não permite a identificação de informações cruciais como, por exemplo, quando o emprego foi iniciado e quando foi encerrado. Além disso, na Ontologia de Organização de Software original uma pessoa ocupa apenas um cargo e, na verdade, o que se tem é que um emprego é para ocupar um cargo, mas um recurso humano pode ocupar vários cargos, uma vez que pode ter vários empregos, conforme modelado na nova versão da Ontologia de Organização de Software.

Reflexão análoga pode ser realizada para Alocação Equipe, Lotação e Ocupação. Uma vez que são *relators* que representam eventos estaticamente, esses conceitos possuem, no mínimo, início e fim. Além disso, é possível identificar que uma alocação equipe envolve um recurso humano desempenhando um papel recurso humano em uma equipe, o que permite que um mesmo recurso humano seja alocado em papéis diferentes em uma mesma equipe (por exemplo, um recurso humano pode assumir os papéis de projetista e programador em uma mesma equipe de projeto). Na Ontologia de Organização de Software original, uma pessoa é alocada a uma equipe sem identificar o papel por ela desempenhado, não sendo possível, assim, identificar quais são as funções e

responsabilidades específicas dessa pessoa no contexto da equipe, nem tão pouco alocar uma mesma pessoa em papéis distintos em uma mesma equipe.

Ainda no contexto da parte Recursos Humanos, na Ontologia de Organização de Software original, posições podiam ser definidas apenas por unidades organizacionais. Na versão atual, organizações também definem posições, uma vez que é possível a definição de posições em uma organização e não apenas em suas unidades organizacionais. Por exemplo, um recurso humano empregado no cargo de analista de sistemas em uma organização pode ocupar a posição de gerente de portfólio de projetos nessa organização.

A Figura A3.3 apresenta o fragmento da nova versão da Ontologia de Organização de Software que trata os conceitos relacionados à atuação dos recursos humanos.

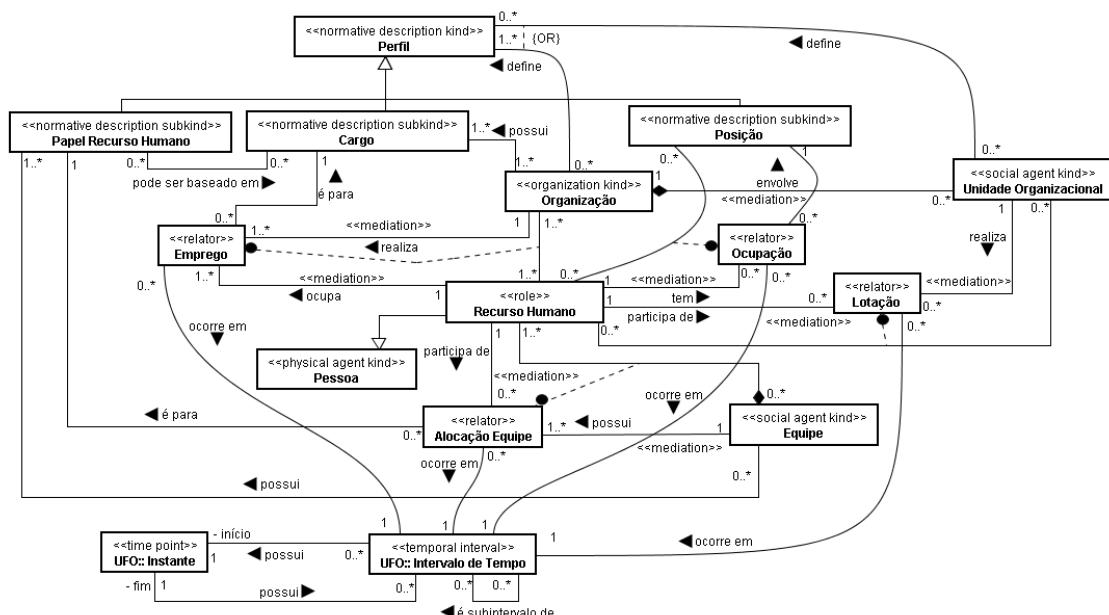


Figura A3.3 - Fragmento da nova versão da Ontologia de Organização de Software que trata da parte Recursos Humanos.

c) Projetos

Na nova versão da Ontologia de Organização de Software, um *Projeto* é um objeto social temporário que envolve duas ou mais partes e é realizado para alcançar determinados objetivos. Além disso, um projeto baseia-se em intenções.

Na versão original da Ontologia de Software, projetos são empreendimentos realizados por organizações, tendo sido a participação das organizações em projetos representada pela relação Participação, que possui a propriedade ‘papel’ para indicar qual o tipo da participação. Além disso, há o conceito de Acordo Comercial para tratar a relação cliente-fornecedor entre duas organizações (conforme apresentado no modelo da Figura A3.1).

O modelo proposto na versão original da Ontologia de Organização de Software apresenta diversos problemas. Primeiro, admite-se que um projeto tenha apenas uma participação, o que não parece adequado à realidade. Projetos tipicamente envolvem pelo menos duas partes, desempenhando papéis diferentes. Segundo, o modelo é omissivo em relação à participação de uma mesma organização de maneiras diferentes em um projeto. Pode uma mesma organização participar desempenhando papéis diferentes? Terceiro, pelo modelo da Figura A3.1, apenas organizações participam de projetos, não sendo possível representar situações em que uma pessoa física contrata (ou é contratada para desenvolver) um projeto, nem situações em que uma unidade organizacional contrata ou é contratada no contexto de um projeto. Quarto, não há nenhuma relação entre projetos e acordos de negócio, sendo que os acordos de negócio têm dois tipos de papéis definidos a priori, Cliente e Fornecedor, e que não parecem ter relação com os papéis definidos nas participações. Por fim, o modelo estabelece que um acordo comercial envolve exatamente duas organizações, o que também não parece ser adequado à realidade, uma vez que é possível que sejam estabelecidos acordos entre mais de duas organizações.

Tentando solucionar esses problemas, na nova versão da Ontologia de Organização de Software, a participação em projetos e os acordos comerciais foram tratados pela introdução dos conceitos *Parte* e *Contrato*. Parte é uma forma de atuação em projetos que pode ser desempenhada por organizações, unidades organizacionais ou pessoas. Um Contrato é um acordo estabelecido entre partes. Quando um contrato é de caráter comercial, tem-se um *Contrato Comercial*.

Analizando-se o conceito Parte à luz de UFO, pode-se dizer que é um papel que pode ser desempenhado por tipos diferentes e disjuntos, ou seja, é um *role mixin*. Segundo GUIZZARDI (2005), modelar conceitualmente situações como essa tem sido um problema recorrente na literatura. A Figura A3.4 apresenta dois modelos ontologicamente incorretos que poderiam ser propostos, caso distinções ontológicas importantes da UFO não sejam levadas em conta.

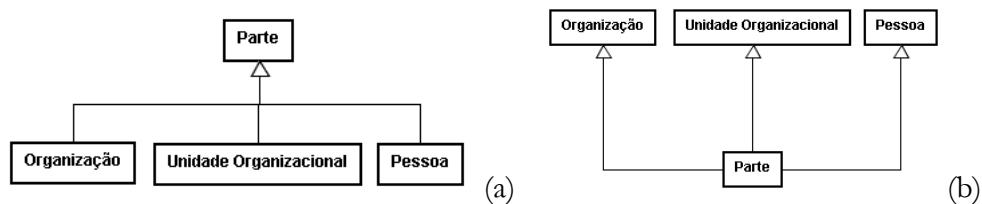


Fig. A3.4 - Modelos ontologicamente incorretos.

Na Figura A3.4(a), o papel Parte é definido como um supertipo de Organização, Unidade Organizacional e Pessoa. Ontologicamente esse modelo está incorreto, pois define que toda instância de Organização, Unidade Organizacional e Pessoa é necessariamente uma instância de Parte, o que não ocorre no mundo real, uma vez que uma pessoa ainda é uma pessoa mesmo que ela não seja uma parte. O mesmo vale para uma organização e uma unidade organizacional.

Na Figura A3.4(b), o papel Parte é definido como subtipo de Organização, Unidade Organizacional e Pessoa. Ontologicamente esse modelo também está incorreto, pois indica que Parte possui princípios de identidade comuns a Organização, Unidade Organizacional e Pessoa, o que não ocorre no mundo real, uma vez que não é possível que uma parte seja ao mesmo tempo uma organização, uma unidade organizacional e uma pessoa.

Para solucionar esse problema, GUIZZARDI (2005) propõe o *pattern* ilustrado na Figura A3.5.

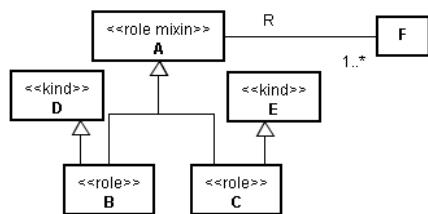


Figura A3.5 - *Pattern* para modelar papéis com tipos múltiplos e disjuntos (GUIZZARDI, 2005).

Utilizando-se esse *pattern* para modelar o conceito de Parte na Ontologia de Organização de Software, Parte é um *role mixin* e, portanto, não tem instâncias diretas e inclui diferentes tipos de papéis: *Parte Organização*, *Parte Unidade Organizacional* e *Parte Pessoa*. Esses papéis são disjuntos e têm instâncias diretas. Por exemplo, a organização *O* pode ser instância de Parte Organização, o que significa que, em determinado momento, *O* desempenha o papel de Parte Organização. Organização, Unidade Organizacional e Pessoa são os substanciais sortais que fornecem os princípios de identidade das instâncias de Parte Organização, Parte Unidade Organizacional e Parte Pessoa, respectivamente. O tipo do qual Parte é relationalmente dependente é Projeto, uma vez que ser uma parte é um papel que uma organização, unidade organizacional ou pessoa pode desempenhar em um projeto.

Para resolver o problema dos papéis em acordos comerciais e papéis em participações em projetos, introduziu-se o conceito de *Tipo de Papel Parte* que, como o próprio nome aponta, identifica o papel que uma dada parte desempenha. *Tipo de Papel Parte* é um universal de mais alta ordem e, com isso, tem como instâncias universais de primeira ordem como, por exemplo, Cliente, Fornecedor e Parceiro. A unicidade de Parte

em relação a Projeto e a Tipo de Papel Parte permite a participação de um mesmo agente (uma organização, uma unidade organizacional ou uma pessoa) como partes diferentes em um mesmo projeto. Ou seja, se uma organização A é parte α quando desempenha o papel de parte organização com o tipo de papel parte $pp1$ no projeto $prj1$ e a mesma organização é parte β quando desempenha o papel de parte organização com tipo de papel parte $pp1$ no projeto $prj2$, então $\alpha \neq \beta$, mesmo sendo a mesma organização com o mesmo tipo de papel parte. E ainda: se uma organização A é parte α quando desempenha o papel de parte organização com tipo de papel parte $pp1$ no projeto $prj1$ e a mesma organização é parte β quando desempenha o papel de parte organização com tipo de papel parte $pp2$ no projeto $prj1$, então $\alpha \neq \beta$, mesmo sendo a mesma organização e o mesmo projeto.

Para resolver os problemas relacionados às cardinalidades definidas na versão original da Ontologia de Organização de Software, que permitem que apenas uma organização participe de um projeto e, além disso, estabelecem que um acordo comercial envolve exatamente duas organizações, na nova versão da ontologia estabeleceu-se que um projeto (e, consequentemente, um contrato) tem pelo menos duas partes.

A Figura A3.6 apresenta o fragmento da nova versão da Ontologia de Organização de Software que trata os conceitos relacionados aos projetos.

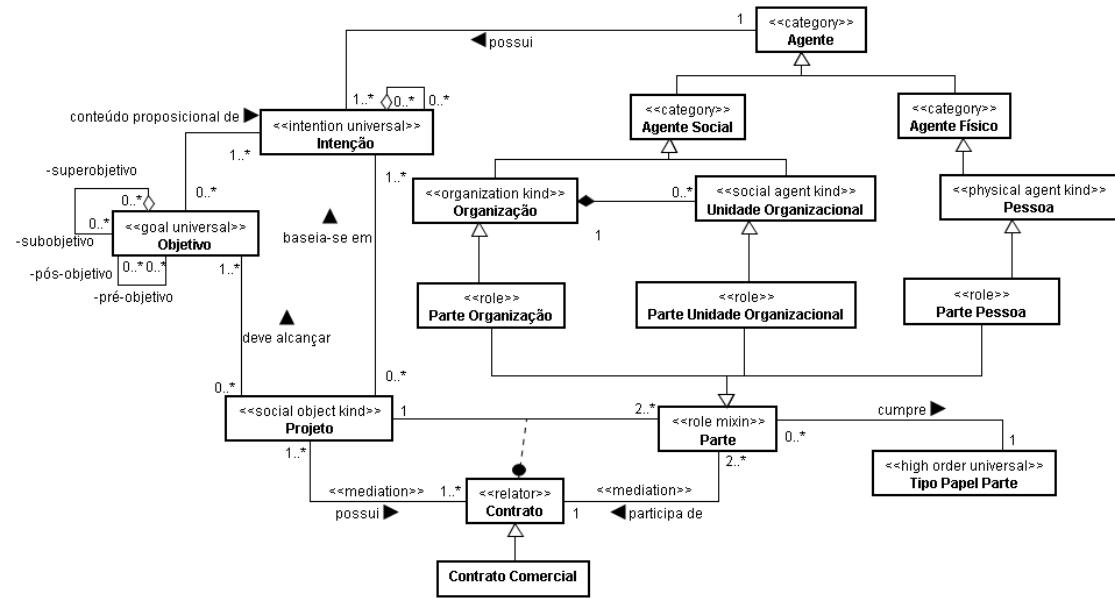


Figura A3.6 - Fragmento da nova versão da Ontologia de Organização de Software que trata da parte Projetos.

Durante a reengenharia da Ontologia de Organização de Software, várias restrições que não puderam ser explicitamente capturadas pelos modelos foram identificadas, tendo

sido necessária a definição de axiomas para torná-las explícitas. Os axiomas definidos são apresentados a seguir.

A1. Se um recurso humano rh está empregado no emprego emp em uma organização org em um cargo crg , então crg deve ser um cargo definido por org .

$$(\forall rh \in RecursoHumano, crg \in Cargo, org \in Organização, emp \in Emprego) \\ (realiza(org, emp) \wedge ocupa(rh, emp) \wedge éPara(emp, crg) \rightarrow define(org, crg))$$

A2. Se um recurso humano rh participa de uma lotação lot que ocorre em um intervalo de tempo $it1$ e é realizada pela unidade organizacional $u-org$ que é parte da organização org , então rh deve estar empregado em um emprego emp em org em um intervalo de tempo $it2$ e $it1$ tem de estar contido em $it2$.

$$(\forall rh \in RecursoHumano, lot \in Lotação, u-org \in Unidade Organizacional, org \in Organização, it1 \in Intervalo de Tempo) \\ (participaDe(rh, lot) \wedge realiza(u-org, lot) \wedge éParteDe(u-org, org) \wedge ocorreEm(lot, it1) \rightarrow (\exists emp \in Emprego, it2 \in Intervalo de Tempo) \\ (realiza(org, emp) \wedge ocupa(rh, emp) \wedge ocorreEm(emp, it2) \wedge \\ éSubintervaloDe(it1, it2)))$$

A3. Se um recurso humano rh tem uma ocupação ocp que ocorre em um intervalo de tempo $it1$ e envolve uma posição psc definida pela organização org , então rh deve estar empregado em um emprego emp em org em um intervalo de tempo $it2$ e $it1$ tem de estar contido em $it2$.

$$(\forall rh \in RecursoHumano, ocp \in Ocupação, psc \in Posição, org \in Organização, it1 \in Intervalo de Tempo) \\ (tem(rh, ocp) \wedge envolve(ocp, psc) \wedge define(org, psc) \wedge ocorreEm(ocp, it1) \rightarrow (\exists emp \in Emprego, it2 \in Intervalo de Tempo) \\ (realiza(org, emp) \wedge ocupa(rh, emp) \wedge ocorreEm(emp, it2) \wedge éSubintervaloDe(it1, it2)))$$

A4. Se um recurso humano rh tem uma ocupação ocp que ocorre em um intervalo de tempo $it1$ e envolve uma posição psc definida pela unidade organizacional $u-org$ que é parte da organização org , então rh deve estar empregado em um emprego emp em org em um intervalo de tempo $it2$ e $it1$ tem de estar contido em $it2$.

$$(\forall rh \in RecursoHumano, ocp \in Ocupação, psc \in Posição, org \in Organização, it1 \in Intervalo de Tempo) \\ (tem(rh, ocp) \wedge envolve(ocp, psc) \wedge define(u-org, psc) \wedge éParteDe(u-org, org) \wedge ocorreEm(ocp, it1) \rightarrow \\ (\exists emp \in Emprego, it2 \in Intervalo de Tempo) (realiza(org, emp) \wedge ocupa(rh, emp) \wedge ocorreEm(emp, it2) \wedge \\ éSubintervaloDe(it1, it2)))$$

A5. Se um recurso humano rh participa de uma alocação equipe $al-eqp$ da equipe eqp da organização org em um intervalo de tempo $it1$, então rh deve estar empregado em um emprego emp em org em um intervalo de tempo $it2$ e $it1$ tem de estar contido em $it2$.

$$(\forall rh \in \text{RecursoHumano}, al-eqp \in \text{Alocação Equipe}, eqp \in \text{Equipe}, org \in \text{Organização}, it1 \in \text{Intervalo de Tempo}) (\text{possui}(org, eqp) \wedge \text{possui}(eqp, al-eqp) \wedge \text{participaDe}(rh, al-eqp) \wedge \text{ocorreEm}(al-eqp, it1) \rightarrow (\exists emp \in \text{Emprego}, it2 \in \text{Intervalo de Tempo}) (\text{realiza}(org, emp) \wedge \text{ocupa}(rh, emp) \wedge \text{ocorreEm}(emp, it2) \wedge \text{éSubintervaloDe}(it1, it2)))$$

A6. Se um recurso humano rh participa de uma alocação equipe $al-eqp$ da equipe eqp da unidade organizacional $u-org$ que é parte da organização org em um intervalo de tempo $it1$, então rh deve estar empregado em um emprego emp em org em um intervalo de tempo $it2$ e $it1$ tem de estar contido em $it2$.

$$(\forall rh \in \text{RecursoHumano}, al-eqp \in \text{Alocação Equipe}, eqp \in \text{Equipe}, org \in \text{Organização}, it1 \in \text{Intervalo de Tempo}) (\text{éParteDe}(u-org, org) \wedge \text{possui}(u-org, eqp) \wedge \text{possui}(eqp, al-eqp) \wedge \text{participaDe}(rh, al-eqp) \wedge \text{ocorreEm}(al-eqp, it1) \rightarrow (\exists emp \in \text{Emprego}, it2 \in \text{Intervalo de Tempo}) (\text{realiza}(org, emp) \wedge \text{ocupa}(rh, emp) \wedge \text{ocorreEm}(emp, it2) \wedge \text{éSubintervaloDe}(it1, it2)))$$

A7. Se uma equipe eqp possui uma alocação equipe $al-eqp$ para o papel recurso humano prh , então prh deve ser um papel recurso humano de eqp .

$$(\forall eqp \in \text{Equipe}, al-eqp \in \text{Alocação Equipe}, prh \in \text{Papel Recurso Humano}) (\text{possui}(eqp, al-eqp) \wedge \text{éPara}(al-eqp, prh) \rightarrow \text{possui}(eqp, prh))$$

A8. Se um projeto prj possui um contrato cnt e se baseia em uma intenção int que é inerente a um agente agn , então agn deve desempenhar o papel de uma parte que participa de cnt .

$$(\forall prj \in \text{Projeto}, cnt \in \text{Contrato}, int \in \text{Intenção}, agn \in \text{Agente}) (\text{possui}(prj, cnt) \wedge \text{baseia_seEm}(prj, int) \wedge \text{possui}(agn, int) \rightarrow (\exists prt \in \text{Parte}) (\text{participaDe}(prt, cnt) \wedge \text{subTipoDe}(prt, agn)))$$

A9. Se um projeto prj deve alcançar um objetivo obj , então deve haver uma intenção int na qual prj é baseado e da qual obj é conteúdo proposicional.

$$(\forall prj \in \text{Projeto}, obj \in \text{Objetivo}) (\text{deveAlcançar}(prj, obj) \rightarrow (\exists int \in \text{Intenção}) (\text{baseia_seEm}(prj, int) \wedge \text{conteúdoProposicionalDe}(obj, int)))$$

Anexo 4

Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos

Este anexo apresenta na íntegra o Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas Considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos (IABM) descrito no Capítulo 6. Também é apresentada uma forma alternativa à utilização de Fuzzy para determinar a adequação de uma base de medidas avaliada pelo instrumento.

A4.1 Visão Geral

A avaliação de uma base de medidas utilizando-se o instrumento aqui definido é composta pela avaliação de quatro itens: o Plano de Medição, a estrutura da base de medidas, as medidas propriamente ditas e os dados coletados para essas medidas. Além disso, uma vez que, de acordo com a abordagem de melhoria contínua de processos de software, somente os processos considerados críticos para a organização devem ser submetidos ao controle estatístico de processos, é desejável que a organização identifique esses processos antes da avaliação da base de medidas, a fim de evitar a avaliação desnecessária de medidas não relacionadas a esses processos ou a tendência à escolha de processos que tenham medidas aplicáveis, porém que não sejam críticos.

A Figura A4.1 mostra uma visão geral do instrumento.

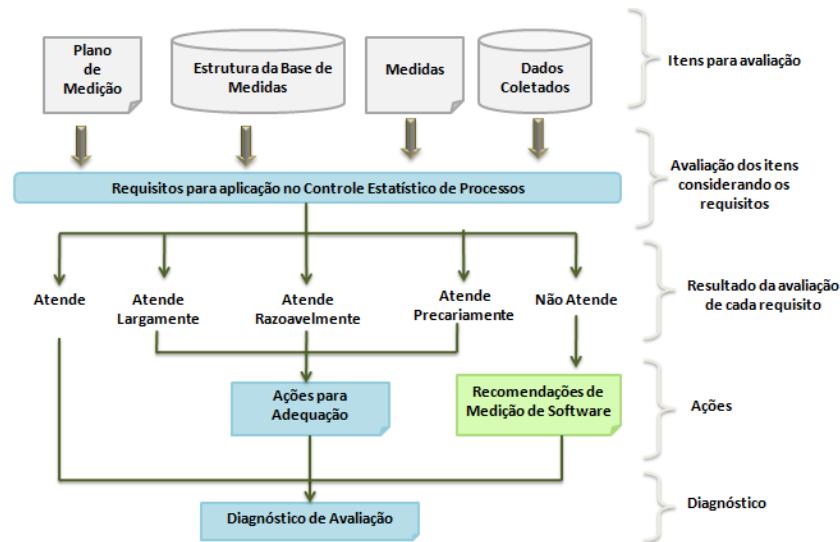


Figura A4.2 – Visão geral do IABM.

Cada item considerado pelo instrumento é submetido à avaliação considerando-se um conjunto de requisitos. A avaliação de cada item segundo cada requisito pode produzir um dos seguintes resultados:

- (i) *Atende*: o item satisfaz totalmente o requisito e nenhuma ação de alteração do item avaliado é necessária em relação ao requisito considerado.
- (ii) *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* ou *Atende precariamente*: o item não satisfaz o requisito, mas é possível realizar ações que irão adequá-lo a fim de satisfazer o requisito em questão e, consequentemente, permitir sua utilização no controle estatístico de processos. O grau de atendimento do item ao requisito (*Largamente*, *Razoavelmente* ou *Precariamente*) está diretamente relacionado com o esforço necessário para realizar as ações que levarão o item a atender o requisito em questão. Quanto mais esforço, menor o grau de atendimento.
- (iii) *Não Atende*: o item não satisfaz o requisito e não há ações possíveis para adequar o item avaliado ao controle estatístico de processos, sendo necessário descartá-lo e redefini-lo, se pertinente.

De acordo com o resultado da avaliação de cada requisito, ações são sugeridas. Quando o resultado da avaliação de um requisito é *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* ou *Atende Precariamente*, são sugeridas *Ações para Adequação*. Essas ações são orientações providas à organização que visam à realização de correções que permitam a utilização do item avaliado no controle estatístico de processos.

Quando o resultado da avaliação de um requisito é *Não Atende*, não há ações de adequação possíveis e o item deve ser descartado da utilização no controle estatístico de processos. Nesse caso, a organização pode ser orientada sobre como é possível atender ao referido requisito através de *Recomendações de Medição* contidas no *Conjunto de Recomendações para Medição de Software*, outro componente da estratégia proposta nesta tese, descrito no Capítulo 7. Vale destacar que as *Recomendações de Medição* também podem ser associadas às *Ações para Adequação* como fonte de conhecimento para realização destas.

Os resultados da avaliação de uma base de medidas são registrados em um documento denominado *Diagnóstico de Avaliação*, que inclui, além da avaliação detalhada de cada item, sugestões das ações de adequação possíveis e o grau de adequação da base de medidas como um todo ao controle estatístico de processos, dado em percentual.

Nas próximas subseções são apresentados os *checklists* do IABM, as descrições dos requisitos neles contidos, as instruções para avaliação de cada requisito e as ações de adequação identificadas.

A4.2 *Checklists* e Descrição dos Requisitos do IABM

Conforme dito anteriormente, a avaliação dos itens considerados pelo IABM é realizada através da aplicação de *checklists* que contêm os requisitos necessários para que um item seja utilizado no controle estatístico de processos. A seguir, esses *checklists* são apresentados, bem como a descrição de cada requisito que os compõe.

A4.2.1 Requisitos para Avaliação do Plano de Medição

Na Figura A4.2 é apresentado o *checklist* para avaliação do Plano de Medição. Esse *checklist* é composto por um único requisito, decomposto em quatro sub-requisitos.

| Avaliação do Plano de Medição considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software | | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Organização: Data da Avaliação: Avaliador: | | | | | | |
| Item: Plano de Medição | | | | | | |
| Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar. | | | | | | |
| Requisitos | Avaliação | | | | | |
| 1. O Plano de Medição da Organização encontra-se alinhado aos objetivos da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.1 Os objetivos de negócios da organização relevantes à medição estão registrados no Plano de Medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.2 Os objetivos de medição estão registrados no Plano de Medição e corretamente associados aos objetivos de negócios da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.3 As necessidades de informação para monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.4 As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas e devidamente associadas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |

Figura A4.2 - *Checklist* para avaliação do Plano de Medição.

Conforme mostra a Figura A4.2, a avaliação do Plano de Medição considera o seguinte requisito:

PM-R1. O Plano de Medição da Organização encontra-se alinhado aos objetivos da organização.

O Plano de Medição da Organização deve possuir alinhamento com os objetivos estabelecidos pelo Planejamento Estratégico da organização, uma vez que as medidas coletadas devem fornecer os dados que permitirão avaliar o alcance a esses objetivos. Este requisito é composto por quatro sub-requisitos:

PM.R1.1. Os objetivos de negócio da organização relevantes à medição estão registrados no Plano de Medição.

PM.R1.2. Os objetivos de medição estão registrados no Plano de Medição e corretamente associados aos objetivos de negócio da organização.

PM.R1.3. As necessidades de informação para monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas.

PM.R1.4. As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas e devidamente associadas.

A4.2.2 Requisitos para Avaliação da Estrutura da Base de Medidas

Na Figura A4.3 é apresentado o *checklist* para avaliação da estrutura da base de medidas.

| Avaliação da Base de Medidas considerando sua Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software | | | | | | |
|---|--|------------------|--------|--------|--------|--------|
| Organização: Data da Avaliação: Avaliador: | | | | | | |
| Item: Estrutura da Base de Medidas | | | | | | |
| Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar | | | | | | |
| Requisitos | | Avaliação | | | | |
| 1. A base de medidas apresenta-se bem estruturada e permite que as medidas sejam integradas aos processos e atividades da organização. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 1.1 A estrutura definida para a base de medidas permite relacionar as medidas definidas aos processos e atividades da organização nos quais a medição deve ser realizada. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 1.2 A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 3. Um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos é estabelecido. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 4. É possível identificar a versão dos processos executados nos projetos. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 5. É possível armazenar e recuperar as informações de contexto das medidas coletadas. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| Para cada medida coletada, é possível armazenar e recuperar: | | | | | | |
| 5.1 Momento da medição (processo e atividade nos quais a medição foi realizada) | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 5.2 Condições da medição (dados relevantes sobre a execução do processo ou projeto no momento da coleta da medida). | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 5.3 Executor da medição. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 5.4 Projeto no qual a medida foi coletada. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |
| 5.5 Características do projeto no qual a medida foi coletada. | | () A | () AL | () AR | () AP | () NA |

Figura A4.3 - *Checklist* para avaliação da estrutura da base de medidas.

Conforme mostra a Figura A4.3, a avaliação da estrutura da base de medidas considera os seguintes requisitos:

EB-R1. A base de medidas apresenta-se bem estruturada e permite que as medidas sejam integradas aos processos e atividades da organização.

A estrutura da base de medidas deve permitir que as medidas definidas sejam relacionadas aos processos e atividades da organização, nos quais sua coleta deve ser realizada. Além disso, é desejável que a base de medidas seja única. Porém, caso a base de medidas seja composta por diferentes fontes, do mesmo tipo ou não (bancos de dados, planilhas, arquivos etc.), é necessário que haja integração entre essas fontes bem como entre as medidas e os processos e atividades nos quais a medição deve ser realizada. Este requisito é composto por dois sub-requisitos:

EB-R1.1. A estrutura definida para a base de medidas permite relacionar as medidas definidas aos processos e atividades da organização nos quais a medição deve ser realizada.

EB-R1.2. A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas.

EB-R2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente.

Os projetos da organização devem ser caracterizados para permitir a identificação de projetos cujos dados coletados para as medidas possam ser analisados em conjunto ou sejam passíveis de comparações entre si. Uma caracterização é considerada satisfatória quando os subconjuntos formados pelos projetos que possuem o mesmo perfil, ou seja, cujos critérios de caracterização possuem os mesmos valores, são homogêneos. Exemplos de critérios para caracterizar projetos são: domínio do software, tipo de software, tecnologias envolvidas, restrições estabelecidas etc.

EB-R3. Um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos é estabelecido.

Considerando-se os critérios de caracterização definidos, deve ser estabelecido um mecanismo que permita selecionar projetos similares. Considerando-se os critérios de caracterização definidos, deve ser estabelecido um mecanismo que permita selecionar projetos similares. São exemplos de mecanismos desse tipo: *(i)* projetos são similares quando os valores atribuídos a todos os critérios de caracterização são iguais entre os projetos; *(ii)* projetos são similares quando os valores atribuídos a

pelo menos um dos critérios de caracterização são iguais entre os projetos; e (iii) projetos são similares quando os valores atribuídos a alguns dos critérios de caracterização (determinados de acordo com o contexto de utilização dos projetos similares) são iguais entre os projetos. O mecanismo de identificação de projetos similares é considerado satisfatório quando os grupos formados por dados de projetos similares são homogêneos e quando, considerando diversos projetos desenvolvidos, é possível obter projetos similares. Não é viável, por exemplo, uma organização que desenvolve projetos com apenas pequenas particularidades que os diferenciam, estabelecer mecanismos muito rígidos que só considerem projetos similares aqueles que possuem exatamente os mesmos valores para todos os critérios de caracterização.

EB-R4. É possível identificar a versão dos processos executados nos projetos.

Para verificar se os dados referentes a um processo submetido ao controle estatístico dizem respeito a execuções de uma mesma definição daquele processo, é necessário que seja possível identificar a versão dos processos executados nos projetos da organização. Um processo possui entradas, saídas, papéis, ferramentas e uma sequência de atividades bem definidas. Alterações nesses componentes caracterizam alterações na definição do processo e, consequentemente, novas versões.

EB-R5. É possível armazenar e recuperar as informações de contexto das medidas coletadas.

A estrutura da base de medidas deve permitir o armazenamento e recuperação das seguintes informações, para cada medida coletada: momento da medição (processo e atividade nos quais a medição foi realizada), executor da medição, projeto no qual a medida foi coletada, características desse projeto e condições da medição (dados sobre a execução do processo no momento da coleta como, por exemplo: “a medida foi coletada durante mudança de tecnologia no decorrer da execução do processo no projeto”). Este requisito é composto por cinco sub-requisitos:

Para cada medida coletada é possível armazenar e recuperar:

EB-R5.1. Momento da medição.

EB-R5.2. Condições da medição.

EB-R5.3. Executor da medição.

EB-R5.4. Projeto no qual a medida foi coletada.

EB-R5.5. Características do projeto no qual a medida foi coletada.

A4.2.3 Requisitos para Avaliação das Medidas de Software

Na Figura A4.4 é apresentado o *checklist* para avaliação das medidas de software. Diferente dos *checklists* para avaliação do Plano de Medição e da estrutura da base de medidas que, normalmente, são aplicados uma única vez na avaliação de uma base de medidas, o *checklist* para avaliação das medidas deve ser aplicado uma vez para cada medida a ser avaliada.

| Avaliação de Base de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software | | | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Organização: | | | | | | |
| Data da Avaliação: | | | | | | |
| Avaliador: | | | | | | |
| Medida: | | | | | | |
| Item: Medida | | | | | | |
| Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar | | | | | | |
| Requisitos | Avaliação | | | | | |
| 1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| A definição operacional da medida inclui corretamente: | | | | | | |
| 1.1 Definição da medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.2 Entidade medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.3 Propriedade medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.4 Unidade de medida. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.5 Tipo de escala. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.6 Valores da escala. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.7 Intervalo esperado dos dados. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.8 Fórmula(s) (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.9 Descrição precisa do procedimento de medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.10 Responsável pela medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.11 Momento da medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.12 Periodicidade de Medições. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.13 Descrição precisa do procedimento de análise (se indispensável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 1.14 Periodicidade de análise (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 2. A medida está alinhada a objetivos dos projetos ou da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| A medida está associada a: | | | | | | |
| 2.1 Objetivo da organização. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 2.2 Objetivo dos projetos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 3. Os resultados da análise da medida são relevantes às tomadas de decisão. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processo. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 5. A medida está relacionada ao desempenho de um processo. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 6. A medida está relacionada a um processo crítico. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 7. A medida está associada a uma atividade ou processo que produz item mensurável. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 8. As medidas correlatas à medida estão definidas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 9. As medidas correlatas à medida são válidas. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 10. A medida possui baixa granularidade. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 11. A medida é passível de normalização (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 13. Os critérios de agrupamento de dados para análise da medida estão definidos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 14. A medida não considera dados agregados. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |

Figura A4.4 - *Checklist* para avaliação das medidas de software.

Conforme mostra a Figura A4.4, a avaliação de cada medida deve considerar os seguintes requisitos:

MS-R1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória.

A definição operacional da medida deve conter todas as informações necessárias para que sua coleta possa ser realizada de forma consistente e para que sua análise seja realizada de forma a fornecer as informações necessárias. Uma definição operacional deve conter: definição da medida, entidade medida, propriedade medida, unidade de medida, tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos dados (se possível), fórmulas (se aplicáveis), descrição detalhada e precisa dos procedimentos de medição e análise, responsável pela medição, momento de medição e periodicidade de medição. O procedimento de análise pode ser omitido em medidas base que não são analisadas isoladamente, ou seja, quando não estão associadas a outras medidas onde o procedimento de análise é claramente descrito. Este requisito é composto por treze sub-requisitos:

A definição operacional da medida inclui corretamente:

- MS.R1.1. Definição da medida.
- MS.R1.2. Entidade medida.
- MS.R1.3. Propriedade medida.
- MS.R1.4. Unidade de medida.
- MS.R1.5. Tipo de escala.
- MS.R1.6. Valores da escala.
- MS.R1.7. Intervalo esperado dos dados (se possível).
- MS.R1.8. Fórmula(s) (se aplicável).
- MS.R1.9. Descrição detalhada e precisa do procedimento de medição.
- MS.R1.10. Responsável pela medição.
- MS.R1.11. Momento da medição (*refinamento do requisito EB.R1.1*).
- MS.R1.12. Periodicidade de medição.
- MS.R1.13. Descrição detalhada e precisa do procedimento de análise (se indispensável).
- MS.R1.14. Periodicidade da análise (se aplicável).

MS-R2. A medida está alinhada a objetivos dos projetos ou da organização.

Este requisito é um refinamento do requisito PM-R1 de avaliação do Plano de Medição. A medida deve estar associada a pelo menos um objetivo da organização ou dos projetos. Este requisito é composto por dois sub-requisitos:

A medida está associada a:

MS.R2.1. Objetivo da organização.

MS.R2.2. Objetivo do projeto.

MS-R3. Os resultados da análise da medida são relevantes à tomada de decisão.

Os dados coletados para a medida, ao serem analisados, devem fornecer subsídios relevantes para a tomada de decisão no contexto da organização ou dos projetos. Medidas que desempenham o papel de indicadores (diretamente associadas aos objetivos e responsáveis por fornecer as informações necessárias para a análise do alcance a esses objetivos) são medidas relevantes à tomada de decisão, bem como suas medidas correlatas³⁹.

MS-R4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processos.

Os dados coletados para a medida, ao serem analisados, devem fornecer subsídios relevantes para a melhoria de processos, uma vez que este é o foco da utilização do controle estatístico de processos.

MS-R5. A medida fornece informações sobre o desempenho de um processo.

A medida deve estar relacionada a um processo e deve ser capaz de fornecer informações sobre seu desempenho. Medidas que registram estimativas, por exemplo, são medidas essencialmente de controle e não descrevem o desempenho dos processos, logo, isoladas, não são aplicáveis ao controle estatístico de processos. Porém, vale ressaltar que medidas que registram estimativas podem ser utilizadas para formar medidas compostas que descrevam o desempenho de um processo. Por exemplo, a medida “aderência ao cronograma”, obtida pela razão entre as medidas

³⁹ Exemplos de medidas correlatas: medidas utilizadas na composição de outras são correlatas entre si, medidas com relação de causa e efeito e medidas associadas a um mesmo objetivo no Plano de Medição.

“tempo estimado” e “tempo efetivo”, é uma medida que provê informações sobre o desempenho do processo.

MS-R6. A medida está relacionada a um processo crítico.

Apenas processos críticos devem ser submetidos ao controle estatístico de processos, sendo assim, a medida deve estar relacionada a um desses processos, identificados considerando-se os objetivos da organização.

MS-R7. A medida está associada a uma atividade ou processo que produz item mensurável.

A medida deve estar associada a uma atividade que produz pelo menos um item que possa ser medido e avaliado, para que seja possível identificar os resultados das ações de melhoria realizadas sobre o processo.

MS-R8. As medidas correlatas à medida estão identificadas.

As medidas correlatas à medida avaliada, necessárias à composição dessa medida, à análise do comportamento do processo ao qual a medida está associada ou à identificação de possíveis causas de variações indesejadas, devem ser definidas e coletadas.

MS-R9. As medidas correlatas à medida são válidas.

Uma vez que as medidas correlatas serão utilizadas para apoiar a análise de comportamento e investigação de causas de variações, elas devem ser válidas para o controle estatístico dos processos.

MS-R10. A medida possui baixa granularidade.

A granularidade da medida deve permitir o acompanhamento frequente (diário) dos projetos. Para isso a medida deve estar relacionada a atividades ou processos de curta duração⁴⁰. Algumas medidas, apesar de não apresentarem granularidade baixa, podem ser úteis no controle estatístico de processos como medidas de normalização. Por exemplo, a medida “número de casos de uso do projeto”, sozinha, não é adequada ao controle estatístico de processos. Porém, ela pode ser utilizada para normalizar outras

⁴⁰ Recomenda-se processos ou atividades com duração entre quatro e quarenta horas (BORIA, 2008).

(por exemplo, a medida “número de casos de uso alterados” pode ser normalizada pelo número de casos de uso do projeto, a fim de permitir comparações), o que a torna útil ao controle estatístico dos processos.

MS-R11. A medida é passível de normalização (se aplicável).

Algumas vezes faz-se necessário normalizar uma medida para que seja possível realizar comparações. Caso a medida definida seja normalizável, as medidas necessárias para normalizá-la devem estar disponíveis e serem válidas. Por exemplo, para normalizar esforço considerando tamanho, é preciso que as medidas de tamanho estejam disponíveis e sejam válidas.

MS-R12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável).

Caso a medida já esteja normalizada, é preciso assegurar-se de que sua normalização está correta. Por exemplo, para a medida “esforço de codificação”, normalizada pelo “número de linhas de código fonte”, é preciso assegurar-se de que seja correto normalizar esforço utilizando o tamanho e, além disso, de que as medidas “número de linhas de código fonte” e “esforço de codificação” sejam referentes à mesma porção de código.

MS-R13. Os critérios para agrupamento dos dados para análise da medida estão definidos.

É necessário definir para cada medida quais são os critérios que devem ser considerados para que dados para elas coletados possam formar grupos para serem analisados. Normalmente, os critérios podem ser os mesmos adotados na caracterização e identificação de similaridade entre projetos (requisitos EB-R2 e EB-R3 da avaliação da estrutura da base de medidas), desde que eles não sejam muito amplos. Os critérios de agrupamento de dados são considerados satisfatórios se os conjuntos de dados obtidos caracterizarem populações⁴¹.

⁴¹ Uma população é o conjunto de todos os elementos que compartilham características em comum e estão sob investigação (BUSSAB e MORETTIN, 2006) *apud* (FÁVERO *et al.*, 2009). Exemplos: o grupo de pessoas que moram em um determinado bairro e o conjunto de dados coletados para uma medida em projetos com determinadas características em uma organização.

MS-R14. A medida não considera dados agregados.

Os dados coletados para a medida não devem ser referentes a valores agregados, pois estes não permitem uma análise acurada e, uma vez agregados, dificilmente os dados podem ser separados. Como exemplo de uma medida que considera dados agregados tem-se a medida “esforço de análise”, que quantifica o esforço despendido na organização na fase de Análise dos projetos. O valor coletado para a medida corresponde à agregação dos dados dos esforços despendidos na fase Análise de todos os projetos, que não é útil ao controle estatístico dos processos.

A4.2. 4 Requisitos para Avaliação dos Dados Coletados para as Medidas

A Figura A4.5 apresenta o *checklist* para avaliação dos dados coletados para as medidas. Assim como o *checklist* para avaliação das medidas, ele também deve ser aplicado para os dados coletados para cada medida a ser avaliada.

| Avaliação de Base de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software | | | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Organização: | | | | | | |
| Data da Avaliação: | | | | | | |
| Avaliador: | | | | | | |
| Medida: | | | | | | |
| Item: Dados coletados para a Medida | | | | | | |
| Legenda: A = Atende; AL = Atende Largamente; AR = Atende Razoavelmente; AP = Atende Precariamente; NA = Não Atende, NFPA = Não foi possível avaliar | | | | | | |
| Requisitos | Avaliação | | | | | |
| 1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 2. Há volume suficiente de dados coletados. | () A | | | | () NA | () NFPA |
| 3. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 4. Os dados coletados são precisos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5. Os dados coletados são consistentes. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| Características dos dados coletados: | | | | | | |
| 5.1 Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.2 Os dados foram coletados sob as mesmas condições. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 5.3 Os dados compõem grupos relativamente homogêneos. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6. Os dados que descrevem o contexto de coleta da medida estão armazenados. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| Estão armazenados: | | | | | | |
| 6.1 Momento da medição (processo e atividade em que a medição foi realizada). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.2 Condições da medição (dados relevantes sobre a execução do processo ou projeto no momento da coleta da medida). | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.3 Executor da medição. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.4 Projeto no qual a medida foi coletada. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |
| 6.5 Características do projeto no qual a medida foi coletada. | () A | () AL | () AR | () AP | () NA | () NFPA |

Figura A4.5 - *Checklist* para avaliação dos dados coletados para as medidas de software.

Conforme mostra a Figura A4.5, a avaliação dos dados coletados para as medidas deve considerar os seguintes requisitos:

DC-R1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.

Este requisito é um refinamento do requisito EB-R1 de avaliação da estrutura da base de medidas. Indica que é necessário que os dados coletados para a medida estejam disponíveis em local (banco de dados, arquivo, planilha etc.) conhecido e acessível, e que possam ser recuperados.

DC-R2. Há volume de dados suficiente para a medida ser aplicada ao controle estatístico de processos.

Sob o ponto de vista estatístico é preciso que existam pelo menos 20 valores⁴² adequados registrados para que seja possível utilizar uma medida no controle estatístico de processos.

DC-R3. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise.

É desejável que não haja valores perdidos para a medida e, havendo, que sua quantidade não comprometa os resultados da análise. Na análise estatística a ordem temporal dos dados é relevante, sendo assim, a ausência de dados pode revelar um comportamento irreal para o processo. Por exemplo, vários dados sequencialmente perdidos prejudicarão a representação adequada do comportamento do processo. Além dos dados referentes aos valores coletados para a medida, os dados relacionados à medida também devem ser considerados neste requisito (processo e atividade – mencionados no requisito EB-R1 – e informações de contexto – mencionadas no requisito EB-R5).

DC-R4. Os dados coletados são precisos.

Os dados registrados para a medida devem ser exatamente os mesmos que foram coletados. Caso não tenha sido realizada validação dos dados antes do armazenamento, pode ser realizada uma verificação dos dados coletados em relação à definição

⁴² Segundo (WHEELER, 1997) *apud* (WELLER e CARD, 2008), 15 valores são suficientes, porém, considerando-se que a maior parte dos autores pesquisados afirma que o número mínimo de observações é 20, decidiu-se por considerar esse valor no IABM.

operacional da medida considerando principalmente: tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos dados, entidade medida, propriedade medida e periodicidade.

DC-R5. Os dados coletados são consistentes.

Os dados coletados para a medida devem ser consistentes, ou seja, devem ter sido coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos, sob as mesmas condições e devem compor grupos de dados relativamente homogêneos. Este requisito é composto por três sub-requisitos:

DC-R5.1. Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos.

DC-R5.2. Os dados foram coletados sob as mesmas condições.

DC-R5.3. Os dados compõem grupos relativamente homogêneos.

DC-R6. Os dados que descrevem o contexto de coleta da medida estão armazenados.

As informações de contexto mencionadas no requisito EB-R5 de avaliação da estrutura da base de medidas devem ser armazenadas para cada valor coletado para a medida. Assim como o requisito EB-R5, este requisito é composto por cinco sub-requisitos:

Estão armazenados:

DC-R6.1. Momento da medição.

DC-R6.2. Condições da medição.

DC-R6.3. Executor da medição.

DC-R6.4. Projeto no qual a medida foi coletada.

DC-R6.5. Características do projeto no qual a medida foi coletada.

A4.3 Avaliação do Atendimento aos Requisitos do IABM

A seguir são descritas características que identificam cada um dos resultados de avaliação possíveis (*Atende*, *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente*, *Atende Precariamente* e *Não Atende*) para cada requisito presente no IABM. Vale destacar que alguns requisitos só podem ter como resultados de avaliação *Atende* ou *Não Atende*, não existindo a possibilidade de atendimento parcial, uma vez que não existem ações de adequação que possam ser realizadas.

O resultado da avaliação dos requisitos que possuem sub-requisitos é obtido através da agregação dos resultados de seus sub-requisitos. O procedimento para obtenção do resultado

de avaliação de um requisito a partir dos resultados de avaliação de seus sub-requisitos é descrito na seção A4.5.

A) Requisitos para Avaliação do Plano de Medição

PM-R1. O Plano de Medição da Organização encontra-se alinhado aos objetivos da organização.

Este requisito é composto por quatro sub-requisitos. Os resultados da avaliação de cada sub-requisito são descritos a seguir.

PM-R1.1. Os objetivos de negócio da organização relevantes à medição estão registrados no Plano de Medição.

Atende: Todos os objetivos relevantes à medição estabelecidos no Planejamento Estratégico da organização encontram-se registrados no Plano de Medição.

Atende Largamente: Há poucos objetivos relevantes à medição estabelecidos no Planejamento Estratégico da organização que não estão registrados no Plano de Medição, mas é possível identificá-los através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e registrá-los corretamente no Plano de Medição.

Atende Razoavelmente: Há uma quantidade razoável de objetivos relevantes à medição estabelecidos no Planejamento Estratégico da organização que não estão registrados no Plano de Medição, mas é possível identificá-los através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e registrá-los corretamente no Plano de Medição.

Atende Precariamente: Há muitos objetivos relevantes à medição estabelecidos no Planejamento Estratégico da organização que não estão registrados no Plano de Medição, mas é possível identificá-los através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e registrá-los corretamente no Plano de Medição.

Não atende: Os objetivos relevantes à medição estabelecidos no Planejamento Estratégico da organização não estão registrados no Plano de Medição e não é possível identificá-los e registrá-los devidamente.

PM-R1.2. Os objetivos de medição estão registrados no Plano de Medição e corretamente associados aos objetivos de negócio da organização.

Atende: Os objetivos de medição foram derivados dos objetivos de negócio da organização e estão devidamente registrados no Plano de Medições.

Atende Largamente: Há poucos objetivos de medição que não foram derivados dos objetivos de negócio da organização ou não estão devidamente registrados no Plano de Medições, mas é possível identificá-los através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e registrá-los corretamente no Plano de Medições.

Atende Razoavelmente: Há uma quantidade razoável de objetivos de medição que não foram derivados dos objetivos de negócio da organização ou não estão devidamente registrados no Plano de Medições, mas é possível identificá-los através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e registrá-los corretamente no Plano de Medições.

Atende Precariamente: Há muitos objetivos de medição que não foram derivados dos objetivos de negócio da organização ou não estão devidamente registrados no Plano de Medições, mas é possível identificá-los através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e registrá-los corretamente no Plano de Medições.

Não Atende: Os objetivos de medição não foram derivados dos objetivos de negócio da organização e não é possível identificá-los e associá-los aos objetivos de negócio registrados no Plano de Medições.

PM-R1.3. As necessidades de informação para monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas.

Atende: As informações necessárias para o monitoramento dos objetivos de medição estão devidamente identificadas e registradas no Plano de Medições.

Atende Largamente: Há poucas necessidades de informação para o monitoramento dos objetivos de medição que não estão devidamente identificadas e registradas no Plano de Medições, mas é possível identificá-las através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e associá-las, devidamente, aos objetivos de medição registrados no Plano de Medições.

Atende Razoavelmente: Há uma quantidade razoável de necessidades de informação para o monitoramento dos objetivos de medição que não estão devidamente identificadas e registradas no Plano de Medições, mas é possível identificá-las através da análise de

dados armazenados, documentos ou entrevistas e associá-las, devidamente, aos objetivos de medição registrados no Plano de Medições.

Atende Precariamente: Há muitas necessidades de informação para o monitoramento dos objetivos de medição que não estão devidamente identificadas e registradas no Plano de Medições, mas é possível identificá-las através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e associá-las, devidamente, aos objetivos de medição registrados no Plano de Medições.

Não Atende: As necessidades de informação para o monitoramento dos objetivos de medição não foram devidamente identificadas e registradas no Plano de Medições e não é possível identificá-las e associá-las aos objetivos de medição registrados.

PM-R1.4. As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas e devidamente associadas.

Atende: As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas, devidamente associadas e registradas no Plano de Medições.

Atende Largamente: Há poucas medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição que não estão identificadas, devidamente associadas e registradas no Plano de Medições, mas é possível identificá-las através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e associá-las, devidamente, às necessidades de informação dos objetivos de medição registrados no Plano de Medições.

Atende Razoavelmente: Há uma quantidade razoável de medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição que não estão identificadas, devidamente associadas e registradas no Plano de Medições, mas é possível identificá-las através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e associá-las, devidamente, às necessidades de informação dos objetivos de medição registrados no Plano de Medições.

Atende Largamente: Há muitas medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição que não estão identificadas, devidamente associadas e registradas no Plano de Medições, mas é possível identificá-las através da análise de dados armazenados, documentos ou entrevistas e associá-las, devidamente,

às necessidades de informação dos objetivos de medição registrados no Plano de Medição.

Não Atende: As medidas capazes de fornecer as informações necessárias identificadas para os objetivos de medição não foram identificadas, devidamente associadas e registradas no Plano de Medição e não é possível identificá-las e associá-las às necessidades de informação registradas.

B) Requisitos para Avaliação da Estrutura da Base de Medidas

EB-R1. A base de medidas apresenta-se bem estruturada e permite que as medidas sejam integradas aos processos e atividades da organização

Este requisito é composto por dois sub-requisitos. Os resultados da avaliação de cada sub-requisito são descritos a seguir.

EB-R1.1. A estrutura definida para a base de medidas permite relacionar as medidas definidas aos processos e atividades da organização nos quais a medição deve ser realizada.

Atende: É possível identificar, explicitamente e independente do número e tipo de fontes que compõem a base de medidas, para cada medida definida, o processo e a atividade nos quais sua medição deve ser realizada.

Atende Largamente: Não é possível identificar, explicitamente, para cada medida definida o processo e/ou a atividade nos quais deve ser realizada sua medição, mas é possível reestruturar, com pouco esforço, a base de medidas para implementar a relação entre medidas, processos e atividades.

Atende Razoavelmente: Não é possível identificar, explicitamente, para cada medida definida o processo e/ou a atividade nos quais deve ser realizada sua medição, mas é possível reestruturar, com esforço moderado, a base de medidas para implementar a relação entre medidas, processos e atividades.

Atende Precariamente: Não é possível identificar, explicitamente, para cada medida definida o processo e/ou a atividade nos quais deve ser realizada sua medição, mas é possível reestruturar, com esforço significativo, a base de medidas para implementar a relação entre medidas, processos e atividades.

Não Atende: Não é possível identificar para cada medida definida o processo e/ou a atividade nos quais deve ser realizada sua medição.

EB-R1.2. A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas.

Atende: A base de dados é única ou composta por diversas fontes integradas adequadamente.

Atende Largamente: A base de dados é composta por diversas fontes não integradas, porém é possível, com pouco esforço, reestruturar a base de medidas para realizar a integração.

Atende Razoavelmente: A base de dados é composta por diversas fontes não integradas, porém é possível, com esforço moderado, reestruturar a base de medidas para realizar a integração.

Atende Precariamente: A base de dados é composta por diversas fontes não integradas, porém é possível, com esforço significativo, reestruturar a base de medidas para realizar a integração.

Não Atende: A base de dados é composta por diversas fontes não integradas e não é possível reestruturá-la para realizar a integração.

EB-R2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente.

Atende: A caracterização dos projetos é explícita, ou seja, há uma caracterização formal definida e implementada na estrutura da base de medidas para os projetos, baseada em critérios relevantes, que permitem à organização identificar os perfis de projetos que desenvolve. Os subconjuntos formados pelos projetos que possuem o mesmo perfil, ou seja, cujos critérios de caracterização possuem os mesmos valores, são homogêneos.

Atende Largamente: A caracterização dos projetos é explícita, porém precisa de alguns critérios complementares que podem ser identificados analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Atende Razoavelmente: A caracterização dos projetos é explícita, porém precisa de vários critérios complementares que podem ser identificados analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Atende Precariamente: A caracterização dos projetos é implícita, ou seja, não há caracterização formal para os projetos, mas é possível identificar uma caracterização analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Não Atende: Não há caracterização satisfatória explícita ou implícita.

EB-R3. Um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos é estabelecido.

Atende: O mecanismo de identificação de similaridade entre projetos estabelecido baseia-se na caracterização dos projetos e é capaz de produzir subconjuntos homogêneos de projetos.

Atende Largamente: O mecanismo de similaridade está definido, porém precisa de poucas alterações para refinamento dos grupos de projetos obtidos, que podem ser identificadas analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Atende Razoavelmente: O mecanismo de similaridade está definido, porém precisa de uma quantidade razoável de alterações para refinamento dos grupos de projetos obtidos, que podem ser identificadas analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Atende Precariamente: O mecanismo de similaridade está definido, mas precisa de muitas alterações para refinamento dos grupos de projetos ou não está definido e é possível estabelecer-lo, analisando-se os dados dos projetos armazenados na base de medidas, realizando-se entrevistas com membros dos projetos ou analisando-se documentos dos projetos.

Não Atende: O mecanismo de similaridade não está definido ou é insuficiente e não é possível estabelecer-lo ou refiná-lo.

Importante: O não atendimento ao requisito EB-R2 implica no não atendimento ao requisito EB-R3.

EB-R4. É possível identificar a versão dos processos executados nos projetos.

Atende: A estrutura da base de medidas permite o armazenamento dos processos, sendo cada definição de cada processo registrada e identificada explícita e unicamente e, além disso, é possível identificar as definições (versões) dos processos executados nos projetos.

Atende Largamente: A estrutura da base de medidas não fornece explicitamente a diferenciação das definições dos processos ou as definições utilizadas nos projetos, porém, é possível, com pouco esforço, reestruturar a base de medidas utilizando-se informações obtidas analisando-se os dados armazenados na base de medidas, documentos ou realizando-se entrevistas, para implementar a identificação das versões dos processos executados nos projetos.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas não fornece explicitamente a diferenciação das definições dos processos ou as definições utilizadas nos projetos, porém, é possível, com esforço moderado, reestruturar a base de medidas utilizando-se informações obtidas analisando-se os dados armazenados na base de medidas, documentos ou realizando-se entrevistas, para implementar a identificação das versões dos processos executados nos projetos.

Atende Precariamente: A estrutura da base de medidas não fornece explicitamente a diferenciação das definições dos processos ou as definições utilizadas nos projetos, porém, é possível, com esforço significativo, reestruturar a base de medidas utilizando-se informações obtidas analisando-se os dados armazenados na base de medidas, documentos ou realizando-se entrevistas, para implementar a identificação das versões dos processos executados nos projetos.

Não Atende: A estrutura da base de medidas não permite o armazenamento de várias definições dos processos e não é possível identificar as versões dos processos executados nos projetos.

EB-R5. É possível armazenar e recuperar as informações de contexto das medidas coletadas.

Este requisito é composto por cinco sub-requisitos. Os resultados da avaliação de cada sub-requisito são descritos a seguir.

EB-R5.1. É possível armazenar e recuperar o momento de medição das medidas coletadas.

Atende: A estrutura da base de medidas permite o armazenamento e recuperação do processo e atividade nos quais a medição de uma medida foi realizada, sendo essas informações explicitamente identificáveis na base de medidas.

Atende Largamente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o processo e atividade nos quais a medição de uma medida foi realizada, sendo possível, com pouco esforço, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o processo e atividade nos quais a medição de uma medida foi realizada, sendo possível, com esforço moderado, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o processo e atividade nos quais a medição de uma medida foi realizada, sendo possível, com esforço significativo, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Não Atende: A estrutura da base de medidas não permite o armazenamento e recuperação do processo e atividade em que uma medição foi realizada.

EB-R5.2. É possível armazenar e recuperar as condições de medição das medidas coletadas.

Atende: A estrutura da base de medidas permite o armazenamento e recuperação de informações relacionadas às condições nas quais a medição de uma medida foi realizada.

Atende Largamente: A estrutura da base de medidas não armazena explicitamente as condições de coleta das medidas, mas é possível, com pouco esforço, identificá-las entre os dados coletados e reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas não armazena explicitamente as condições de coleta das medidas, mas é possível, com esforço moderado, identificá-las

entre os dados coletados e reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Precariamente: A estrutura da base de medidas não armazena explicitamente as condições de coleta das medidas, mas é possível, com esforço significativo, identificá-las entre os dados coletados e reestruturar grande parte ou toda a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Não Atende: A estrutura da base de medidas não permite o armazenamento e recuperação das condições de coleta das medidas.

EB-R5.3. É possível armazenar e recuperar o executor da medição das medidas coletadas.

Atende: A estrutura da base de medidas permite o armazenamento e recuperação do executor da medição de uma medida, sendo possível identificar a função exercida pelo executor (por exemplo: analista, programador etc.), bem como seu nome.

Atende Largamente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o executor de uma medição, sendo possível, com pouco esforço, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o executor de uma medição, sendo possível, com esforço moderado, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o executor de uma medição, sendo possível, com esforço significativo, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Não Atende: A estrutura da base de medidas não permite o armazenamento e recuperação do executor de uma medição.

EB-R5.4. É possível armazenar e recuperar o projeto no qual as medidas foram coletadas.

Atende: A estrutura da base de medidas permite o armazenamento e recuperação dos projetos nos quais as medidas são coletadas, sendo essa informação explicitamente identificável na base de medidas.

Atende Largamente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o projeto em que uma medida foi coletada, sendo possível, com pouco esforço, reestruturar a parte da base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o projeto em que uma medida foi coletada, sendo possível, com esforço moderado, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) o projeto em que uma medida foi coletada, sendo possível, com esforço significativo, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Não Atende: A estrutura da base de medidas não permite o armazenamento e recuperação dos projetos nos quais as medidas são coletadas.

EB-R5.5. É possível armazenar e recuperar as características do projeto no qual uma medida foi coletada.

Atende: A estrutura da base de medidas permite o armazenamento e recuperação das características dos projetos nos quais as medidas são coletadas, sendo essa informação explicitamente identificável na base de medidas.

Atende Largamente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) as características dos projetos nos quais as medidas são coletadas, sendo possível, com pouco esforço, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) as características dos projetos nos quais as medidas são coletadas, sendo possível, com esforço moderado, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Atende Razoavelmente: A estrutura da base de medidas armazena implicitamente (por exemplo, em um atributo de conteúdo livre) as características dos projetos nos quais as medidas são coletadas, sendo possível, com esforço significativo, reestruturar a base de medidas para tornar a informação explícita e adequadamente estruturada.

Não Atende: A estrutura da base de medidas não permite o armazenamento e recuperação das características dos projetos nos quais as medidas são coletadas.

Importante: O não atendimento ao requisito EB-R2 implica no não atendimento ao requisito EB-R5.5.

C) Requisitos para Avaliação das Medidas de Software

MS-R1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória.

Este requisito é composto por treze sub-requisitos. A seguir são descritos, de forma generalizada, os resultados da avaliação de cada sub-requisito.

Atende: A informação identificada no sub-requisito está presente explicitamente na definição operacional da medida.

Atende Largamente: A informação identificada no sub-requisito não está presente na definição operacional da medida, mas é possível, com pouco esforço, obtê-la e registrá-la, analisando-se os dados da base de medidas, documentos ou realizando-se entrevistas.

Atende Razoavelmente: A informação identificada no sub-requisito não está presente na definição operacional da medida, mas é possível, com esforço moderado, obtê-la e registrá-la, analisando-se os dados da base de medidas, documentos ou realizando-se entrevistas.

Atende Precariamente: A informação identificada no sub-requisito não está presente na definição operacional da medida, mas é possível, com esforço significativo, obtê-la e registrá-la, analisando-se os dados da base de medidas, documentos ou realizando-se entrevistas.

Não atende: A informação identificada no sub-requisito não está presente na definição operacional da medida e não é possível obtê-la.

MS-R2. A medida está alinhada a objetivos dos projetos ou da organização.

Este requisito é composto por dois sub-requisitos, cujos resultados de avaliação são descritos a seguir.

MS-R2.1. A medida está associada a objetivos da organização.

Atende: A medida coletada está registrada no Plano de Medição da Organização e está corretamente associada a pelo menos um objetivo nesse plano.

Atende Largamente: A medida coletada não está registrada no Plano de Medição da Organização ou não está associada aos objetivos identificados, mas é possível, com pouco esforço, identificar seu relacionamento com objetivos da organização.

Atende Razoavelmente: A medida coletada não está registrada no Plano de Medição da Organização ou não está associada aos objetivos identificados, mas é possível, com esforço moderado, identificar seu relacionamento com objetivos da organização.

Atende Largamente: A medida coletada não está registrada no Plano de Medição da Organização ou não está associada aos objetivos identificados, mas é possível, com esforço significativo, identificar seu relacionamento com objetivos da organização.

Não atende: A medida não está alinhada a objetivos da organização.

MS-R2.2. A medida está associada a objetivos dos projetos.

Idem MS-R2.1, porém considerando-se o Plano de Medição dos Projetos.

MS-R3. Os resultados da análise da medida são relevantes às tomadas de decisão.

Atende: Os resultados da análise da medida fornecem subsídios relevantes para a tomada de decisão no contexto da organização e/ou dos projetos.

Não Atende: Os resultados da análise da medida não são relevantes às tomadas de decisão.

MS-R4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processos.

Atende: Os resultados da análise da medida fornecem subsídios relevantes para a melhoria dos processos organizacionais.

Não Atende: Os resultados da análise da medida não são relevantes à melhoria de processos.

MS-R5. A medida está relacionada ao desempenho de um processo.

Atende: A medida está relacionada a um processo e fornece informações sobre seu desempenho ou a medida é utilizada para compor uma medida derivada que fornece informações sobre o desempenho de um processo.

Não Atende: A medida não fornece informações sobre o desempenho de um processo e não é utilizada na composição de uma medida relacionada ao desempenho de um processo.

MS-R6. A medida está relacionada a um processo crítico.

Atende: A medida está relacionada a um processo crítico para o alcance dos objetivos da organização.

Não Atende: A medida não está relacionada a um processo crítico para o alcance dos objetivos da organização.

MS-R7. A medida está associada a uma atividade ou processo que produz item mensurável.

Atende: A medida está associada a uma atividade ou a um processo que produz pelo menos um item que possa ser medido e avaliado.

Não Atende: A medida não está associada a uma atividade ou a um processo que produz pelo menos um item que possa ser medido e avaliado.

MS-R8. As medidas correlatas à medida estão definidas.

Atende: Medidas correlatas relevantes à medida estão definidas e seus relacionamentos estão identificados.

Atende Largamente: As principais medidas correlatas estão definidas, porém os relacionamentos entre as medidas não estão identificados, mas é possível analisar a base de medidas ou outra fonte e identificar esses relacionamentos.

Atende Razoavelmente: Algumas medidas correlatas estão definidas e outras podem ser obtidas baseando-se em dados registrados que permitem definí-las e relacioná-las.

Atende Precariamente: As medidas correlatas não estão definidas, mas podem ser obtidas baseando-se em dados registrados que permitem definí-las e relacioná-las.

Não Atende: As medidas correlatas não estão definidas e não é possível identificá-las.

MS-R9. As medidas correlatas à medida são válidas.

Atende: As medidas correlatas à medida atendem aos requisitos necessários para serem aplicadas no controle estatístico de processos.

Atende Largamente: Há medidas correlatas à medida que precisam de adequações, sendo que a realização de todas as adequações necessárias às medidas requer pouco esforço.

Atende Razoavelmente: Há medidas correlatas à medida que precisam de adequações, sendo que a realização de todas as adequações necessárias às medidas requer esforço moderado.

Atende Precariamente: Há medidas correlatas à medida que precisam de adequações, sendo que a realização de todas as adequações necessárias às medidas requer esforço significativo.

Não Atende: As medidas correlatas não são válidas e não podem ser adequadas para atender aos requisitos de aplicação no controle estatístico de processos.

Importante: o não atendimento ao requisito MS.R8 implica no não atendimento ao requisito MS.R9

MS-R10. A medida possui baixa granularidade.

Atende: A granularidade da medida permite que a análise de seus dados propicie a identificação de problemas ao longo da execução de uma atividade de um projeto ou a medida é utilizada na normalização de outras medidas úteis no controle estatístico de processos.

Atende Largamente: A definição da medida estabelece uma granularidade insatisfatória, porém há registros dos dados com a granularidade adequada que, com pouco esforço, permitem adequar a granularidade.

Atende Razoavelmente: A definição da medida estabelece uma granularidade insatisfatória, porém há registros dos dados com a granularidade adequada que, com esforço moderado, permitem adequar a granularidade.

Atende Precariamente: A definição da medida estabelece uma granularidade insatisfatória, porém há registros dos dados com a granularidade adequada que, com esforço significativo, permitem adequar a granularidade.

Não Atende: A granularidade da medida é inadequada, não é possível corrigí-la e a medida não é utilizada na normalização de outras medidas úteis no controle estatístico de processos.

MS-R11. A medida é passível de normalização (se aplicável).

Atende: As medidas necessárias para normalizar a medida estão disponíveis e são válidas.

Atende Largamente: As medidas necessárias à normalização da medida estão disponíveis, mas algumas precisam de adequações, sendo que a realização de todas as adequações necessárias às medidas requer pouco esforço.

Atende Razoavelmente: As medidas necessárias à normalização da medida estão disponíveis, mas algumas precisam de adequações, sendo que a realização de todas as adequações necessárias às medidas requer esforço moderado.

Atende Precariamente: As medidas necessárias à normalização da medida estão disponíveis, mas algumas precisam de adequações, sendo que a realização de todas as adequações necessárias às medidas requer esforço significativo. Ou, ainda, as medidas necessárias à normalização não estão definidas, mas há dados registrados que permitem definí-las.

Não Atende: As medidas necessárias para normalizar a medida são inadequadas ou não foram definidas.

MS-R12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável).

Atende: A normalização da medida é conceitualmente correta e as medidas utilizadas na normalização referem-se ao mesmo contexto de medição.

Atende Largamente: A normalização da medida não está conceitualmente correta ou utiliza medida inadequada para a normalização, mas é possível, com pouco esforço, substituir a medida utilizada para a normalização ou adequá-la.

Atende Razoavelmente: A normalização da medida não está conceitualmente correta ou utiliza medida inadequada para a normalização, mas é possível, com esforço moderado, substituir a medida utilizada para a normalização ou adequá-la.

Atende Precariamente: A normalização da medida não está conceitualmente correta ou utiliza medida inadequada para a normalização, mas é possível, com esforço significativo, substituir a medida utilizada para a normalização ou adequá-la.

Não Atende: A normalização da medida não está correta e não é possível corrigí-la.

MS-R13. Os critérios para agrupamento de dados para análise da medida estão definidos.

Atende: Os critérios que devem ser considerados para agrupar os dados para análise da medida estão definidos e são capazes de identificar conjuntos de dados estatisticamente coerentes, ou seja, que caracterizam populações.

Atende Largamente: Os critérios que devem ser considerados para agrupar os dados para análise da medida estão explicitamente definidos, mas são insuficientes, precisando de alguns (poucos) critérios complementares, que podem ser obtidos a partir da análise dos dados da base de medidas, documentos ou entrevistas.

Atende Razoavelmente: Os critérios que devem ser considerados para agrupar os dados para análise da medida estão explicitamente definidos, mas são insuficientes, precisando de vários critérios complementares, que podem ser obtidos a partir da análise dos dados da base de medidas, documentos ou entrevistas.

Atende Precariamente: Os critérios que devem ser considerados para agrupar os dados para análise da medida não estão explicitamente definidos, mas podem ser obtidos a partir da análise dos dados da base de medidas, documentos ou entrevistas.

Não Atende: Os critérios são insuficientes ou não estão definidos e não é possível refiná-los ou identificá-los.

MS-R14. A medida não considera dados agregados.

Atende: A medida registra dados individuais, não agregados.

Atende Largamente: A medida registra dados agregados, mas é possível, com pouco esforço, identificar na base de medidas os dados individuais que deram origem aos dados agregados.

Atende Razoavelmente: A medida registra dados agregados, mas é possível, com esforço moderado, identificar na base de medidas os dados individuais que deram origem aos dados agregados.

Atende Precariamente: A medida registra dados agregados, mas é possível, com esforço significativo, identificar na base de medidas os dados individuais que deram origem aos dados agregados.

Não Atende: A medida registra dados agregados e não é possível desagregá-los.

D) Requisitos para Avaliação dos Dados Coletados para as Medidas

DC-R1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.

Atende: Os dados coletados para a medida estão disponíveis em local (banco de dados, arquivo, planilha,...) conhecido e acessível.

Atende Largamente: O acesso aos dados da medida é possível, desde que seja realizada a reestruturação de suas fontes, sendo que a realização dessa reestruturação requer pouco esforço.

Atende Razoavelmente: O acesso aos dados da medida é possível, desde que seja realizada a reestruturação de suas fontes, sendo que a realização dessa reestruturação requer esforço moderado.

Atende Precariamente: O acesso aos dados da medida é possível, desde que seja realizada a reestruturação de suas fontes, sendo que a realização dessa reestruturação requer esforço significativo.

Não Atende: Os dados coletados para a medida não podem ser recuperados.

DC-R2. Há volume de dados suficiente para a medida ser aplicada ao controle estatístico de processos.

Atende: Há pelo menos 20 valores coletados para a medida.

Não Atende: Há menos de 20 valores coletados para a medida.

DC-R3. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise.

Atende: Não há dados perdidos ou a quantidade de dados perdidos não compromete a análise do comportamento do processo.

Atende Largamente: Há dados perdidos, mas é possível, com pouco esforço, realizar estratégias para recuperá-los.

Atende Razoavelmente: Há dados perdidos, mas é possível, com esforço moderado, realizar estratégias para recuperá-los.

Atende Precariamente: Há dados perdidos, mas é possível, com esforço significativo, realizar estratégias para recuperá-los.

Não Atende: Há dados perdidos que não podem ser recuperados e sua quantidade compromete a análise do comportamento do processo.

DC-R4. Os dados coletados são precisos.

Atende: Os dados coletados atendem à definição operacional da medida (principalmente: tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos dados, entidade medida, propriedade medida e periodicidade) e/ou houve verificação dos dados tão logo tenham sido coletados.

Atende Largamente: Os dados coletados apresentam desvios em relação à definição operacional, mas é possível corrigí-los, com pouco esforço, através da análise dos dados da base de medidas ou de documentos dos projetos.

Atende Razoavelmente: Os dados coletados apresentam desvios em relação à definição operacional, mas é possível corrigí-los, com esforço moderado, através da análise dos dados da base de medidas ou de documentos dos projetos.

Atende Precariamente: Os dados coletados apresentam desvios em relação à definição operacional, mas é possível corrigí-los, com esforço significativo, através da análise dos dados da base de medidas ou de documentos dos projetos.

Não Atende: Os dados coletados não atendem à definição operacional da medida e não é possível corrigí-los.

DC-R5. Os dados coletados são consistentes.

Este requisito é composto por três sub-requisitos, cujos resultados de avaliação possíveis são descritos a seguir:

DC-R5.1. Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos.

Atende: Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos (por exemplo: no final de uma determinada atividade).

Atende Largamente: Há poucos dados coletados em momentos distintos.

Atende Razoavelmente: Há uma quantidade moderada de dados coletados em momentos distintos.

Atende Precariamente: Há muitos dados coletados em momentos distintos.

Não Atende: Não é possível compor subgrupos de dados coletados no mesmo momento.

DC-R5.2. Os dados foram coletados sob as mesmas condições.

Atende: Os dados foram coletados sob as mesmas condições.

Atende Largamente: Há poucos dados coletados sob condições distintas.

Atende Razoavelmente: Há uma quantidade moderada de dados coletados sob condições distintas.

Atende Precariamente: Há muitos dados coletados sob condições distintas.

Não Atende: Não é possível compor subgrupos de dados coletados sob as mesmas condições.

DC-R5.3. Os dados compõem grupos relativamente homogêneos.

Atende: Os dados compõem grupos relativamente homogêneos.

Atende Largamente: Há poucos dados que destoam dos demais.

Atende Razoavelmente: Há uma quantidade moderada de dados que destoam dos demais.

Atende Precariamente: Há muitos dados coletados dados que destoam dos demais.

Não Atende: Não é possível compor grupos de dados homogêneos.

DC-R6. Os dados que descrevem o contexto de coleta da medida estão armazenados.

Este requisito é composto por quatro sub-requisitos. A seguir são descritos, de forma generalizada, os resultados da avaliação de cada sub-requisito.

Atende: A informação identificada no sub-requisito foi registrada para todos os dados coletados para a medida.

Atende Largamente: Existem alguns (poucos) dados para os quais a informação identificada no sub-requisito não foi registrada.

Atende Razoavelmente: Existe uma quantidade de dados razoável para os quais a informação identificada no sub-requisito não foi registrada.

Atende Precariamente: Existem muitos dados para os quais a informação identificada no sub-requisito não foi registrada.

Não Atende: A informação identificada no sub-requisito não foi registrada para todos os dados coletados para a medida.

A4.4 Ações para Adequação aos Requisitos do IABM

Quando o atendimento de um item em relação a um requisito é avaliado como *Atende Largamente*, *Atende Razoavelmente* ou *Atende Precariamente*, ações para adequação são sugeridas para que a organização altere o item avaliado buscando satisfazer o referido requisito, sem que seja necessário descartar completamente o item. Nesse sentido, para cada requisito presente no IABM são sugeridas as ações para adequação descritas a seguir.

A) Requisitos para Avaliação do Plano de Medição

PM-R1. O Plano de Medição da Organização encontra-se alinhado aos objetivos da organização.

Inadequações e Ações para Adequação:

PM-R1.1. Os objetivos de negócio da organização relevantes à medição estão registrados no Plano de Medição da Organização

1. Há objetivos de negócio da organização que não estão registrados no Plano de Medição da Organização.

- a) Identificar os objetivos de negócio relevantes à medição que não estão registrados no Plano de Medição e incluí-los, se possível, associando-os a objetivos de medição presentes no plano.

2. Há objetivos registrados no Plano de Medição da Organização que não foram estabelecidos pelo Planejamento Estratégico

- a) Identificar objetivos de negócio registrados no Plano de Medição que não correspondem aos objetivos estabelecidos pelo Planejamento Estratégico da organização (ou à derivação destes) e excluí-los.

PM-R1.2. Os objetivos de medição estão registrados no Plano de Medição e corretamente associados aos objetivos de negócio da organização.

- 1. Há objetivos de medição que não estão registrados no Plano de Medição da Organização*
 - a) Identificar objetivos de medição derivados dos objetivos de negócio da organização que não estão definidos no Plano de Medição e incluí-los, associando-os aos objetivos de negócio dos quais derivam.

2. *Há objetivos de medição registrados no Plano de Medição da Organização que não foram derivados dos objetivos de negócio.*
 - a) Identificar objetivos de medição que não foram derivados dos objetivos de negócio da organização e excluí-los do Plano de Medição.
3. *Há objetivos de medição registrados no Plano de Medição da Organização associados incorretamente aos objetivos de negócio.*
 - e) Identificar objetivos de medição registrados no Plano de Medição cujo relacionamento com objetivos de negócio não é adequado e realizar a associação correta entre objetivos de negócio e objetivos de medição.

PM-R1.3. As necessidades de informação para monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas.

1. *Há necessidades de informação que não estão registradas no Plano de Medição da Organização*
 - a) Identificar necessidades de informação dos objetivos de medição que não estão definidas no Plano de Medição e incluí-las, associando-as aos respectivos objetivos de medição.
2. *Há necessidades de informação registradas no Plano de Medição da Organização que não foram derivadas dos objetivos de medição.*
 - a) Identificar as necessidades de informação que não foram derivadas dos objetivos de medição e excluí-las do Plano de Medição.
3. *Há necessidades de informação registradas no Plano de Medição da Organização associadas incorretamente aos objetivos de medição.*
 - a) Identificar necessidades de informação registradas no Plano de Medição cujo relacionamento com objetivos de medição não é adequado e realizar a associação correta entre necessidades de informação e objetivos de medição.

PM-R1.4. As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas e devidamente associadas.

1. *Há medidas que não estão registradas no Plano de Medição da Organização*
 - a) Investigar, no conjunto de medidas definidas pela organização, medidas relacionadas às necessidades de informação que não estão registradas no Plano de Medição e incluí-las, associando-as às respectivas necessidades de informação.

2. *Há medidas registradas no Plano de Medição da Organização que não são capazes de atender às necessidades de informação identificadas.*
 - a) Identificar medidas registradas no Plano de Medição que não são capazes de fornecer informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição e excluí-las do Plano de Medição.
3. *Há medidas registradas no Plano de Medição da Organização associadas incorretamente às necessidades de informação.*
 - a) Identificar medidas registradas no Plano de Medição cujo relacionamento com as necessidades de informação não é adequado e realizar a associação correta entre necessidades de informação e medidas.

Nota: O Plano de Medição (objetivos de negócio, objetivos de medição, necessidades de informação e medidas) pode ser registrado em um documento, porém, é desejável que seus dados sejam armazenados na base de medidas da organização.

B) Requisitos para Avaliação da Estrutura da Base de Medidas

EB-R1. *A base de medidas apresenta-se bem estruturada e permite que as medidas sejam integradas aos processos e atividades da organização.*

Inadequações e Ações para Adequação:

EB-R1.1. *A estrutura definida para a base de medidas permite relacionar as medidas definidas aos processos e atividades da organização nos quais a medição deve ser realizada.*

1. *As classes (ou tabelas) para armazenamento das medidas, processos e atividades não estão definidas ou, se estão, não estão corretamente relacionadas.*
 - a) Reestruturar a base de medidas (ou parte dela) de forma que haja, pelo menos, uma classe (ou tabela) para armazenar as medidas, uma para armazenar os processos e uma para as atividades, e que estas estejam corretamente relacionadas (exemplo: atividades compõem processos e medidas devem ser coletadas em atividades).
 - b) Se pertinente, migrar os dados da base de medidas original (ou da parte que sofreu a reestruturação) para a nova base de medidas (ou para a parte reestruturada). Quando não for possível migrar todos os dados, podem ser utilizados

subconjuntos dos dados da base de medidas original, desde que estes sejam significativos.

EB-R1.2. A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas.

1. *A base de medidas é composta por diversas fontes não integradas.*
 - a) Definir e implementar um mecanismo de integração dos dados das diversas fontes, seja através de um mecanismo de integração propriamente dito (por exemplo, implementação de visões ou utilização de software de integração de dados de várias fontes) ou da conversão de todas as fontes em uma única.
 - b) Se pertinente, migrar os dados da base de medidas original (ou da parte que sofreu a reestruturação) para a nova base de medidas (ou para a parte reestruturada). Quando não for possível migrar todos os dados, podem ser utilizados subconjuntos dos dados da base de medidas original, desde que estes sejam significativos.

EB-R2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. *Os projetos possuem caracterização implícita na base de medidas.*
 - a) Explicitar a caracterização implícita, analisando-se os dados armazenados para os projetos na base de medidas. Para isso, deve-se identificar, entre os dados registrados na base de medidas para os projetos, aqueles que descrevem características para os projetos executados. Por exemplo: restrições do projeto, equipe do projeto, tecnologias utilizadas, paradigma de desenvolvimento, domínio da aplicação, tipo de projeto, tamanho do projeto etc.
 - b) Reestruturar a base de medidas, se necessário, para explicitar em classes (ou tabelas) e atributos os critérios identificados que caracterizam os projetos.
 - c) Registrar os dados dos projetos adequadamente na base de medidas modificada.
2. *Os projetos não possuem caracterização (implícita ou explícita) na base de medidas.*
 - a) Estabelecer uma caracterização com base na análise de documentos ou entrevistas com pessoas relacionadas aos projetos. Por exemplo, os gerentes dos projetos realizados podem fornecer características dos projetos (tecnologias utilizadas,

paradigma de desenvolvimento utilizado, tipo dos projetos, restrições consideradas etc.).

- b) Reestruturar a base de medidas para explicitar em classes (ou tabelas) e atributos os critérios identificados para caracterizar os projetos.
- c) Registrar os dados dos projetos adequadamente na base de medidas modificada.

3. A caracterização explícita dos projetos precisa de critérios complementares.

- a) Refinar a caracterização. O refinamento pode ser realizado identificando-se novos critérios executando-se as ações apresentadas nos itens 1 e 2 anteriores.

EB-R3. Um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos é estabelecido.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. Inexistência de mecanismo ou existência de mecanismo insatisfatório para identificação de similaridade entre projetos.

- a) Analisar a caracterização dos projetos e identificar critérios que possam ser utilizados na identificação da similaridade entre os projetos.
- b) Estabelecer as condições para a similaridade (Que critérios devem ser iguais? Quais podem ser diferentes? Quão diferentes podem ser?).
- c) Aplicar o mecanismo de similaridade a um conjunto de projetos e analisar se os projetos considerados similares compõem grupos coerentes.
- d) Repetir as ações a) b) e c) até obter resultados satisfatórios.

EB-R4. É possível identificar a versão dos processos executados nos projetos.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. A identificação da versão dos processos está implícita na base de medidas.

- a) Analisar a base de medidas e identificar as diversas definições dos processos.
- b) Se necessário, analisar documentos (por exemplo: Plano do Projeto, Cronograma, Descrição do Processo de Desenvolvimento do Projeto etc.) ou realizar entrevistas com pessoas relacionadas aos projetos para identificar as diferentes definições dos processos.
- c) Rever a estrutura da base de medidas para tornar explícito o registro das diversas definições dos processos, sendo cada uma identificada unicamente.
- d) Relacionar as versões dos processos aos projetos em que foram executadas.

EB-R5. É possível armazenar e recuperar as informações de contexto das medidas coletadas.

Inadequações e Ações para Adequação:

EB-R5.1. É possível armazenar e recuperar o momento de medição das medidas coletadas.

1. *O momento de medição está armazenado implicitamente.*
 - a) Identificar na estrutura da base de medidas em que classes (ou tabelas) e atributos o momento de medição das medidas está registrado. Por exemplo, pode haver um atributo de conteúdo livre na classe (ou tabela) que armazena as medições onde o momento da medição é registrado.
 - b) Rever a estrutura da base de medidas para garantir que o registro e recuperação do momento da medição sejam explícitos. A revisão pode incluir a adição de classes (ou tabelas) e atributos à estrutura original, bem como relacionamentos entre estes. Por exemplo: uma classe (ou tabela) que armazena as medições realizadas, relacionada à classe (ou tabela) que armazena as atividades que, por sua vez, relaciona-se à classe (ou tabela) que armazena os processos (medições são realizadas em atividades que compõem processos).
 - c) Adequar e registrar os dados referentes ao momento de medição das medidas na estrutura da base de medidas.

EB-R5.2. É possível armazenar e recuperar as condições de medição das medidas coletadas.

1. *As condições de medição estão armazenadas implicitamente.*
 - a) Identificar na estrutura da base de medidas em que classes (ou tabelas) e atributos as condições de medição das medidas estão registradas. Por exemplo, pode haver um atributo de conteúdo livre onde são armazenadas informações sobre a execução de cada atividade do processo definido para cada projeto. Nesse caso, é possível que informações relacionadas à execução da atividade na qual uma medida foi coletada descrevam suas condições de coleta (por exemplo: se a execução da atividade onde uma medição foi realizada tem registrada a informação “atividade executada por um recurso humano recentemente alocado ao projeto, durante sua fase de treinamento”, é possível que essa informação seja considerada para descrever condições de medição).

- b) Rever a estrutura da base de medidas para garantir que o registro e recuperação das condições de medição sejam explícitos. No exemplo citado em a), a estrutura da base de medidas poderia ser alterada incluindo-se um atributo na classe (ou tabela) que armazena as medições, para que as condições de medição fossem nele registradas, sendo as mesmas informadas durante a execução da medição.
- c) Adequar e registrar os dados referentes às condições de medição das medidas na estrutura da base de medidas.

EB-R5.3. É possível armazenar e recuperar o executor da medição das medidas coletadas.

1. *O executor da medição está armazenado implicitamente.*
 - a) Identificar na estrutura da base de medidas em que classes (ou tabelas) e atributos o executor da medição (nome e papel) está registrado. Por exemplo, pode haver um atributo de conteúdo livre na classe (ou tabela) que armazena as medições onde o nome do executor é registrado.
 - b) Rever a estrutura da base de medidas para garantir que o registro e recuperação do executor da medição sejam explícitos. A revisão pode incluir a adição de classes (ou tabelas) e atributos à estrutura original, bem como relacionamentos entre estes. Por exemplo: classes (ou tabelas) para armazenar as medições, os recursos humanos e os papéis desempenhados (medições são realizadas por recursos humanos que desempenham papéis).
 - c) Adequar e registrar os dados referentes ao executor da medição das medidas na estrutura da base de medidas.

EB-R5.4. É possível armazenar e recuperar o projeto no qual as medidas foram coletadas.

1. *O projeto em que as medidas foram coletadas está armazenado implicitamente.*
 - a) Identificar na estrutura da base de medidas em que classes (ou tabelas) e atributos o projeto no qual uma medição foi realizada está registrado. Por exemplo, pode haver um atributo de conteúdo livre na classe (ou tabela) que armazena as medições onde o nome do projeto é registrado.
 - b) Rever a estrutura da base de medidas para garantir que o registro e recuperação do projeto no qual uma medição foi realizada sejam explícitos. A revisão pode incluir a adição de classes (ou tabelas) e atributos à estrutura original, bem como

relacionamentos entre estes. Por exemplo: classes (ou tabelas) para armazenar as medições e os projetos (medições são realizadas em projetos).

- c) Adequar e registrar os dados referentes aos projetos nos quais as medições foram realizadas na estrutura da base de medidas.

EB-R5.5. É possível armazenar e recuperar as características dos projetos nos quais as medidas foram coletadas.

- 1. *As características dos projetos nos quais as medidas foram coletadas estão armazenadas implicitamente.*
 - a) Identificar na estrutura da base de medidas em que classes (ou tabelas) e atributos estão registradas as características dos projetos. Por exemplo, pode haver um atributo de conteúdo livre na classe (ou tabela) que armazena os projetos onde suas características são registradas.
 - b) Rever a estrutura da base de medidas para garantir que o registro e recuperação das características dos projetos sejam explícitos. A revisão pode incluir a adição de classes (ou tabelas) e atributos à estrutura original, bem como relacionamentos entre estes.
 - c) Adequar e registrar os dados referentes aos projetos nos quais as medições foram realizadas na estrutura da base de medidas.

Vale ressaltar que, geralmente, o atendimento ao requisito EB-R2 e ao requisito EB-R5.4 leva ao atendimento ao requisito EB-R5.5.

C) Requisitos para Avaliação das Medidas de Software

MS-R1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória.

Inadequações e Ações para Adequação:

- 1. *A definição operacional da medida está incompleta.*
 - a) Rever a definição operacional da medida a fim de identificar e incluir as informações que não estão presentes. A definição operacional deve prover as seguintes informações: definição da medida, entidade medida, propriedade medida, unidade de medida, tipo de escala, valores da escala, intervalo esperado dos dados (se possível), fórmulas (se aplicável), descrição detalhada e precisa do

procedimento de medição, descrição detalhada e precisa do procedimento de análise (se indispensável), responsável pela medição (papel desempenhado: analista, programador etc.), momento de medição e periodicidade de medição.

- b) Rever a estrutura da base de medidas para garantir que o registro da definição operacional adequada da medida seja possível. A revisão pode incluir a adição de classes (ou tabelas) e atributos à estrutura original. Caso a estrutura da base de medidas seja adequada e permita o registro da definição operacional da medida, ela não precisa ser alterada.
- c) Identificar para cada informação da definição operacional da medida os dados que devem ser registrados e registrá-los adequadamente na base de medidas. A identificação pode ser realizada 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 relacionados 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).

MS-R2. A medida está alinhada a objetivos dos projetos ou da organização.

Inadequações e Ações para Adequação:

- 1. A medida está registrada na base de medidas da organização, mas não está registrada no Plano de Medição (Organização e/ou Projeto)*
 - a) Rever o Plano de Medição (Organização e/ou Projeto) e incluir a medida devidamente associada a objetivos registrados.
- 2. A medida está registrada no Plano de Medição (Organização e/ou Projeto), mas não está corretamente associada a objetivos.*
 - a) Identificar objetivos do projeto e/ou da organização ao qual a medida deve estar associada.
 - b) Rever o Plano de Medição para registrar a associação entre medida e objetivos.
 - c) Registrar a associação entre medida e objetivo na base de medidas.

3. A medida está registrada no Plano de Medição (Organização e/ou Projeto), mas não está associada a objetivos do projeto e/ou da organização na base de medidas ou essa associação está incorreta.

- a) Registrar a associação entre medida e objetivos corretamente na base de medidas.

Nota: As inadequações acima normalmente ocorrem quando a organização elabora o Plano de Medição em um documento e não armazena (ou armazena inadequadamente) seus dados na base de medidas.

MS-R3. Os resultados da análise da medida são relevantes à tomada de decisão.

Não há ações de adequação possíveis.

MS-R4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processos.

Não há ações de adequação possíveis.

MS-R5. A medida está relacionada ao desempenho de um processo.

Não há ações de adequação possíveis.

MS-R6. A medida está relacionada a um processo crítico.

Não há ações de adequação possíveis.

MS-R7. A medida está associada a uma atividade que produz item mensurável.

Não há ações de adequação possíveis.

MS-R8. As medidas correlatas à medida estão identificadas.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. *As medidas correlatas estão definidas, mas os relacionamentos não estão identificados.*
 - a) Identificar e registrar os relacionamentos entre as medidas.
2. *As medidas correlatas não estão definidas, mas há dados registrados que permitem defini-las e relacioná-las.*
 - a) Identificar os dados que podem ser utilizados em medidas correlatas.
 - b) Definir as medidas correlatas e registrá-las devidamente no Plano de Medição.

- c) Registrar as medidas na base de medidas associando-as aos dados armazenados.
- d) Identificar e registrar os relacionamentos entre as medidas.

MS-R9. As medidas correlatas à medida são válidas.

Inadequações e Ações para Adequação:

- 1. *As medidas correlatas requerem adequações.*
 - a) Adequar as medidas correlatas, considerando os requisitos para aplicação de medidas no controle estatístico de processos.

MS-R10. A medida possui baixa granularidade.

Inadequações e Ações para Adequação:

- 1. *A definição da medida estabelece granularidade insatisfatória, mas há dados registrados em granularidade adequada.*
 - a) Definir a medida com menor granularidade.
 - b) Registrar devidamente a medida no Plano de Medição.
 - c) Incluir a medida na base de medidas da organização e associá-la aos dados coletados com a granularidade satisfatória.

MS-R11. A medida é passível de normalização (se aplicável).

Inadequações e Ações para Adequação:

- 1. *As medidas necessárias à normalização não estão adequadas.*
 - a) Adequar as medidas necessárias para normalizar a medida, considerando os requisitos para normalização e aplicação no controle estatístico de processos.
- 2. *As medidas necessárias à normalização não estão definidas, mas há dados registrados que permitem defini-las.*
 - a) Definir as medidas necessárias à normalização.
 - b) Registrar devidamente a medida no Plano de Medição.
 - c) Incluir as medidas na base de medidas da organização e associá-las aos dados coletados.

MS-R12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável).

Inadequações e Ações para Adequação:

1. Medidas incorretas são utilizadas na normalização.

- a) Identificar as medidas corretas a serem utilizadas na normalização.
- b) Verificar se as medidas necessárias à normalização estão disponíveis na base de medidas.
- c) Caso as medidas estejam disponíveis, se necessário, elas deverão ser adequadas antes de serem aplicadas na normalização.
- d) Caso as medidas não estejam disponíveis na base de medidas, deve-se verificar se é possível definí-las e obter seus dados a partir dos dados armazenados na base de medidas. Nesse caso, as medidas devem ser definidas, inclusas no Plano de Medição e devidamente registradas na base de medidas da organização, sendo associadas aos dados coletados.
- e) Realizar as alterações necessárias na definição operacional da medida normalizada (por exemplo, fórmula de cálculo).
- f) Obter os dados correspondentes à medida normalizada (com a alteração da normalização, os valores deverão ser obtidos relacionando-se os dados armazenados na base de medidas para as medidas utilizadas na normalização corrigida).
- g) Associar a medida normalizada aos dados obtidos.

2. A normalização está conceitualmente incorreta.

- a) Redefinir a normalização.
- b) Verificar se as medidas necessárias à normalização estão disponíveis na base de medidas.
- c) Caso as medidas estejam disponíveis, se necessário, elas deverão ser adequadas antes de serem aplicadas na normalização.
- d) Caso as medidas não estejam disponíveis na base de medidas, deve-se verificar se é possível definí-las e obter seus dados a partir dos dados armazenados na base de medidas. Nesse caso, as medidas devem ser definidas, inclusas no Plano de Medição e devidamente registradas na base de medidas da organização, sendo associadas aos dados coletados.

- e) Realizar as alterações necessárias na definição operacional da medida normalizada (por exemplo, fórmula de cálculo).
- f) Obter os dados correspondentes à medida normalizada (com a alteração da normalização, os valores deverão ser obtidos relacionando-se os dados armazenados na base de medidas para as medidas utilizadas na normalização corrigida).
- g) Associar a medida normalizada aos dados obtidos.

MS-R12. Os critérios para agrupamento dos dados para análise da medida estão definidos.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. *Os critérios para agrupamento dos dados para análise da medida são insuficientes.*
 - a) Analisar a caracterização dos projetos (implícita ou explícita) e identificar critérios que possam ser utilizados para agrupamento dos dados para análise da medida.
 - b) Estabelecer as condições para agrupamento dos dados (Que critérios devem ser iguais? Quais podem ser diferentes? Quão diferentes podem ser?).
 - c) Aplicar as condições de agrupamento a um conjunto de dados coletados para a medida e analisar se o grupo de dados obtido é homogêneo.
 - d) Repetir as ações a) b) e c) até obter resultados satisfatórios.

MS-R13. A medida não considera dados agregados.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. *A medida registra dados que podem ser desagregados.*
 - a) Definir novas medidas (caso não existam) para registrarem os dados individuais que compõem os valores agregados registrados para a medida.
 - b) Rever o Plano de Medição para incluir adequadamente as novas medidas definidas.
 - c) Incluir as medidas na base de medidas da organização e associá-las aos dados individuais registrados.
 - d) Registrar o relacionamento entre as medidas (identificação de medidas correlatas).

D) Requisitos para Avaliação dos Dados coletados para as Medidas

DC-R1. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. O acesso aos dados é ineficiente.
 - a) Reestruturar e/ou reorganizar a(s) fonte(s) dos dados da medida a fim de facilitar o acesso integral aos dados.

DC-R2. Há volume de dados suficiente para a medida ser aplicada ao controle estatístico de processos.

Não há ações de adequação possíveis.

DC-R3. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos é aceitável.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. Há dados perdidos recuperáveis.
 - a) Implementar estratégias de recuperação de dados, incluindo, além de técnicas aplicadas diretamente sobre a base de medidas, 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.

DC-R4. Os dados coletados são precisos.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. Há dados que apresentam desvios em relação à definição operacional, mas podem ser corrigidos.
 - a) Analisar as informações da base de medidas ou de documentos dos projetos a fim de obter subsídios que permitam corrigir os dados.

DC-R5. Os dados coletados são consistentes.

Inadequações e Ações para Adequação:

DC-R5.1 Os dados foram coletados no mesmo momento de execução dos processos.

1. Há dados coletados em momentos distintos ou não é possível identificar o momento de coleta de alguns dados.

- a) Analisar os dados da base de medidas, documentos ou realizar entrevistas para identificar o momento de coleta dos dados e registrá-lo adequadamente.

DC-R5.2 Os dados foram coletados sob as mesmas condições.

1. Há dados coletados em condições diferentes ou não é possível identificar as condições de coleta de alguns dados.
 - a) Analisar os dados da base de medidas, documentos ou realizar entrevistas para identificar as condições de coleta dos dados e registrá-las adequadamente.

DC-R5.3 Os dados compõem grupos relativamente homogêneos.

O grau de atendimento a esse requisito está relacionado à quantidade de dados que destoam dos demais, não sendo definidas ações para adequação.

DC-R6. Os dados que descrevem o contexto de coleta da medida estão armazenados.

Inadequações e Ações para Adequação:

1. Alguns dados que descrevem o contexto de coleta da medida não estão armazenados, mas podem ser obtidos.
 - a) Analisar as informações da base de medidas, de documentos dos projetos ou realizar entrevistas a fim de obter subsídios que permitam obter os dados da informação de contexto não armazenada e registrá-los adequadamente.

A4.5 Adequação de uma Base de Medidas segundo o IABM

A adequação de uma base de medidas, conforme descrito no Capítulo 6, pode ser determinada utilizando-se os princípios da Lógica *Fuzzy*, que permitem que seja obtido um valor único que descreve o grau de adequação da base de medidas.

No entanto, é possível adotar uma abordagem mais simples para obter a adequação de uma base de medidas avaliada pelo IABM, podendo esta ser: *Adequada*, *Largamente Adequada*, *Razoavelmente Adequada*, *Precariamente Adequada*, *Não Adequada*.

Para isso, são utilizados valores numéricos para cada resultado de avaliação dos requisitos, sendo: 4 – Atende, 3 – Atende Largamente, 2 – Atende Razoavelmente, 1 – Atende Precariamente, 0 – Não Atende.

O resultado de avaliação de cada requisito com sub-requisitos é igual à média⁴³ dos valores correspondentes aos resultados da avaliação dos seus sub-requisitos. Porém, caso algum sub-requisito seja avaliado como *Não Atende*, o resultado da avaliação do requisito também é *Não Atende*.

A adequação de cada item (Plano de Medição, estrutura da base de medidas, medidas e dados coletados) é dada pela média dos valores correspondentes aos resultados da avaliação dos seus requisitos, sendo: 4 – Adequado, 3 – Largamente Adequado, 2 – Razoavelmente Adequado, 1 – Precariamente Adequado, 0 – Não Adequado. A exceção ocorre quando algum requisito do item é avaliado como *Não Atende*. Nesse caso, o resultado da avaliação do item é *Não Adequado*.

A adequação da base de medidas como um todo é dada pela média dos valores correspondentes às adequações de seus itens.

Vale ressaltar que, utilizando-se essa abordagem simplificada, o grau (em percentual) de adequação da base de medidas não é obtido.

⁴³ Caso o valor da média não seja um número inteiro, ele deve ser arredondado para o número inteiro do qual mais se aproxima.

Anexo 5

Informações Adicionais sobre a Solução *Fuzzy* Adotada no IABM

Neste anexo é descrito o raciocínio utilizado para determinar a solução fuzzy adotada para determinar o grau de adequação de uma base de medidas avaliada pelo IABM.

A5.1 Justificativa para a Solução *Fuzzy* Adotada

Conforme apresentado no Capítulo 6, para a avaliação da base de medidas através do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software (IABM) foram estabelecidas como variáveis de entrada o atendimento a cada requisito considerado na avaliação de um item, tendo sido definidas as seguintes notas e funções de pertinência para os termos linguísticos que caracterizam as variáveis de entrada:

Tabela A5.1 – Especificação das variáveis de entrada.

| Nota | Número Fuzzy | Termo Linguístico |
|-------------|---------------------|--------------------------|
| 0 | (0.0, 0.0, 0.0) | Não Atende |
| 1 | (0.0, 1.0, 2.0) | Atende Precariamente |
| 2 | (1.0, 2.0, 3.0) | Atende Razoavelmente |
| 3 | (2.0, 3.0, 4.0) | Atende Largamente |
| 4 | (4.0, 4.0, 4.0) | Atende |

A variável de saída estabelecida foi o grau de adequação, tendo sido definidas as seguintes funções de pertinência para os termos linguísticos que caracterizam a variável de saída:

Tabela A5.2 – Especificação da variável de saída.

| Número Fuzzy | Termo Linguístico |
|---------------------|--------------------------|
| (0.0, 0.0, 0.0) | Não Adequado |
| (0.0, 25, 50) | Precariamente Adequado |
| (25, 50, 75) | Razoavelmente Adequado |
| (50, 75, 100) | Largamente Adequado |
| (100, 100, 100) | Adequado |

Além disso, têm-se como regras fundamentais:

R1: O resultado da avaliação de um item é *Adequado* se, e somente se, todos os requisitos desse item são avaliados como *Atende*.

R2: Se algum requisito de avaliação de um item é avaliado como *Não Atende*, então o resultado da avaliação do item é *Não Adequado*.

Que, considerando-se as notas estabelecidas para as variáveis de entrada, equivalem a:

R1: O resultado é 4 se todos os valores de entrada são 4.

R2: O resultado é 0 se algum valor de entrada é 0.

Uma das maneiras de se transformar um conjunto de entradas $fuzz_y$ em uma saída $fuzz_y$ é utilizar uma *função de agregação*. No contexto de aplicação do IABM o raciocínio a seguir mostra que é possível utilizar uma função de agregação para obter um resultado de avaliação $fuzz_y$ referente a um item, a partir de várias entradas $fuzz_y$, que representam os resultados da avaliação dos requisitos.

Tomando-se a função de agregação OWA_{MÍNIMO} (*Ordered Weighted Average*) (YAGER, 1988), que determina que o agregado (resultado) é igual ao último elemento de um conjunto formado pelos valores de entrada ordenados de forma decrescente, considerando-se as variáveis modeladas apresentadas na Tabela A5.1, percebe-se que:

- (a) Para que o agregado seja 4 é preciso que todos os valores de entrada sejam 4, pois só assim o último elemento do conjunto formado pelos valores de entrada ordenados de forma decrescente será 4.
- (b) Caso haja algum valor de entrada igual a 0, ao ordenar o conjunto de valores de forma decrescente, tem-se que o último valor será 0, ou seja, o agregado será 0.

Analizando-se as afirmações realizadas em (a) e (b) percebe-se que as regras R1 e R2 estabelecidas são devidamente atendidas pela aplicação de OWA_{MÍNIMO}. Em outras palavras, é possível utilizar uma função de agregação para obter o resultado de avaliação de um item a partir dos resultados de avaliação de vários requisitos.

A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicação de OWA_{MÍNIMO} a um conjunto hipotético de valores de entrada correspondentes aos resultados da avaliação de requisitos.

Exemplos:

- Para os valores de entrada $\{1, 3, 0, 2, 4, 3, 2\}$, o conjunto ordenado de forma decrescente é $\{4, 3, 3, 2, 2, 1, 0\}$ e, segundo OWA_{MÍNIMO}, o agregado desses valores é 0.

- Para os valores de entrada $\{4, 4, 4, 4, 4, 4, 4\}$, o conjunto ordenado de forma decrescente é $\{4, 4, 4, 4, 4, 4, 4\}$ e, segundo $OWA_{MÍNIMO}$, o agregado desses valores é 4.
- Para os valores de entrada $\{4, 4, 4, 3, 3, 4, 1\}$, o conjunto ordenado de forma decrescente é $\{4, 4, 4, 3, 3, 3, 1\}$ e, segundo $OWA_{MÍNIMO}$, o agregado desses valores é 1.

Analizando-se o último exemplo, percebe-se que a utilização de $OWA_{MÍNIMO}$ obtém o resultado por uma visão pessimista, uma vez que o agregado é sempre o menor valor de entrada.

Buscando-se evitar essa visão (ou, pelo menos, amenizá-la), é possível utilizar a $OWA_{MÉDIA}$ conforme descrito no Capítulo 6, onde o agregado é determinado pela média dos valores de entrada. No entanto, conforme argumentado no referido capítulo, usar a $OWA_{MÉDIA}$ também não é uma solução ótima, uma vez que função de agregação não é sensível a algumas diferenças. Por exemplo, considerando-se os conjuntos de entrada $\{4, 4, 1\}$ e $\{3, 3, 3\}$, pela aplicação de $OWA_{MÉDIA}$ o agregado obtido será o mesmo.

Uma forma de considerar as particularidades às quais as funções de agregação $OWA_{MÉDIA}$ e $OWA_{MEDIANA}$ (onde o agregado, ao invés da média, é a mediana dos valores de entrada) não são sensíveis é dar peso aos valores de entrada, a fim de compensar a insensibilidade às diferenças existente em cálculos baseados na média e mediana.

Porém, para que essa atribuição de pesos não seja arbitrária, é necessária a análise de dados de avaliações reais, bem como a opinião de especialistas, o que será passível de realização em momento futuro.

Anexo 6

Exemplos de Resultados Registrados no Diagnóstico de Avaliação de Bases de Medidas utilizando o IABM

Neste anexo são apresentados fragmentos dos Diagnósticos de Avaliação resultantes da aplicação do IABM, descrito no Capítulo 6.

A6.1 Diagnóstico de Avaliação da Organização “A”

A avaliação da base de medidas da organização *A* foi realizada utilizando-se a versão inicial do IABM, cujo Diagnóstico de Avaliação era formado pelos *checklists* de avaliação preenchidos e por uma descrição fornecendo a visão geral dos resultados obtidos com a avaliação.

Na Tabela A6.2 é apresentado o *checklist* preenchido durante a avaliação de uma das medidas da organização *A*, cuja definição operacional é apresentada na Tabela A6.1. Os resultados gerais de avaliação dessa base de medidas foram descritos no Capítulo 6.

Tabela A6.1 - Definição da organização *A* para a medida “esforço realizado”

| Nome da Medida | Esfoco Realizado |
|---|---|
| Descrição da Medida | Mede o esforço dedicado para executar o processo X |
| Sigla | ER |
| Tipo de Medida | Medida de Processo |
| Processo ou Produto Medido | Processo X |
| Atributo do Processo ou do Produto Medido | Esforço |
| Escala | Numérica |
| Tipo dos valores coletados | Números reais positivos |
| Limites | É esperado que os valores coletados obedeçam aos limites estabelecidos pelo indicador "Esforço para o Processo X", definido a cada três meses para a área de desenvolvimento de software. |
| Fórmula | - |
| Unidade de Medida | pessoas/hora |
| Procedimento Coleta | Automático (acumulado dos valores fornecidos como entrada na ferramenta de Acompanhamento dos Projetos) |
| Frequência de Coleta | Mensal |
| Procedimento Análise | - |

Tabela A6.2 – Exemplo de *checklist* preenchido durante a avaliação da base de medidas da organização

Avaliação de Medidas considerando sua Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

| |
|----------------------------------|
| Organização: A |
| Processo: Gerência de Requisitos |
| Medida: Esforço Realizado |

| Requisitos | Avaliação | | | | Considerações realizadas na avaliação |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | |
| 1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| A definição operacional da medida inclui: | | | | | |
| 1.1 Definição da medida. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.2 Entidade medida. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.3 Propriedade medida. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.4 Unidade de medida. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.5 Tipo de dados (real, inteiro etc.). | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.6 Intervalo esperado dos dados. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.7 Fórmula(s). | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.8 Descrição precisa do procedimento de medição. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.9 Descrição precisa do procedimento de análise. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Não é indispensável para essa medida. |
| 1.10 Periodicidade de medição. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 1.11 Momento da medição. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| 2. A medida está alinhada a objetivos dos projetos ou da organização. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| A medida está associada a: | | | | | |
| 2.1 Objetivo do projeto. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Objetivo do projeto: Entregar produto obedecendo as estimativas previstas. |
| 2.2 Objetivo da organização. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Objetivo da organização: Melhorar eficiência operacional. |
| 3. Os resultados da análise da medida são relevantes às tomadas de decisão. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | |
| 4. A medida está relacionada ao desempenho de processo. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | |
| 5. A medida está associada a um processo crítico. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | |
| 6. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processo. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | |
| 7. A medida está associada a uma atividade que produz item mensurável. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | |
| 8. As medidas correlatas à medida estão identificadas. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 9. As medidas correlatas à medida são válidas. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 10. A medida possui baixa granularidade. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Apesar da medida não possuir baixa granularidade, os dados foram registrados em baixa granularidade e podem ser recuperados. |

| Requisitos | Avaliação | | | | Considerações realizadas na avaliação |
|--|--|-------------------------------------|---|--|--|
| 11. A medida é passível de normalização (se aplicável). | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | As medidas necessárias à normalização não estão definidas. |
| 12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável). | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | Não aplicável |
| 13. A medida não considera dados agregados. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | |
| 14. Os critérios para agrupamento dos dados para análise da medida estão definidos. | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input checked="" type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | Existem apenas alguns critérios definidos (tipo de projeto, tamanho do projeto, tecnologia do projeto), porém outros são necessários. |
| 15. As informações de contexto da medida estão armazenadas. | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input checked="" type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | Não é possível recuperar dados relevantes sobre a execução do processo/projeto no momento da coleta da medida. |
| É possível identificar: | | | | | |
| 15.1 Momento da coleta. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | |
| 15.2 Condições da coleta (dados relevantes sobre a execução do processo/projeto no momento da coleta da medida). | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input checked="" type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | |
| 15.3 Executor da coleta. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | |
| 15.4 Características do projeto no qual a medida foi coletada. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | |
| 16. Os dados coletados para a medida têm localização conhecida e acessível. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | Localização: banco de dados e planilhas. |
| 17. Há volume suficiente de dados coletados. | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input checked="" type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | Há dados suficientes considerando-se a recuperação dos registros em baixa granularidade (há registro do esforço por atividade, por dia, de cada projeto registrado). |
| 18. Não há dados perdidos para a medida ou a quantidade de dados perdidos é aceitável. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | Não há dados perdidos. |
| 19. Os dados coletados são precisos. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | Coletados através do sistema de acompanhamento dos projetos. |
| 20. Os dados coletados são consistentes. | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input checked="" type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | |
| Características dos dados coletados: | | | | | |
| 20.1 Os dados foram coletados no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | |
| 20.2 Os dados foram coletados sob as mesmas condições. | <input type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input checked="" type="checkbox"/> NFPA | Não há informações que permitam determinar as condições de coleta. |
| 20.3 Os dados compõem grupos relativamente homogêneos. | <input checked="" type="checkbox"/> atende | <input type="checkbox"/> não atende | <input type="checkbox"/> atende parcialmente | <input type="checkbox"/> NFPA | No geral os grupos de dados são homogêneos, porém, alguns valores (poucos) destoam dos demais. |

NFPA = Não foi possível avaliar

A6.2 Diagnóstico de Avaliação da Organização “C”

A seguir são apresentados alguns fragmentos do diagnóstico resultante da avaliação da base de medidas da organização C, o qual foi disponibilizado para o gerente de qualidade da referida organização. Os resultados gerais de avaliação dessa base de medidas foram descritos no Capítulo 6.

A avaliação da base de medidas da organização C foi realizada após evolução da versão inicial do IABM.

A6.2.1 Item Avaliado: Plano de Medição

Na Tabela A6.3 é apresentado o *checklist* preenchido durante a avaliação do Plano de Medição. Em seguida é apresentado um fragmento do Diagnóstico de Avaliação do Plano de Medição.

Tabela A6.3. *Checklist* de avaliação do Plano de Medição.

Avaliação de Base de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

| | | | | |
|---|--|------------------|----------------|-------------------------|
| Organização: C | | | | |
| Avaliador: Monalissa Perini Barcellos | | | | |
| Item: Plano de Medição | | | | |
| Requisitos | | Avaliação | | |
| 1. O Plano de Medição da organização encontra-se alinhado aos objetivos da organização. | | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente |
| 1.1 Os objetivos de negócio da organização relevantes à medição estão registrados no Plano de Medição. | | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente |
| 1.2 Os objetivos de medição estão registrados no Plano de Medição e corretamente associados aos objetivos de negócio da organização. | | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente |
| 1.3 As necessidades de informação para monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas. | | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente |
| 1.4 As medidas capazes de fornecer as informações necessárias ao monitoramento dos objetivos de medição estão identificadas e devidamente associadas. | | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente |
| NFPA = Não foi possível avaliar | | | | |

Diagnóstico de Avaliação do Plano de Medição

O Plano de Medição foi diagnosticado como *Parcialmente Adequado* ao controle estatístico de processos, sendo necessárias ações para adequação.

O Plano de Medição da Organização avaliado contém 4 objetivos de negócio e 22 objetivos de medição associados aos objetivos de negócio. Para cada objetivo de medição questões estão associadas e a estas estão relacionadas medidas fornecedoras das informações necessárias às questões e, consequentemente, à monitoração dos objetivos estabelecidos.

Foram identificadas inadequações no registro de alguns objetivos de medição, necessidades de informação (questões) e medidas, bem como no relacionamento entre esses elementos.

É importante destacar que durante a avaliação do Plano de Medição não é realizada a avaliação da definição operacional das medidas, sendo nesse momento avaliado o alinhamento entre medidas (observando-se apenas seu conceito e, em caso de medidas derivadas, suas fórmulas de cálculo) e objetivos estabelecidos.

As inadequações encontradas e ações sugeridas foram registradas na avaliação detalhada do Plano de Medição, da qual foi extraído o fragmento apresentado na Tabela A6.4.

Tabela A6.4 - Fragmento da avaliação detalhada do Plano de Medição.

| | Objetivo de Negócio | Objetivo de Medição | Questão | Medidas | Considerações (avaliação) | Ações sugeridas |
|---|---|---|--|--|---|--|
| 1 | Incrementar o nível atual de satisfação dos usuários. | Monitorar o processo de Gerência de Requisitos | Qual a estabilidade dos requisitos após sua aprovação? | DEF1, DEF2, DEF3, DEF4, DTF1, DTF2, DTF3, DTF4, NRAF, NRAH, NRAT, TRA, TRAH | <p>a) Há incerteza na associação entre algumas medidas e a questão. Por exemplo, como a medida "DEF1 = número de dias estimados para a fase 1" contribui com informações relevantes à questão definida? b) A medida NRA não se encontra definida na listagem de medidas da organização. c) As medidas que identificam as taxas (TRA e TRAH) não representam a estabilidade dos requisitos, uma vez que relacionam número de requisitos aprovados em uma etapa com número de requisitos aprovados em outra etapa. d) Não há medida que represente a estabilidade dos requisitos.</p> | <p>a) Excluir as medidas DEF1, DEF2, DEF3, DEF4, DTF1, DTF2, DTF3, DTF4 do conjunto de medidas relacionadas à questão definida. Associar essas medidas à questão "Qual a precisão das estimativas de cronograma (prazo) nos projetos de desenvolvimento?" b) Incluir a medida NRA na listagem de medidas da organização. c) Rever as medidas definidas. d) Definir uma medida para identificar a estabilidade dos requisitos (por exemplo: taxa de alteração de requisitos, que relaciona o número de requisitos aprovados e o número de requisitos alterados).</p> |
| 2 | Incrementar o nível atual de satisfação dos usuários. | Monitorar o processo de Planejamento do Projeto | Qual a precisão das estimativas de cronograma (prazo) nos projetos de desenvolvimento? | PEP, PRP | <p>a) As medidas de prazo por fase não estão associadas à questão definida. b) No conjunto de medidas não há medidas que fornecem as taxas de precisão das estimativas de prazo.</p> | <p>a) Associar as medidas DEF1, DEF2, DEF3, DEF4, DTF1, DTF2, DTF3, DTF4 à questão "Qual a precisão das estimativas de cronograma (prazo) nos projetos de desenvolvimento?" e incluí-las no conjunto de medidas relacionadas à questão definida. b) Criar medidas para calcular a precisão das estimativas (taxas) do projeto, das fases e de atividades (ou pelo menos macroatividades).</p> |
| 3 | Incrementar o nível atual de satisfação dos usuários. | Monitorar o processo de Planejamento do Projeto | Qual a precisão das estimativas de esforço (HH) nos projetos de desenvolvimento? | CR, EEF1, EEF2, EEF3, EEF4, EEP, ERF1, ERF2, ERF3, ERF4, ERP, NHF, NHF, NHR, NHRP, NHTO, NTHP, TAEP, TET | <p>a) As medidas CR (custo real do projeto) e TET (tamanho em pontos de função do solicitado ao terceiro) não são utilizadas no contexto da questão definida. b) No conjunto de medidas não há medidas que fornecem as taxas de precisão de esforço ou do tamanho real do projeto. c) As medidas NHF, NHF, NHR, NHRP, NHTO, NTHP não fornecem informações relevantes à questão definida.</p> | <p>a) Excluir as medidas CR e TET do conjunto de medidas relacionadas à questão "Qual a precisão das estimativas de esforço (HH) nos projetos de desenvolvimento?". b) Definir medidas de tamanho e medidas que fornecem as taxas de precisão do esforço considerando as demais medidas relacionadas à questão definida. c) Excluir as medidas NHF, NHF, NHR, NHRP, NHTO, NTHP do conjunto de medidas relacionadas à questão "Qual a precisão das estimativas de esforço (HH) nos projetos de desenvolvimento?" e definir uma questão relacionada às horas registradas no contexto da organização como um todo para associá-las.</p> |

A6.2.2 Item Avaliado: Estrutura da Base de Medidas

A Tabela A6.5 apresenta o *checklist* preenchido durante a avaliação da estrutura da base de medidas. A Figura A6.1 apresenta o modelo que descreve a estrutura da base de medidas avaliado. Em seguida é apresentado o Diagnóstico de Avaliação da Estrutura da Base de Medidas.

Tabela A6.5. *Checklist* de avaliação da estrutura da base de medidas.

| Avaliação da Base de Medidas considerando sua Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software | | | | | |
|--|------------|----------------|-------------------------|----------|---|
| Item: Estrutura da Base de Medidas | | | | | |
| Requisitos | Avaliação | | | | Considerações realizadas na avaliação |
| | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | |
| 1. A base de medidas apresenta-se bem estruturada e seus dados são integrados. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | A base de dados é única, mas é preciso rever sua estrutura, pois nem todas as informações necessárias podem ser obtidas. É possível que haja outros sistemas de informação na organização que armazenam as informações necessárias. Nesse caso, uma reestruturação e integração devem ser realizadas. |
| 1.1 A estrutura definida para a base de medidas permite identificar para cada medida definida o processo e a atividade nos quais a medição deve ser realizada. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | Os processos não estão armazenados explicitamente na estrutura da base de medidas, porém, aparentemente é possível identificar as atividades que compõem cada processo e adequar a base de medidas para registrar, explicitamente os processos, relacionando-os com as atividades que os compõem. |
| 1.2 A base de medidas é única ou composta por diversas fontes corretamente integradas. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | A avaliação considerou que a base de medidas da organização é composta apenas pela base cuja estrutura foi disponibilizada para avaliação, uma vez que nenhuma outra foi mencionada. |
| 2. Os projetos são caracterizados satisfatoriamente. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Os projetos não são caracterizados, apenas são classificados por 'tipo' e 'paradigma'. |
| 3. Um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos é estabelecido. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Uma vez que os projetos não são caracterizados, não há mecanismo de similaridade estabelecido. |
| 4. É possível identificar a versão dos processos executados nos projetos. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | Conforme registrado na avaliação do sub-requisito 1.1 os processos não estão representados na estrutura da base de medidas. Porém, acredita-se que, sendo possível reestruturar a base de medidas para explicitar os processos seja, também, possível identificar as versões desses processos, caso haja. |
| 5. É possível armazenar e recuperar as informações de contexto das medidas coletadas. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| É possível armazenar e recuperar: | | | | | |
| 5.1 Momento da coleta (processo e atividade nos quais a medição foi realizada). | () atende | () não atende | () atende parcialmente | (x) NFPA | Existe um atributo "informações de contexto" na tabela Coleta_Medida, porém, como os dados não foram avaliados, não é possível identificar se essas informações incluem o momento e condições da coleta. |
| 5.2 Condições da coleta (dados relevantes sobre a execução do processo/projeto no momento da coleta da medida). | () atende | () não atende | () atende parcialmente | (x) NFPA | |
| 5.3 Executor da coleta. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| 5.4 Projeto no qual a medida foi coletada. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| 5.5 Características do projeto no qual a medida foi coletada. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Os processos não são caracterizados. |

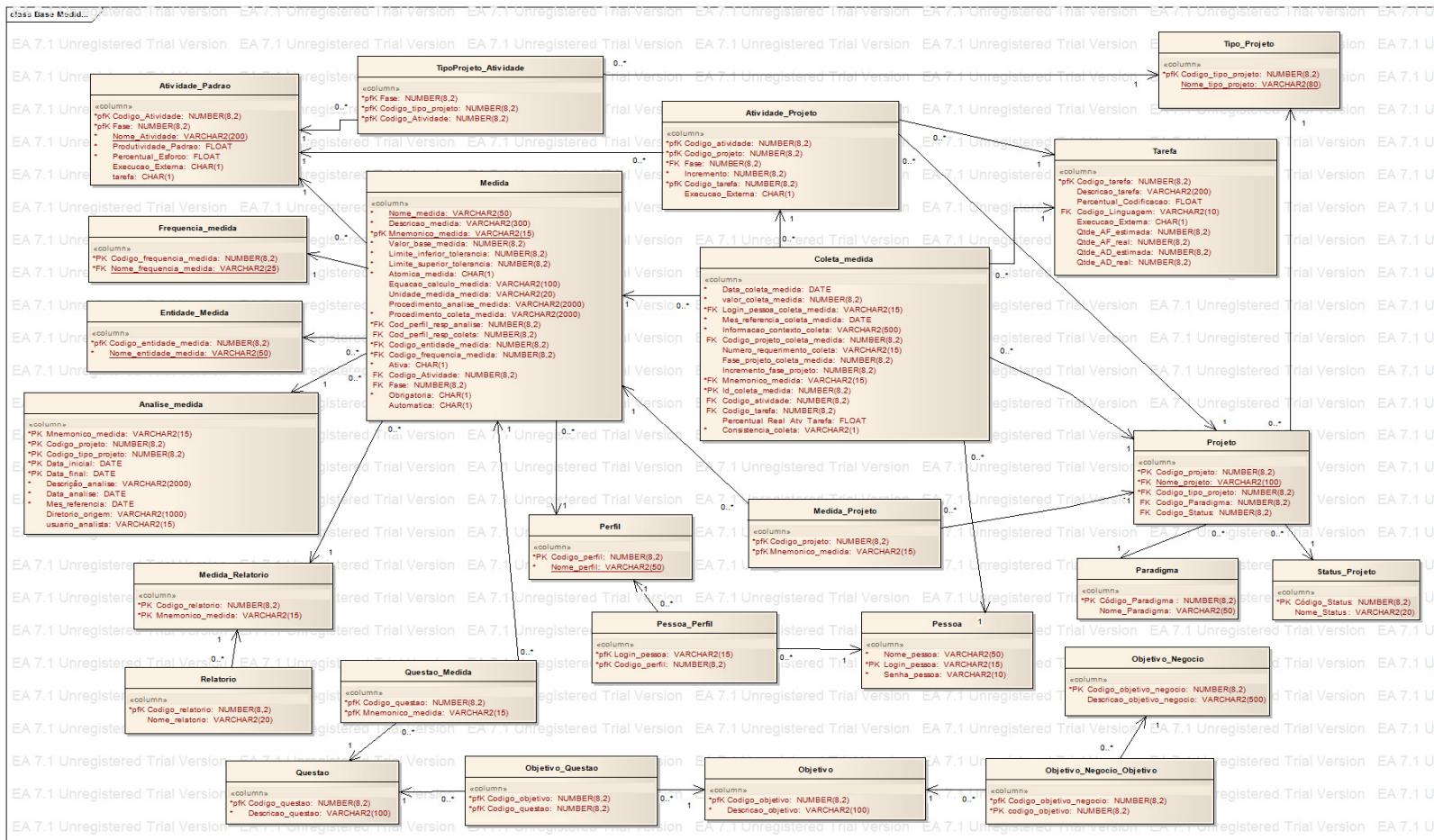


Figura A6.1. Estrutura da base de medidas avaliada.

Diagnóstico da Estrutura da Base de Medidas

A Estrutura da Base de Medidas foi diagnosticada como *Não Adequada* ao controle estatístico de processos.

A estrutura da base de medidas avaliada contém 25 tabelas: Objetivo_Negocio, Objetivo, Objetivo_Negocio_Objetivo, Questao, Objetivo_Questao, Medida, Questão_Medida, Relatorio, Medida_Relatorio, Frequencia_Medida, Coleta_Medida, Analise_Medida, Entidade_Medida, Pessoa, Perfil, Pessoa_Perfil, Projeto, Medida_Projeto, Tipo_Projeto, Status_Projeto, Paradigma, Atividade_Projeto, Atividade_Padrao, Tipo_Projeto_Atividade e Tarefa.

Não é possível identificar na estrutura da base de medidas os processos da organização (por exemplo: processo de Verificação, processo de Gerência de Requisitos, processo de Desenvolvimento de Requisitos etc.). Na estrutura da base de medidas há identificação de atividades e associação destas com os projetos, porém, a estrutura não permite identificar que processo(s) as atividades compõem. Consequentemente, identificar as diferentes definições desses processos (versões) também não é possível.

A base de medidas avaliada não fornece a estrutura necessária para a caracterização dos projetos, sendo estes apenas classificados pelo tipo e paradigma, não sendo possível identificar na estrutura da base de medidas outras tabelas e/ou atributos que pudessem ser utilizados para definir uma caracterização adequada.

Utilizar apenas o tipo do projeto e seu paradigma como critérios para caracterização dos projetos levará à formação de grupos de dados heterogêneos que não descreverão uma mesma população (em termos estatísticos) e, consequentemente, não poderão ser utilizados no controle estatístico dos processos. Além disso, a ausência de uma caracterização adequada não permitirá o armazenamento do contexto de coleta das medidas.

Não havendo caracterização para os projetos, também não há definição de um mecanismo de identificação de similaridade entre projetos, não sendo possível obtê-lo a partir da estrutura da base de medidas.

Em relação às informações de contexto das medidas coletadas, a estrutura da base de medidas permite a identificação do executor da coleta e dispõe de um atributo ‘informações de contexto’ na tabela Coleta_Medida cujo conteúdo é livre. Uma vez que os dados não foram avaliados, não foi possível verificar se o momento e condições de coleta das medidas seriam armazenados nesse atributo.

É importante destacar que a avaliação da estrutura da base de medidas, no contexto do instrumento utilizado, não tem como objetivo realizar uma análise do modelo do banco de dados propriamente dito, suas regras, integridade, consistência e acertividade. Sendo assim, a avaliação não inclui requisitos relacionados à qualidade do modelo proposto para o banco de dados. A finalidade da avaliação do item Estrutura da Base de Medidas é identificar se a estrutura definida pela organização é capaz de armazenar e fornecer os dados e informações necessários à aplicação do controle estatístico de processos.

Contudo, a análise realizada na estrutura da base de medidas da organização, possibilitou a identificação de alguns aspectos relacionados à modelagem do banco de dados que devem ser revistos/corrigidos a fim de prover a integridade, consistência e acertividade dos dados que serão armazenados, contribuindo para que os mesmos possam ser utilizados no controle estatístico de processos. Exemplos: *a)* Medida está relacionada com Projeto através da tabela Medida_Projeto. Coleta_Medida, por sua vez, está relacionada a Medida e Projeto. No entanto, Coleta_Medida deveria estar relacionada a Medida_Projeto ou, mantendo-se a estrutura como está, uma restrição de integridade deve ser definida. *b)* Analise_Medida relaciona-se com Medida, porém, esse relacionamento como está definido infere que as análises são realizadas para uma determinada medida sem identificar quais valores coletados para a medida e em que projetos estão sendo considerados na análise.

Para a definição de uma estrutura da base de medidas que seja aderente aos requisitos necessários para armazenamento/fornecimento dos dados relevantes e adequados ao controle estatístico de processos, sugere-se que a estrutura definida seja cuidadosamente revista, a fim de incluir:

- a)* Identificação explícita dos processos e sua definição, bem como suas alterações na definição, permitindo o reconhecimento de suas versões e associação destas aos projetos em que são executadas.
- b)* Caracterização adequada dos projetos.
- c)* Informações de contexto das medidas coletadas (condições de coleta e momento da coleta), caso não estejam armazenadas no atributo ‘informações de contexto’ da tabela Coleta_Medida. Mesmo que essas informações sejam armazenadas no referido atributo, é desejável que seu armazenamento seja mais explícito, o que auxiliará na investigação de causas de variação, bem como no agrupamento correto dos dados que compõem populações.

Vale ressaltar que, além da inclusão dos itens anteriormente citados, a revisão da estrutura da base de medidas deverá incluir uma revisão cuidadosa do seu modelo de banco de dados a fim de corrigir/evitar, entre outros, os erros destacados neste diagnóstico.

A6.2.3 Item Avaliado: Medidas

Foram avaliadas 40 medidas relacionadas aos processos considerados críticos para a organização, sendo que o responsável pela gerência de qualidade da empresa identificou como críticos os seguintes processos: Gerência de Requisitos, Desenvolvimento de Requisitos, Planejamento do Projeto e Verificação.

Na Tabela A6.6, como exemplo, é apresentada a definição da medida “quantidade de requisitos aprovados na Especificação Funcional” e, em seguida, na Tabela A6.7 é apresentado o *checklist* preenchido durante a avaliação da medida. Após a figura, o diagnóstico geral de avaliação das medidas é descrito.

Tabela A6.6 - Definição da organização C para a medida “quantidade de requisitos aprovados na Especificação Funcional”

| | |
|--------------------------|--|
| Nome da Medida | Quantidade de requisitos aprovados na Especificação Funcional |
| Descrição da Medida | Quantidade de requisitos aprovados na Especificação Funcional |
| Mnemônico da Medida | NRAF |
| Valor Base | |
| Limite Inferior | |
| Limite Superior | |
| Equação de Cálculo | |
| Unidade de Medida | Requisitos |
| Procedimento Análise | |
| Procedimento Coleta | Obter a quantidade de requisitos aprovados na Especificação Funcional identificados no mês de referência da coleta. Essa informação é obtida na especificação funcional. Será realizada a coleta ao longo do projeto em todas as atividades de Aderência. Será finalizada em 100% na execução da atividade "Finalizar a avaliação de aderência aos processos na fase 3". |
| Responsável pela análise | Gerência de Medição |
| Responsável pela coleta | PPQA |
| Entidade medida | Projeto |
| Frequência medida | Quando terminar atividade |
| Ativa | Sim |
| Nome Atividade | Finalizar a avaliação de aderência aos processos na fase 3 |
| Fase | 3 |
| Obrigatória | Sim |
| Automática | Não |
| Atômica | Sim |

Tabela A6.7. Checklist de avaliação da medida NRAF .

Avaliação da Base de Medidas considerando sua Adequação ao Controle Estatístico de Processos de Software

Organização: C

Avaliador: Monalissa Perini Barcellos

Item: Medidas

| Medida: NRAF - Quantidade de requisitos aprovados na Especificação Funcional | | | | |
|--|------------|----------------|-------------------------|---------------------------|
| Requisitos | Avaliação | | | Considerações (avaliação) |
| 1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| A definição operacional da medida inclui corretamente: | | | | |
| 1.1 Definição da medida. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA |
| 1.2 Entidade medida. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.3 Propriedade medida. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.4 Unidade de medida. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.5 Tipo de escala. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.6 Valores da escala. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.7 Intervalo esperado dos dados. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.8 Fórmula(s) (se aplicável). | () atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.9 Descrição precisa do procedimento de medição. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA |
| 1.10 Responsável pela medição. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA |
| 1.11 Momento da medição. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA |
| 1.12 Periodicidade de medição. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA |
| 1.13 Descrição precisa do procedimento de análise (se indispensável). | () atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA |

| Requisitos | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Considerações (avaliação) |
|---|------------|----------------|-------------------------|----------|--|
| 1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | É necessário rever a definição operacional da medida, considerando as sugestões de alteração no modelo de definição operacional utilizado e as observações aqui registradas. |
| A definição operacional da medida inclui corretamente: | | | | | |
| 1.1 Definição da medida. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | A descrição pode ser melhor detalhada. Está exatamente igual ao nome. |
| 1.2 Entidade medida. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | É preciso ser mais específico. O que está realmente sendo medido: o projeto, uma fase, uma atividade, um recurso ou um artefato do projeto? Qual? |
| 1.3 Propriedade medida. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| 1.4 Unidade de medida. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| 1.5 Tipo de escala. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Não está definido. |
| 1.6 Valores da escala. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Não está definido. |
| 1.7 Intervalo esperado dos dados. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Poderia ser obtido pelos campos limite superior e inferior definidos, porém os mesmos não foram registrados para a medida. |
| 1.8 Fórmula(s) (se aplicável). | () atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Não se aplica. |
| 1.9 Descrição precisa do procedimento de medição. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | O procedimento de medição precisa ser melhor descrito para que qualquer pessoa seja capaz de coletar a medida exatamente da mesma maneira. |
| 1.10 Responsável pela medição. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| 1.11 Momento da medição. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | A informação pode ser obtida analisando-se o procedimento de medição e a frequência definida. Mas, para isso, é preciso rever a definição da frequência de coleta, pois na definição operacional a frequência está registrada como "quando terminar a atividade" para a atividade "finalizar a avaliação de aderência aos processos na fase 3" e na descrição do procedimento de coleta há menção à coleta mensal e em todas as atividades de aderência. |
| 1.12 Periodicidade de medição. | () atende | () não atende | (x) atende parcialmente | () NFPA | Idem observação ao requisito 1.11. |
| 1.13 Descrição precisa do procedimento de análise (se indispensável). | () atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Pode ser omitido, desde que a medida não seja analisada isoladamente, ou seja, sem estar associada a outras medidas, onde o procedimento de análise é claramente descrito. |

| | Avaliação | | | | Considerações (avaliação) |
|--|------------|----------------|-------------------------|----------|---|
| | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| 2. A medida está alinhada a objetivo(s) do(s) projeto(s) e/ou da organização. | | | | | |
| A medida está associada a: | | | | | |
| 2.1 Objetivo da organização | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |
| 2.2 Objetivo do projeto | () atende | () não atende | () atende parcialmente | (x) NFPA | |
| 3. Os resultados da análise da medida são relevantes às tomadas de decisão. | (x) atende | () não atende | | () NFPA | |
| 4. Os resultados da análise da medida são úteis à melhoria de processo. | (x) atende | () não atende | | () NFPA | |
| 5. A medida está relacionada ao desempenho de processo. | (x) atende | () não atende | | () NFPA | |
| 6. A medida está relacionada a um processo crítico. | (x) atende | () não atende | | () NFPA | |
| 7. A medida está associada a uma atividade ou processo que produz item mensurável. | (x) atende | () não atende | | () NFPA | |
| 8. As medidas correlatas à medida estão definidas. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | a) A medida NRA (número de requisitos alterados) não está definida. b) Não há uma medida que relate o número de requisitos aprovados com o número de requisitos alterados. c) Algumas das medidas relacionadas à mesma questão no Plano de Medição estão definidas, porém outras medidas são necessárias (citadas em a) e b)). A definição de medidas que podem ser utilizadas na identificação das causas de instabilidade nos requisitos também é útil. |
| 9. As medidas correlatas à medida são válidas. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | As medidas correlatas definidas precisam de adequações e, conforme descrito no item 8, há necessidade de definição de outras medidas correlatas. |
| 10. A medida possui baixa granularidade. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | A medida é coletada mensalmente, em valor acumulativo, até que a atividade "Finalizar a avaliação de aderência aos processos na fase 3" seja concluída. A granularidade deve ser diminuída, por exemplo, coletando-se e registrando-se, além do valor acumulado, o número de requisitos aprovados em cada atividade em que requisitos são submetidos à avaliação. |
| 11. A medida é passível de normalização (se aplicável). | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Pode ser normalizada por medidas de tamanho que são registradas. |
| 12. A medida está normalizada corretamente (se aplicável). | () atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Não se aplica. |
| 13. Os critérios de agrupamento de dados para análise da medida estão definidos. | () atende | (x) não atende | () atende parcialmente | () NFPA | Não há caracterização para os projetos (conforme descrito na avaliação da estrutura da base de medidas) e não há nenhuma informação sobre como os dados coletados para as medidas devem ser agrupados para que possam ser analisados/comparados. |
| 14. A medida não considera dados agregados. | (x) atende | () não atende | () atende parcialmente | () NFPA | |

NFPA = não foi possível avaliar.

Diagnóstico Geral das Medidas

As medidas avaliadas foram obtidas pelo responsável pela gerência de qualidade através de um extrator de dados, registradas em uma planilha eletrônica e disponibilizadas para avaliação. A organização possui um modelo de definição operacional que foi utilizado em todas as medidas definidas. Sendo assim, a avaliação das medidas consistiu, inicialmente, na avaliação do modelo de definição operacional, sendo seguida por uma avaliação individual das medidas.

O modelo de definição operacional utilizado pela organização inclui os seguintes campos: nome, descrição, mnemônico, valor base, limite superior, limite inferior, equação de cálculo, unidade de medida, procedimento de coleta, procedimento de análise, responsável pela coleta, responsável pela análise, entidade medida, fase, atividade, frequência de medição e os *flags* ativa, obrigatória, atômica e automática. Para que o modelo de definição operacional das medidas seja aderente aos requisitos de aplicação no controle estatístico de processos considerados, ela também deve ser capaz de identificar: propriedade da entidade medida, tipo de escala e valores da escala.

Após a avaliação do modelo de definição operacional, a avaliação individual das medidas foi realizada.

Analisando-se as avaliações individuais das medidas, foi possível identificar que os principais problemas referem-se aos requisitos de números 1, 8 e 10 do *checklist* de avaliação, tendo sido encontradas: definições operacionais ambíguas, incompletas ou inconsistentes, ausência de identificação de medidas correlatas e alta granularidade das medidas definidas. Baseando-se na avaliação das medidas, a seguir são descritas algumas ações para auxiliar na (re)definição de medidas que sejam aplicáveis no controle estatístico de processos.

- *Rever cuidadosamente as definições das medidas avaliadas e identificar as principais medidas correlatas*

As definições operacionais das medidas que foram definidas precisam ser cuidadosamente revistas, principalmente para compatibilizar a descrição do procedimento de coleta com a frequência de medição e atividade em que a medição deve ser realizada. Deve ficar claro na definição operacional da medida o que deve ser medido, como e quando a medição deve ser realizada.

É necessário que os procedimentos de coleta e análise sejam descritos da maneira mais clara e objetiva possível, a fim de garantir que todas as pessoas que forem encarregadas da medição sejam capazes de realizá-la de maneira consistente. Descrever os procedimentos de coleta e análise como uma sequência de passos bem definidos facilita sua formalização, objetividade, clareza e, consequentemente, propicia sua repetitividade.

Também é preciso atentar-se para a coerência entre as definições das medidas base e sua utilização na composição de medidas derivadas.

A identificação das medidas correlatas à medida definida também é importante para o controle estatístico dos processos, pois, muitas vezes, só é possível interpretar os dados de uma medida tomando como referência os valores coletados para uma outra medida. Por exemplo, não faz sentido analisar esforço despendido em determinada atividade sem considerar o tamanho dessa atividade. Sendo assim, uma vez que as medidas utilizadas no controle estatístico de processos deverão ser analisadas e, em caso de variações que excedam os limites esperados, deverão ter as causas identificadas, é importante que medidas correlatas que possam permitir ou apoiar a análise do comportamento do processo, bem como a identificação de possíveis causas de variações indesejadas, sejam coletadas. Podem ser identificadas como medidas correlatas medidas que têm relacionamentos de causa e efeito (por exemplo: “tamanho” interfere no “tempo”) e medidas associadas a um mesmo objetivo e/ou questão no Plano de Medição (por exemplo: as medidas relacionadas à questão “Qual a estabilidade dos requisitos?” são medidas correlatas entre si), entre outras.

O exemplo a seguir apresenta uma definição operacional considerada satisfatória para o controle estatístico de processos, segundo os requisitos utilizados na avaliação.

Medida: número de casos de uso inicialmente aprovados para o projeto.

Mnemônico: NCUIAP.

Descrição: registra o número de casos de usos inicialmente identificados para o projeto e aprovados pelo cliente (primeira *baseline* de requisitos), registrado na Especificação de Requisitos.

Entidade medida: artefato “Especificação de Requisitos do Projeto”.

Propriedade medido: número de casos de uso.

Escala: absoluta.

Valores da Escala: números inteiros positivos.

Intervalo esperado dos dados: [1, n].

Unidade de medida: requisitos.

Fórmula: não há.

Responsável pela medição: analista de sistemas.

Procedimento de coleta: após a aprovação da Especificação de Requisitos do Projeto junto ao cliente, contar e registrar o número de casos de uso identificados nesse artefato.

Procedimento de análise: (no caso de medidas base que não serão analisadas isoladamente, ou seja, sem estarem associadas a outras medidas, o procedimento de análise pode ser omitido. Neste exemplo considera-se que a medida NCUIAP sempre será analisada associada a medidas relacionadas à estabilidade dos requisitos ou como medida para normalização de outras).

Periodicidade de Medição: uma vez por projeto.

Momento de Medição: Atividade “Aprovar Especificação de Requisitos do Projeto”, Processo Gerência de Requisitos.

Principais medidas correlatas: número de casos e uso alterados (NCUA), estabilidade dos requisitos (ERE).

É importante ressaltar que os procedimentos de análise definidos pela organização para as medidas da organização atualmente visam atender aos requisitos MPS.BR nível C e CMMI nível 3 e, normalmente, referem-se à comparação dos valores coletados para a medida no mês ou fase correntes em relação aos valores coletados no mês ou fase anteriores. No entanto, as medidas que forem utilizadas no controle estatístico de processos, deverão ter seus procedimentos de análise revistos a fim de que foquem a análise do desempenho dos processos.

- *Definir medidas de menor granularidade*

A granularidade das medidas definidas deve ser analisada buscando-se obter medidas que tenham coleta mais frequente, o que apoia a análise do comportamento dos processos. Por exemplo, para o processo *Planejamento do Projeto* estão definidas medidas de esforço e prazo que são coletadas por fase do projeto. Essas medidas não são aplicáveis ao controle estatístico de processos, principalmente, quando são coletadas em projetos médios ou grandes onde a frequência de coleta é muito baixa. Em projetos pequenos, com fases muito curtas, tais medidas até poderiam ser utilizadas no controle estatístico de processos, mas essa não é uma

regra geral e sim um caso bastante específico. Apesar das medidas de esforço e prazo da organização estarem definidas por fase, segundo suas definições operacionais, seus dados são armazenados por atividade e medidas esforço e prazo registradas por atividade serão úteis no controle estatístico dos processos. Sendo assim, além das medidas de prazo e esforço definidas por fase e para o projeto, é preciso realizar a definição das medidas de esforço e prazo por atividade para que os dados coletados sejam associados a elas.

Porém, nem todas as medidas podem ter sua granularidade reduzida “dividindo-se” em outras medidas cuja coleta seja mais frequente. Nesses casos, novas medidas devem ser identificadas para os processos. Considerando os processos analisados, sugere-se a definição de medidas relacionadas ao número de defeitos identificados em revisões por pares para o processo de *Verificação*, número de defeitos detectados em casos de uso para o processo de *Desenvolvimento de Requisitos* e número de requisitos alterados em cada revisão/avaliação para o processo de *Gerência de Requisitos*. Vale ressaltar que outras medidas podem (e devem) ser definidas, como por exemplo, medidas para classificação dos defeitos encontrados e dos requisitos modificados.

Anexo 7

Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos

Neste anexo o Conjunto de Recomendações para Medição de Software descrito no Capítulo 7 é apresentado na íntegra.

A7.1 Introdução

O Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao Controle Estatístico de Processos (CRMS) reúne orientações que visam apoiar a implementação do processo de medição de software nas organizações de maneira adequada ao controle estatístico de processos. Ele baseia-se, principalmente, nos requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas considerando Adequação ao Controle Estatístico de Processos (descrito no Capítulo 6), na conceituação provida pela Ontologia de Medição de Software (descrita no Capítulo 5) e no conhecimento obtido através de experiências práticas de aplicação do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas. Considera, ainda, orientações, práticas e lições aprendidas registradas na literatura.

É composto por recomendações que tratam de vinte aspectos presentes na medição de software, organizados em cinco grupos: Preparação da Medição de Software, Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos, Definição de Medidas de Software, Realização de Medições de Software e Análise de Medições de Software.

É importante ressaltar que o conjunto de recomendações proposto é um conjunto inicial, cuja utilização futura em organizações propiciará a evolução, e, portanto, não se pretende que seja completo, contendo todas as possíveis recomendações para realização de medição adequada ao controle estatístico de processos.

Na Figura A7.1 é apresentada a visão geral do CRMS, onde são identificados os aspectos tratados pelas recomendações que compõem cada um dos grupos. Em seguida cada grupo de recomendações é descrito.

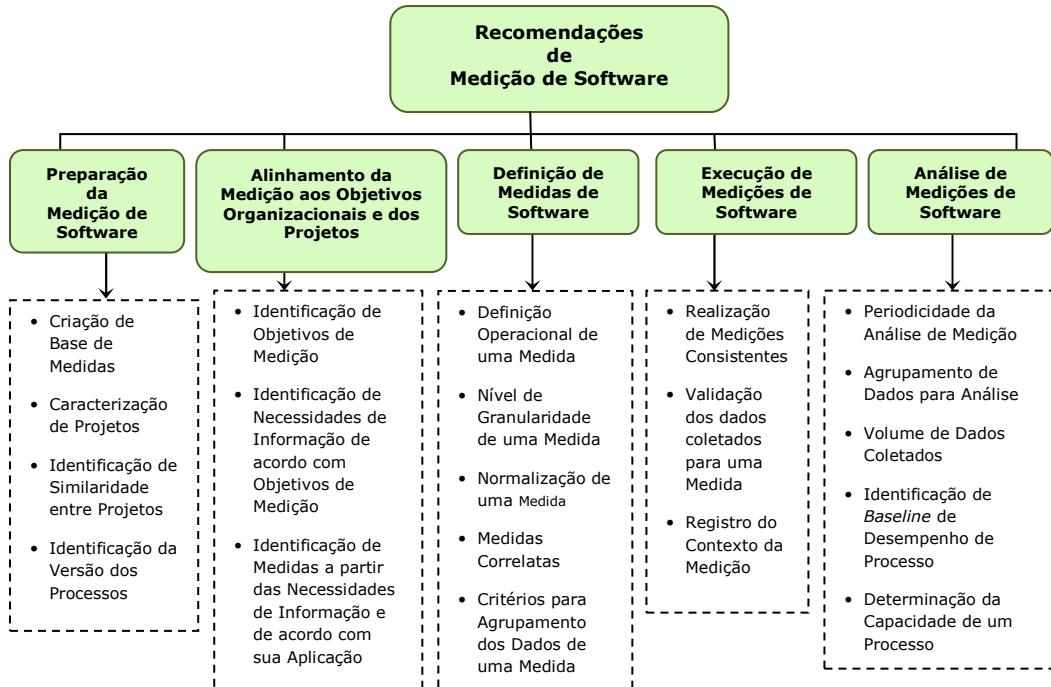


Figura A7.1 – Visão Geral do Conjunto de Recomendações para Medição de Software.

- *Preparação da Medição de Software*: contém recomendações relacionadas a aspectos que devem ser considerados antes da implantação de medição em uma organização e sem os quais não é possível realizar a medição de forma adequada.
- *Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos*: contém recomendações que visam à realização de medições alinhadas aos objetivos de negócio da organização e aos objetivos específicos dos projetos. Para isso, orientam a identificação de medidas úteis e alinhadas aos objetivos estabelecidos.
- *Definição de Medidas de Software*: contém recomendações para definir medidas adequadamente. Inclui recomendações relacionadas à definição operacional de medida, ao nível de granularidade, à normalização, às medidas correlatas e aos critérios para agrupamento dos dados de uma medida.
- *Realização de Medições de Software*: contém recomendações para a execução de medições de software, que consiste na coleta e armazenamento de dados para as medidas.
- *Análise de Medições de Software*: contém recomendações para que a análise dos dados coletados para as medidas forneça as informações necessárias identificadas no Plano

de Medição, apoiando, assim, a tomada de decisões e a identificação de ações corretivas e de melhoria.

A seguir, nas seções A7.2 a A7.6, as recomendações que compõem o CRMS são apresentadas. Na seção A7.7 são descritos alguns exemplos de definições de medidas.

A7.2 Recomendações para a Preparação da Medição de Software

Para que a medição de software possa ser implantada em uma organização, alguns aspectos devem ser previamente considerados. A seguir são descritas as recomendações relacionadas a cada aspecto considerado relevante a esse contexto.

| PMS.1 Criação da Base de Medidas | |
|----------------------------------|--|
| Propósito | Orientar a construção da base (repositório) de medidas de uma organização de software. |
| Fundamentação Teórica | A base de medidas deve ser capaz de armazenar e fornecer os dados requeridos pelos objetivos de medição estabelecidos pela organização. Os dados considerados necessários não estão limitados aos dados da medição propriamente dita. Dados relacionados aos projetos e processos também são relevantes e devem poder ser armazenados e recuperados na base de medidas (KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2007). |
| Recomendações | <p>R1. Definir uma estrutura para a base de medidas (modelo de dados e mecanismos para armazenamento e recuperação de dados) capaz de fornecer o arcabouço necessário para que as recomendações de medição presentes no CRMS possam ser colocadas em prática. <i>Nota:</i> Recomenda-se que a definição da estrutura da base de medidas seja realizada considerando-se a Ontologia de Medição de Software utilizada na construção do CRMS.</p> <p>R2. Definir uma base de medidas única e centralizada, utilizando ferramentas de bancos de dados, para que seja possível gerenciar os dados, armazenar e manter dados históricos.</p> <p>R3. Caso não seja possível definir uma base de medidas única, as diferentes fontes que compõem a base de medidas devem ser integradas.</p> |

| PMS.2 Caracterização de Projetos | |
|---|---|
| Propósito | Orientar a caracterização dos projetos em uma organização. A caracterização deve permitir identificar os perfis de projetos que são desenvolvidos, bem como obter informações de contexto dos dados coletados para as medidas nos projetos. |
| Fundamentação Teórica | A identificação de critérios que caracterizem os projetos de uma organização é imprescindível para a identificação dos projetos similares e uso dos dados coletados para as medidas de maneira correta. A caracterização dos projetos deve incluir os critérios relevantes para o registro e posterior identificação dos perfis de projetos. Ela é considerada satisfatória quando os subconjuntos formados pelos projetos que possuem o mesmo perfil, ou seja, cujos critérios de caracterização possuem os mesmos valores, são homogêneos (KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2007). |
| Recomendações | <p>R1. Não definir uma caracterização baseada em poucos critérios ou em critérios muito amplos, que, normalmente, permitem a formação de grupos heterogêneos de projetos.</p> <p>R2. Incluir no conjunto de critérios características de todos os elementos relevantes envolvidos em um projeto, tais como: ambiente (exemplos de critérios: distribuição geográfica dos participantes do projeto e infraestrutura disponível), recursos humanos (exemplos de critérios: experiência da equipe do projeto em relação ao domínio, tecnologia e processo utilizados, tamanho da equipe do projeto), produto desenvolvido (exemplos de critérios: tipo de software e domínio do software), processo utilizado (exemplos de critérios: modelo de ciclo de vida utilizado e processo adotado), tecnologias envolvidas (exemplos de critérios: linguagem de programação e banco de dados utilizados), cliente (exemplo de critério: tipo de cliente e porte do cliente) e o próprio projeto (exemplos de critérios: tamanho do projeto e restrições do projeto).</p> <p>R3. Tornar a caracterização de projetos explícita na base de medidas, permitindo a identificação dos critérios definidos e do valor atribuído para cada critério em cada projeto realizado.</p> |

| PMS.3 Identificação de Similaridade entre Projetos | |
|---|--|
| Propósito | Orientar o estabelecimento de um mecanismo para identificação de projetos similares em uma organização. |
| Fundamentação Teórica | Além de caracterizar os projetos, é necessário que seja estabelecido um mecanismo para determinar se eles são similares ou não (CARD, 2005; KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2007). |
| Recomendações | <p>R1. Definir, considerando os critérios de caracterização de projetos, como identificar projetos similares. Por exemplo: <i>(i)</i> projetos são similares quando os valores atribuídos a todos os critérios de caracterização são iguais entre os projetos; <i>(ii)</i> projetos são similares quando os valores atribuídos a pelo menos um dos critérios de caracterização são iguais entre os projetos; e <i>(iii)</i> projetos são similares quando os valores atribuídos a alguns dos critérios de caracterização (determinados de acordo com o contexto de utilização dos projetos similares) são iguais entre os projetos.</p> <p>R2. Ao definir o mecanismo de seleção de projetos similares, levar em consideração que quanto mais refinado for o mecanismo, mais homogêneos serão os grupos de projetos obtidos e, normalmente, menor será o volume de dados em cada um deles.</p> |

| PMS.4 Identificação da Versão dos Processos | |
|--|--|
| Propósito | Orientar o estabelecimento de um mecanismo de identificação das versões dos processos de uma organização. |
| Fundamentação Teórica | <p>O desempenho de um processo é descrito por dados coletados para medidas durante suas execuções. Para que os dados coletados para um processo sejam utilizados para analisar seu desempenho, é necessário que eles sejam referentes a uma mesma definição desse processo. Por exemplo, se um processo é definido por um conjunto de entradas, saídas, atividades, papéis, técnicas e ferramentas, alterações relevantes em algum desses elementos caracterizam uma nova versão do processo (TARHAN e DEMIRORS, 2006).</p> <p>Para o controle estatístico de processos, uma alteração é considerada relevante quando é capaz de afetar o desempenho do processo (DUMKE <i>et al.</i>, 2004). A alteração de uma ferramenta ou a mudança no sequenciamento das atividades que compõem um processo são exemplos de alterações relevantes para o controle estatístico de processos. Alterações que não impactam diretamente no desempenho do processo, podem ser registradas em subversões, sendo que, nesse caso, a análise do desempenho do processo pode considerar dados coletados em todas as subversões de uma dada versão. Por exemplo, uma pequena alteração na ordem dos campos que constam de um <i>template</i> utilizado no processo, normalmente, não leva à identificação de uma nova versão do processo e sim de uma subversão.</p> |
| Recomendações | <p>R1. Identificar quais elementos compõem a definição de um processo na organização.</p> <p>R2. Definir um mecanismo para identificação e controle das versões dos processos organizacionais que considere que alterações relevantes nos elementos que compõem a definição de um processo caracterizam uma nova versão.</p> <p>R3. Garantir que seja possível identificar, para cada projeto, a versão dos processos nele utilizados.</p> |

A7.3 Recomendações para o Planejamento da Medição de Software Alinhada aos Objetivos Organizacionais e do Projeto

Para realizar o planejamento da medição em consonância com o Planejamento Estratégico, a organização deve, a partir de seus objetivos de negócio, derivar objetivos de medição, identificar suas necessidades de informação e as medidas requeridas para atendê-las. A seguir são apresentadas as recomendações relacionadas ao planejamento da medição.

| PMSAO.1 Identificação de Objetivos de Medição | |
|--|---|
| Propósito | Auxiliar na identificação dos objetivos de medição a partir dos objetivos de negócio da organização e na classificação desses objetivos. |
| Fundamentação Teórica | <p>Os objetivos de medição devem ser derivados dos objetivos organizacionais (BRIMSON, 2004; KITCHENHAM <i>et al.</i>, 2006). A identificação dos objetivos de medição pode ser realizada com o apoio de técnicas de decomposição ou de abordagens como as propostas em (OFFEN e JEFFEREMY, 1997) e (BARRETO e ROCHA, 2009). Essas propostas orientam a identificação de objetivos de medição considerando objetivos intermediários aos objetivos de negócio e objetivos de medição, como, por exemplo, objetivos de software.</p> <p>No âmbito da melhoria de processos de software (contexto no qual é realizado o controle estatístico de processos), os objetivos de medição podem ser classificados em três tipos (BARCELLOS <i>et al.</i>, 2009):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Objetivos de Monitoramento e Controle dos Projetos</i>: são, geralmente, definidos desde o início de um programa de medição, ou seja, desde os níveis iniciais de maturidade. Objetivos desse tipo requerem <i>medição tradicional</i>, na qual o monitoramento e controle dos projetos baseiam-se essencialmente na realização de estimativas para os projetos, medição de valores ao longo de seu desenvolvimento e comparação dos valores coletados com os valores planejados. • <i>Objetivos de Avaliação da Qualidade dos Produtos e Processos</i>: também estão presentes desde o início de um programa de medição e requerem <i>medição tradicional</i>, sendo definidas medidas que quantificam aspectos da qualidade dos produtos e processos. As medições são realizadas ao longo dos projetos e os valores coletados, geralmente, são comparados entre si e com valores coletados anteriormente. • <i>Objetivos de Análise de Desempenho de Processos</i>: tipicamente, são identificados por uma organização quando ela já passou pelos níveis iniciais de maturidade e está realizando as práticas que caracterizam os níveis mais elevados. Eles requerem <i>medição em alta maturidade</i>, que se baseia na análise do desempenho dos processos nos projetos e comparação deste com o desempenho esperado para o processo no âmbito organizacional (estabelecido com base em dados históricos). <p>A classificação dos objetivos de medição em tipos gerais é especialmente útil à definição das medidas, pois medidas devem ser identificadas e ter suas definições operacionais estabelecidas de acordo com o tipo de objetivo ao qual estão associadas. Esse aspecto é abordado pelas recomendações registradas em <i>PMSAO.3</i> e <i>DMS.1</i>.</p> |

PMSAO.1 Identificação de Objetivos de Medição

| Recomendações | R1. | <p>Realizar a identificação dos objetivos de medição baseando-se nos objetivos de negócio registrados no Planejamento Estratégico da organização e classificar cada objetivo de medição em: Objetivo de Monitoramento e Controle, Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e Processos ou Objetivo de Análise de Desempenho dos Processos.</p> <p><u>Exemplo:</u></p> <p>Identificação dos objetivos de medição a partir dos objetivos de negócio:</p> <table border="1"> <tr> <td>Objetivo de Negócio</td><td>Aumentar o número de clientes m 10%.</td></tr> <tr> <td>Objetivo de Software</td><td>Obter avaliação MPS.BR nível B.</td></tr> <tr> <td>Objetivos de Medição</td><td> <i>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.</i> <i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i> </td></tr> </table> <p>Classificação dos objetivos de medição:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Objetivo de Medição</th><th>Tipo de Objetivo</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.</i></td><td><i>Objetivo de Análise de Desempenho de Processos.</i></td></tr> <tr> <td><i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i></td><td><i>Objetivo de Monitoramento e Controle dos Projetos e Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e dos Processos.</i></td></tr> </tbody> </table> | Objetivo de Negócio | Aumentar o número de clientes m 10%. | Objetivo de Software | Obter avaliação MPS.BR nível B. | Objetivos de Medição | <i>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.</i> <i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i> | Objetivo de Medição | Tipo de Objetivo | <i>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.</i> | <i>Objetivo de Análise de Desempenho de Processos.</i> | <i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i> | <i>Objetivo de Monitoramento e Controle dos Projetos e Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e dos Processos.</i> |
|---|---|--|---------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|---|---------------------|------------------|---|--|--|---|
| Objetivo de Negócio | Aumentar o número de clientes m 10%. | | | | | | | | | | | | | |
| Objetivo de Software | Obter avaliação MPS.BR nível B. | | | | | | | | | | | | | |
| Objetivos de Medição | <i>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.</i> <i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Objetivo de Medição | Tipo de Objetivo | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos.</i> | <i>Objetivo de Análise de Desempenho de Processos.</i> | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i> | <i>Objetivo de Monitoramento e Controle dos Projetos e Objetivo de Avaliação da Qualidade dos Produtos e dos Processos.</i> | | | | | | | | | | | | | |
| | R2. | <p>Decompor os objetivos de medição quando os objetivos inicialmente identificados forem muito amplos. Para objetivos de análise de desempenho dos processos, recomenda-se que sejam estabelecidos objetivos relacionados a cada processo crítico a ser submetido ao controle estatístico.</p> <p><u>Exemplo:</u></p> <p>Decomposição do objetivo “<i>Conhecer e melhorar o desempenho dos processos críticos</i>” em “<i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i>” e “<i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo de Inspeção</i>”.</p> | | | | | | | | | | | | |

| PMSAO.2 Identificação de Necessidades de Informação de acordo com os Objetivos de Medição | | | | | | | |
|--|---|---------------------|---------------------------|--|--|--|---|
| Propósito | Orientar a identificação das informações necessárias à análise do alcance dos objetivos de medição estabelecidos. | | | | | | |
| Fundamentação Teórica | <p>A partir dos objetivos de medição, devem ser identificadas as informações que são necessárias para analisar o alcance aos objetivos estabelecidos. Abordagens como M³P (OFFEN e JEFFEREY, 1997), GQM – <i>Goal Question Metric</i> (BASILI <i>et al.</i>, 1994), GQIM – <i>Goal Question Indicator Measure</i> (BOYD, 2005) e PSM – <i>Practical Software Measurement</i> (McGARRY <i>et al.</i>, 2002) podem ser utilizadas para guiar a identificação das necessidades de informação.</p> <p>No contexto do controle estatístico de processos, é importante que sejam identificadas as necessidades de informação principais, relacionadas ao desempenho dos processos, e as necessidades de informação que apoiam a análise de causas (MESSNARZ e TULLY, 1999).</p> | | | | | | |
| Recomendações | <p>R1. Identificar as necessidades de informação principais e as necessidades de informação de apoio (úteis à investigação de causas de variação no comportamento dos processos) para cada objetivo de medição estabelecido.</p> <p><u>Exemplo:</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Objetivo de Medição</th><th>Necessidade de Informação</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i></td><td><i>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software.</i></td></tr> <tr> <td><i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i></td><td> <i>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente.</i> <i>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente.</i> </td></tr> </tbody> </table> | Objetivo de Medição | Necessidade de Informação | <i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i> | <i>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software.</i> | <i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i> | <i>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente.</i> <i>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente.</i> |
| Objetivo de Medição | Necessidade de Informação | | | | | | |
| <i>Diminuir o retrabalho nos projetos.</i> | <i>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software.</i> | | | | | | |
| <i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i> | <i>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente.</i> <i>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente.</i> | | | | | | |

| PMSAO.3 Identificação de Medidas a partir de Necessidades de Informação e de acordo com sua Aplicação | |
|--|---|
| Propósito | <p>Orientar a identificação das medidas requeridas para o atendimento das necessidades de informação estabelecidas e de acordo com o objetivo ao qual estão associadas.</p> <p><i>Nota:</i> É importante perceber que esse item trata apenas da <i>identificação</i> das medidas. A <i>definição</i> das medidas é tratada pelas recomendações presentes no grupo <i>Definição de Medidas de Software</i>.</p> |
| Fundamentação Teórica | <p>Todas as medidas utilizadas em uma organização devem estar alinhadas às necessidades de informação (BRIMSON, 2004; KITCHENHAM <i>et al.</i>, 2006). Para isso, a partir das necessidades de informação identificadas para os objetivos, devem ser estabelecidas as medidas que atendem essas necessidades de informação. Novamente, abordagens como M³P (OFFEN e JEFFERERY, 1997), GQM – <i>Goal Question Metric</i> (BASILI <i>et al.</i>, 1994), GQIM – <i>Goal Question Indicator Measure</i> (BOYD, 2005) e PSM – <i>Practical Software Measurement</i> (McGARRY <i>et al.</i>, 2002) podem ser utilizadas.</p> <p>Medidas devem ser identificadas e definidas de acordo com o objetivo ao qual estão associadas. A associação de uma medida a um tipo de objetivo identifica sua <i>aplicação</i> (BARCELLOS <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>Medidas com aplicação no <i>monitoramento e controle tradicionais</i>, ou seja, medidas relacionadas a Objetivos de Monitoramento e Controle dos Projetos ou a Objetivos de Avaliação da Qualidade dos Produtos e Processos, são, essencialmente, medidas que descrevem estimativas (por exemplo, tamanho estimado do projeto, esforço estimado da atividade e custo estimado do projeto) ou representam valores praticados nos projetos (por exemplo, tamanho do projeto, esforço despendido na atividade, custo do projeto). Também são aplicadas no monitoramento e controle tradicionais medidas que quantificam características dos produtos e processos e que podem ser analisadas no contexto de um mesmo projeto considerando-se vários dados coletados ao longo de sua execução ou entre diversos projetos. Exemplos dessas medidas são: taxa de detecção de defeitos e número de requisitos alterados (WANG e LI, 2005; SARGUT e DEMIRORS, 2006; BARCELLOS e ROCHA, 2008b, a).</p> <p>Medidas com aplicação na <i>análise de desempenho de processos</i> (relacionadas a Objetivos de Análise de Desempenho de Processos) devem estar relacionadas a um processo¹ e ser capazes de fornecer informações sobre seu desempenho (PFLEEGER, 1993; BARCELLOS e ROCHA, 2008a). Medidas que medem produtos² e recursos do processo, bem como o próprio processo, são medidas que podem descrever seu desempenho (GARCÍA <i>et al.</i>, 2007). Por outro lado, medidas que registram estimativas são essencialmente medidas de controle e não descrevem o desempenho de processos, logo, isoladas não são aplicáveis na análise do desempenho de processos, que utiliza as técnicas do controle estatístico. Porém, é importante notar que medidas</p> |

PMSAO.3 Identificação de Medidas a partir de Necessidades de Informação e de acordo com sua Aplicação

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---------------------|---|---------------------------|---|---------|---|-----------|--|---------------------|--|---------------------------|---|---------|--|-----------|---|---------------------------|--|---------|--|-----------|---|
| | <p>que registram estimativas podem compor medidas que descrevem o desempenho de processos, tal como a medida aderência ao cronograma (medida por atividade ou macroatividade), calculada pela razão entre as medidas tempo estimado e tempo despendido, que provê informações sobre o desempenho do processo Gerência de Projetos (LEWIS, 1999).</p> <p>¹ Estar relacionada a um processo não significa que a entidade que a medida mede deve ser um processo. Uma medida pode, por exemplo, medir o artefato Especificação de Requisitos e estar relacionada ao processo Gerência de Requisitos, uma vez que mede um produto gerado pelo processo em questão.</p> <p>² Por exemplo, a medida número de defeitos, representando o número de defeitos de um produto submetido à inspeção, está relacionada à qualidade do produto, mas também é útil na composição da medida taxa de detecção de defeitos, que pode ser utilizada para descrever o desempenho do processo de Inspeção.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recomendações | <p>R1. Identificar medidas que atendam tanto as necessidades de informação principais quanto as necessidades de informação de apoio, levando em consideração a aplicação de cada medida, sendo que uma mesma medida pode ter mais de uma aplicação.</p> <p><u>Exemplo:</u></p> <table border="1" data-bbox="620 1080 1335 1814"> <tbody> <tr> <td>Objetivo de Medição</td> <td><i>Diminuir o retrabalho nos projetos</i></td> </tr> <tr> <td>Necessidade de Informação</td> <td><i>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software</i></td> </tr> <tr> <td>Medidas</td> <td>Quantidade de retrabalho na fase de Análise Quantidade de retrabalho na fase de Projeto Quantidade de retrabalho nas fases de Implementação e Testes Quantidade de retrabalho na fase de Implantação</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td><i>Monitoramento e Controle Tradicionais</i></td> </tr> <tr> <td>Objetivo de Medição</td> <td><i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i></td> </tr> <tr> <td>Necessidade de Informação</td> <td><i>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente</i></td> </tr> <tr> <td>Medidas</td> <td>Número de requisitos homologados Número de requisitos alterados Taxa de alteração dos requisitos</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td><i>Análise de Desempenho de Processos</i></td> </tr> <tr> <td>Necessidade de Informação</td> <td><i>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente</i></td> </tr> <tr> <td>Medidas</td> <td>Número de requisitos de análise alterados Número de requisitos de projeto alterados</td> </tr> <tr> <td>Aplicação</td> <td><i>Análise de Desempenho de Processos</i></td> </tr> </tbody> </table> | Objetivo de Medição | <i>Diminuir o retrabalho nos projetos</i> | Necessidade de Informação | <i>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software</i> | Medidas | Quantidade de retrabalho na fase de Análise Quantidade de retrabalho na fase de Projeto Quantidade de retrabalho nas fases de Implementação e Testes Quantidade de retrabalho na fase de Implantação | Aplicação | <i>Monitoramento e Controle Tradicionais</i> | Objetivo de Medição | <i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i> | Necessidade de Informação | <i>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente</i> | Medidas | Número de requisitos homologados Número de requisitos alterados Taxa de alteração dos requisitos | Aplicação | <i>Análise de Desempenho de Processos</i> | Necessidade de Informação | <i>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente</i> | Medidas | Número de requisitos de análise alterados Número de requisitos de projeto alterados | Aplicação | <i>Análise de Desempenho de Processos</i> |
| Objetivo de Medição | <i>Diminuir o retrabalho nos projetos</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Necessidade de Informação | <i>Conhecer a quantidade de retrabalho em cada fase do desenvolvimento dos produtos de software</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medidas | Quantidade de retrabalho na fase de Análise Quantidade de retrabalho na fase de Projeto Quantidade de retrabalho nas fases de Implementação e Testes Quantidade de retrabalho na fase de Implantação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aplicação | <i>Monitoramento e Controle Tradicionais</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Objetivo de Medição | <i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Necessidade de Informação | <i>Conhecer a taxa de alteração dos requisitos dos projetos após homologação junto ao cliente</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medidas | Número de requisitos homologados Número de requisitos alterados Taxa de alteração dos requisitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aplicação | <i>Análise de Desempenho de Processos</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Necessidade de Informação | <i>Conhecer os tipos dos requisitos alterados nos projetos após homologação junto ao cliente</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medidas | Número de requisitos de análise alterados Número de requisitos de projeto alterados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aplicação | <i>Análise de Desempenho de Processos</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

A7.4 Recomendações para a Definição de Medidas de Software

Uma vez identificadas as medidas que atendem as necessidades de informação, é preciso estabelecer suas definições operacionais. Além disso, para definir uma medida, alguns aspectos devem ser levados em consideração: nível de granularidade, normalização, medidas correlatas e critérios para agrupamento de seus dados.

A seguir são apresentadas recomendações relacionadas à definição de medidas.

| DMS.1 Definição Operacional de uma Medida | |
|---|---|
| Propósito | Orientar a elaboração da definição operacional de uma medida. A definição operacional de uma medida inclui informações detalhadas sobre a medida, principalmente no que diz respeito à sua coleta e análise. |
| Fundamentação Teórica | <p>A repetitividade da medição de uma medida está diretamente relacionada com a completeza e precisão de sua definição operacional. Uma definição operacional incompleta, ambígua ou fracamente documentada possibilita que diferentes pessoas entendam a medida de maneiras diferentes e, consequentemente, coletem dados inválidos, realizem medições incomparáveis ou análises incorretas, o que torna a medição inconsistente e ineficiente (KITCHENHAM <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>A definição operacional de uma medida deve ser estabelecida de acordo com sua aplicação. Por exemplo, medidas aplicadas na análise de desempenho de processos, diferentemente das medidas com aplicação no monitoramento e controle tradicionais, devem ser analisadas através de técnicas do controle estatístico de processos.</p> <p>Em uma organização que deseja definir e coletar medidas adequadas ao controle estatístico de processos desde os níveis iniciais de maturidade, as definições operacionais das medidas, inicialmente, são orientadas ao monitoramento e controle tradicionais. Porém, para que os dados coletados para essas medidas sejam futuramente úteis ao controle estatístico de processos, as definições operacionais das medidas devem garantir que os dados coletados e armazenados sejam úteis ao controle estatístico de processos (BARCELLOS <i>et al.</i>, 2009).</p> |
| Recomendações | R1. Estabelecer uma definição operacional para as medidas, a qual inclua as seguintes informações: xx. <i>Nome</i> : nome da medida. xxi. <i>Definição</i> : descrição sucinta da medida. xxii. <i>Mnemônico</i> : sigla utilizada para identificar a medida. xxiii. <i>Tipo de Medida</i> : classificação da medida quanto à sua dependência funcional, podendo uma medida ser uma medida base ou uma medida derivada. xxiv. <i>Entidade Medida</i> : entidade que a medida mede. Exemplos: organização, projeto, processo, atividade, recurso humano, recurso de hardware, recurso de software e artefato, dentre outros. |

DMS.1 Definição Operacional de uma Medida

| | |
|--|--|
| | <p><i>xxvi. Propriedade Medida:</i> propriedade da entidade medida quantificada pela medida. Exemplos: tamanho, custos, defeitos, esforço etc.</p> <p><i>xxvii. Unidade de Medida:</i> unidade de medida em relação à qual a medida é medida. Exemplos: pessoa/mês, pontos de função, reais etc.</p> <p><i>xxviii. Tipo de Escala:</i> natureza dos valores que podem ser atribuídos à medida. Exemplos: escala nominal, escala intervalar, escala ordinal, escala absoluta e escala taxa.</p> <p><i>xxix. Valores da Escala:</i> valores que podem ser atribuídos à medida. Exemplos: números reais positivos, {alto, médio, baixo} etc. Para medidas com escala do tipo absoluta ou taxa, ao determinar os valores da escala, é preciso identificar a precisão a ser considerada (0, 1 ou 2 casas decimais).</p> <p><i>xxx. Intervalo esperado dos dados:</i> limites de valores da escala definida de acordo com dados históricos ou com metas estabelecidas. Exemplo: [0, 10].</p> <p><i>xxxx. Procedimento de Medição:</i> descrição do procedimento que deve ser realizado para coletar uma medida. A descrição do procedimento de medição deve ser clara, objetiva e não ambígua.</p> <p><i>xxxxi. Fórmula de Cálculo de Medida:</i> fórmula utilizada no procedimento de medição de medidas derivadas, para calcular o valor atribuído à medida considerando-se sua relação com outras medidas ou com outros valores. Exemplo: aderência ao cronograma = tempo real / tempo estimado.</p> <p><i>xxxxii. Responsável pela Medição:</i> papel desempenhado pelo recurso humano responsável pela coleta da medida. É importante que o responsável pela medição seja fonte direta das informações a serem fornecidas na medição. Exemplos: analista de sistemas, programador, gerente do projeto etc.</p> <p><i>xxxxiii. Momento da Medição:</i> momento em que deve ser realizada a coleta e registro de dados para a medida. O momento da coleta deve ser uma atividade do processo definido para o projeto ou de um processo organizacional. Exemplos: na atividade Homologar Especificação de Requisitos, na atividade Realizar Testes de Unidade etc.</p> <p><i>xxxxiv. Periodicidade de Medição:</i> frequência de coleta da medida. Exemplos: diária, mensal, uma vez por fase, uma vez por projeto, uma vez em cada ocorrência da atividade designada como momento da medição etc. É indispensável que haja coerência entre a periodicidade de medição e o momento de medição.</p> <p><i>xxxxv. Procedimento de Análise:</i> descrição do procedimento que deve ser realizado para representar e analisar os dados coletados para uma medida, incluindo, além do procedimento propriamente dito, as ferramentas analíticas que devem ser utilizadas (por exemplo: histograma, gráfico de controle XmR etc.). A descrição do procedimento de análise deve ser clara, objetiva e não ambígua. Um procedimento de análise de medição pode ser baseado em critérios de decisão (por exemplo, utilizando-se uma meta como</p> |
|--|--|

DMS.1 Definição Operacional de uma Medida

| | | |
|-----|--|---|
| | | <p>referência) e, nesse caso, os critérios de decisão considerados (incluindo suas premissas e conclusões) devem ser claramente estabelecidos. Medidas que não são analisadas isoladamente não precisam ter procedimento de análise definido. Por exemplo: se a medida número de requisitos alterados só for submetida à análise quando utilizada na composição da medida taxa de alteração de requisitos, não há necessidade de definir seu procedimento de análise.</p> <p><i>xxvi.</i> <i>Momento da Análise de Medição:</i> momento em que deve ser realizada a análise de dados coletados para a medida. O momento da análise deve ser uma atividade do processo definido para o projeto ou de um processo organizacional como, por exemplo, em atividades de monitoramento de projeto.</p> <p><i>xxvii.</i> <i>Periodicidade da Análise:</i> frequência de análise de dados da medida. Exemplos: diária, mensal, uma vez por fase, uma vez por projeto, uma vez em cada ocorrência da atividade designada como momento da análise etc. É indispensável que haja coerência entre a periodicidade de análise de medição e o momento da análise de medição.</p> <p><i>Nota:</i> o item <i>AMS.1</i> trata da periodicidade da análise em detalhes.</p> <p><i>xxviii.</i> <i>Responsável pela Análise:</i> papel desempenhado pelo recurso humano responsável pela análise da medida. É importante que o responsável pela análise de medição seja apto a aplicar o procedimento de análise e tenha conhecimento organizacional que propicie a correta interpretação dos dados e fornecimento de informações que apoiem as tomadas de decisão. Exemplos: gerente do projeto, gerente de qualidade etc.</p> |
| R2. | | Estabelecer a definição operacional da medida de acordo com sua <i>aplicação</i> (ver item <i>PMSAO.3</i>). |
| R3. | | Estabelecer, para as medidas identificadas nos níveis iniciais de maturidade, mas que poderão ser futuramente utilizadas no controle estatístico dos processos, definições operacionais que permitam desde os níveis iniciais, coleta e armazenamento frequente e adequado dos dados necessários à realização do controle estatístico de processos. |
| R4. | | Para utilizar no controle estatístico de processos medidas identificadas nos níveis iniciais de maturidade, estabelecer novas definições operacionais voltadas para aplicação na análise de desempenho dos processos, incluindo, por exemplo, um procedimento de análise adequado, que utilize as técnicas do controle estatístico de processos. |

Para tornar mais claro o entendimento das diferenças entre as definições operacionais de medidas de acordo com sua aplicação, na seção A7.7 são apresentados alguns exemplos de definições para a medida *taxa de alteração de requisitos*.

| DMS.2 Nível de Granularidade de uma Medida | | |
|--|---|---|
| Propósito | Orientar sobre o nível de granularidade requerido para uma medida de acordo com sua aplicação. | |
| Fundamentação Teórica | <p>O nível de granularidade de uma medida é determinado por dois aspectos de sua definição operacional: a entidade à qual a medida é associada e sua periodicidade de medição.</p> <p>Se for considerado que uma medida é coletada uma vez em cada ocorrência da entidade à qual está associada, medidas associadas a entidades menores, como por exemplo, componentes de projeto ou de produto (módulos, artefatos, atividades ou tarefas) têm granularidade menor que as medidas associadas a entidades maiores, como um projeto (KITCHENHAM <i>et al.</i>, 2001).</p> <p>Porém, uma medida pode não ser necessariamente coletada uma vez em cada ocorrência da entidade à qual está associada. A periodicidade de medição (estabelecida em sua definição operacional) determina a frequência na qual a medida deve ser coletada e registrada, influenciando diretamente no nível de granularidade e no número de valores coletados (FLORAC <i>et al.</i>, 2000). É possível que uma medida associada a uma entidade que, normalmente, caracterizaria uma medida de alta granularidade, possa ter seu nível de granularidade reduzido ao ter sua periodicidade estabelecida. Por exemplo, a medida <i>número de erros reportados pelo cliente</i> pode ser associada à entidade projeto e ter periodicidade de coleta semanal, o que leva à coleta e registro de diversos valores para a medida ao invés de um único valor ao final do projeto.</p> | |
| Recomendações | R1. | Definir o nível de granularidade da medida de acordo com sua aplicação. Medidas aplicadas no monitoramento e controle tradicionais, tipicamente, requerem um nível de granularidade maior que medidas aplicadas na análise de desempenho de processos, cujo nível de granularidade deve permitir o acompanhamento e controle diário dos projetos. |

DMS.2 Nível de Granularidade de uma Medida

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|--------|--|-----------|---|----------|-----------------|--------------------------|-----------------------------|--------|---|-----------|--|----------|------------------------------|--------------------------|--|
| | <p><u>Exemplo:</u></p> <p>A medida <i>taxa de defeitos detectados nos projetos</i>, aplicada no monitoramento e controle tradicionais e cuja análise consiste na comparação entre as taxas de defeitos dos projetos desenvolvidos, pode ter granularidade alta. Assim:</p> <table border="1"> <tr> <td>Medida</td><td><i>Taxa de defeitos detectados nos projetos (razão entre o número de defeitos detectados no projeto e o tamanho do produto gerado no projeto).</i></td></tr> <tr> <td>Aplicação</td><td><i>Monitoramento e Controle Tradicionais.</i></td></tr> <tr> <td>Entidade</td><td><i>Projeto.</i></td></tr> <tr> <td>Periodicidade de Medição</td><td><i>Uma vez por projeto.</i></td></tr> </table> <p>Por outro lado, a medida <i>taxa de defeitos detectados</i>, aplicada na análise desempenho do processo de Inspeção, cuja análise inclui a utilização das técnicas do controle estatístico, deve ter baixa granularidade. Assim:</p> <table border="1"> <tr> <td>Medida</td><td><i>Taxa de defeitos detectados (dada pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado).</i></td></tr> <tr> <td>Aplicação</td><td><i>Análise de Desempenho de Processos.</i></td></tr> <tr> <td>Entidade</td><td><i>Processo de Inspeção.</i></td></tr> <tr> <td>Periodicidade de Medição</td><td><i>Uma vez por inspeção. (aqui considera-se que o Processo de Inspeção é executado várias vezes em um mesmo projeto)</i></td></tr> </table> | Medida | <i>Taxa de defeitos detectados nos projetos (razão entre o número de defeitos detectados no projeto e o tamanho do produto gerado no projeto).</i> | Aplicação | <i>Monitoramento e Controle Tradicionais.</i> | Entidade | <i>Projeto.</i> | Periodicidade de Medição | <i>Uma vez por projeto.</i> | Medida | <i>Taxa de defeitos detectados (dada pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado).</i> | Aplicação | <i>Análise de Desempenho de Processos.</i> | Entidade | <i>Processo de Inspeção.</i> | Periodicidade de Medição | <i>Uma vez por inspeção. (aqui considera-se que o Processo de Inspeção é executado várias vezes em um mesmo projeto)</i> |
| Medida | <i>Taxa de defeitos detectados nos projetos (razão entre o número de defeitos detectados no projeto e o tamanho do produto gerado no projeto).</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aplicação | <i>Monitoramento e Controle Tradicionais.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entidade | <i>Projeto.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Periodicidade de Medição | <i>Uma vez por projeto.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medida | <i>Taxa de defeitos detectados (dada pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado).</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aplicação | <i>Análise de Desempenho de Processos.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Entidade | <i>Processo de Inspeção.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Periodicidade de Medição | <i>Uma vez por inspeção. (aqui considera-se que o Processo de Inspeção é executado várias vezes em um mesmo projeto)</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R2. | Selecionar para o controle estatístico processos que sejam executados várias vezes ao longo dos projetos, para que a coleta das medidas a eles associadas seja realizada um número maior de vezes em cada projeto. | | | | | | | | | | | | | | | | |

| DMS.3 Normalização de uma Medida | |
|----------------------------------|---|
| Propósito | Orientar a normalização de medidas, a fim de que possam ser analisadas e comparadas corretamente. |
| Fundamentação Teórica | <p>Algumas vezes, faz-se necessário normalizar uma medida para que seja possível realizar análises e comparações. Por exemplo, não é correto comparar o esforço despendido em projetos sem levar o tamanho desses projetos em consideração. Nesse caso, é preciso normalizar o esforço despendido pelo tamanho dos projetos, para que os dados possam ser analisados em conjunto ou comparados entre si (DUMKE <i>et al.</i>, 2004; DUMKE <i>et al.</i>, 2006; TARHAN e DEMIRORS, 2006; KITCHENHAM <i>et al.</i>, 2007).</p> <p>A normalização equivocada de uma medida pode mudar o significado dos dados coletados e, consequentemente, levar a interpretações errôneas sobre o comportamento dos processos (KITCHENHAM <i>et al.</i>, 2007).</p> |
| Recomendações | <p>R1. Definir as medidas necessárias para normalizar as medidas identificadas que são normalizáveis.</p> <p><u>Exemplo:</u> Ao definir a medida <i>número de defeitos detectados</i> em uma Inspeção, a qual é uma medida normalizável, é necessário também definir a medida <i>tamanho do produto inspecionado</i>, caso contrário não será possível realizar análises e comparações entre o número de defeitos detectados em inspeções diferentes, que inspecionaram produtos de tamanhos diferentes.</p> <p>R2. Definir a medida normalizada.</p> <p><u>Exemplo:</u> Definição da medida normalizada <i>taxa de detecção de defeitos</i>, dada pela razão entre as medidas <i>número de defeitos detectados</i> e <i>tamanho do produto inspecionado</i>.</p> <p>R3. Assegurar que as normalizações definidas estão conceitualmente corretas, ou seja, que as medidas utilizadas para produzir uma medida normalizada são realmente capazes de descrevê-la.</p> <p><u>Exemplo:</u> Para a medida <i>taxa de detecção de defeitos</i> deve-se avaliar se é correto normalizar o número de defeitos detectados em uma inspeção pelo tamanho do produto inspecionado. Ou seja, se a taxa de detecção de defeitos pode, realmente, ser descrita pela razão entre o número de defeitos detectados em uma inspeção e o tamanho do produto inspecionado.</p> |

| DMS.4 Medidas Correlatas | | |
|------------------------------|---|--|
| Propósito | Orientar a identificação de medidas correlatas às medidas identificadas, necessárias à composição das medidas, à análise dos dados coletados ou à investigação de causas de problemas ou comportamentos indesejados. | |
| Fundamentação Teórica | <p>A definição das medidas correlatas, necessárias ao entendimento do comportamento dos processos, contribui para o alcance dos objetivos estabelecidos, uma vez que apoia a investigação das causas de variação no comportamento dos processos, auxiliando a identificação das ações corretivas adequadas (EICKELMANN e ANANT, 2003; CAIVANO, 2005).</p> <p>Exemplos de medidas correlatas são medidas que apresentam relações de causa e efeito (por exemplo: <i>nível de experiência do programador</i> influencia na <i>produtividade</i>), medidas utilizadas para compor outras (por exemplo: <i>número de casos de uso alterados = número de casos de uso incluídos + número de casos de uso excluídos + número de casos de uso modificados</i>) e medidas relacionadas a um mesmo objetivo do Plano de Medição.</p> | |
| Recomendações | <p>R1. Identificar e definir adequadamente as medidas correlatas às medidas definidas, incluindo as medidas necessárias à sua composição e medidas úteis à análise dos dados coletados e à investigação de causas, como, por exemplo, medidas com relação de causa e efeito.</p> <p><u>Exemplo:</u> Para a medida <i>taxa de detecção de defeitos</i>, podem ser definidas como medidas correlatas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Medidas utilizadas na composição da medida taxa de detecção de defeitos:</u> <i>número de defeitos detectados</i> e <i>tamanho do produto inspecionado</i>. • <u>Medidas que podem apoiar a investigação de causas:</u> <i>tempo de preparação da inspeção</i>, <i>tempo da inspeção</i>, <i>esforço despendido na inspeção</i> e <i>número de pessoas da equipe de inspeção</i>. • <u>Medidas que podem apoiar a análise da taxa de detecção de defeitos:</u> <i>número de defeitos não detectados</i> (é possível que a taxa de detecção de defeitos de duas inspeções distintas sejam aparentemente aderentes ao desempenho esperado para o processo de inspeção considerando-se essa medida. No entanto, ao analisar o número de defeitos não detectados nessas duas inspeções, é possível identificar que, apesar de aparentemente apresentar desempenho satisfatório, em uma das inspeções o número de defeitos não detectados é alto, sendo necessárias investigações e ações corretivas). | |

| DMS.5 Critérios para Agrupamento dos Dados de uma Medida | | |
|--|--|--|
| Propósito | Orientar a identificação de critérios para realização de agrupamento dos dados coletados para uma medida. | |
| Fundamentação Teórica | <p>Os dados coletados para as medidas são agrupados em conjuntos para serem submetidos à análise. O agrupamento dos dados coletados deve ser realizado buscando-se compor grupos de dados que caracterizem populações³. Para isso, é necessário definir os critérios que devem ser considerados para que os dados coletados para uma determinada medida componham grupos adequados para a análise estatística (BALDASSARE <i>et al.</i>, 2006).</p> <p>³ Uma população é o conjunto de todos os elementos ou resultados sob investigação que compartilham uma ou mais características (BUSSAB e MORETTIN, 2006 <i>apud</i> FÁVERO <i>et al.</i>, 2009). Exemplos: o conjunto de pessoas com mais de 60 anos que moram em um determinado bairro e o conjunto de dados coletados para uma medida nos projetos de uma organização desenvolvidos para órgãos públicos.</p> | |
| Recomendações | <p>R1. Definir um conjunto de critérios para agrupar os dados das medidas, de forma que os conjuntos de dados obtidos caracterizem populações. A caracterização estabelecida para os projetos e o mecanismo de similaridade identificado podem ser utilizados no agrupamento dos dados para análise e comparação das medidas.</p> <p>R2. Caso a caracterização dos projetos ou o mecanismo de similaridade sejam muito superficiais e não seja possível ou apropriado alterá-los, definir um conjunto refinado de critérios para determinar o agrupamento dos dados coletados para uma medida específica ou para um grupo de medidas.</p> <p><u>Exemplo:</u> Uma organização pode definir um conjunto de critérios mais rigoroso a ser utilizado apenas na análise das medidas aplicadas no controle estatístico de processos.</p> | |

A7.5 Recomendações para Execução da Medição de Software

Uma vez realizados o planejamento da medição e a definição detalhada das medidas, e estando essas informações devidamente registradas no Plano de Medição e armazenadas na base de medidas, medições podem ser executadas. A execução de medições consiste na coleta e armazenamento de dados para as medidas definidas.

A seguir são apresentadas as recomendações para a realização de medições.

| EMS.1 Realização de Medições Consistentes | |
|---|--|
| Propósito | Orientar a realização da coleta de dados de forma consistente. |
| Fundamentação Teórica | Para que a análise das medidas coletadas seja adequada, é importante que os dados sejam coletados de forma consistente, a fim de que sejam obtidos grupos de dados homogêneos. A homogeneidade dos dados coletados está diretamente relacionada à repetitividade da coleta. Sendo assim, as medições devem ser conduzidas no mesmo momento da execução do processo ao longo dos projetos e seguindo o mesmo procedimento de medição (KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2001; SCHNEIDEWIND, 2007). |
| Recomendações | <p>R1. Executar as medições de acordo com a definição operacional das medidas.</p> <p>R2. Realizar as medições sob as mesmas condições e, quando forem realizadas medições sob condições não usuais, realizar o registro dessas condições.</p> <p><i>Nota:</i> O registro das condições da coleta é tratado no item EMS.3.</p> <p>R3. Realizar a coleta automática das medidas, sempre que possível.</p> |

| EMS.2 Validação dos Dados Coletados para as Medidas | |
|---|---|
| Propósito | Orientar a validação dos dados coletados a fim de garantir que estejam corretos e precisos. |
| Fundamentação Teórica | Dados corretos e precisos embasam análises capazes de gerar conclusões úteis e verdadeiras sobre o comportamento dos processos. No entanto, a coleta e o armazenamento de dados inválidos podem comprometer a confiabilidade das análises. Geralmente, dados inválidos são resultado de definições operacionais fracas ou da ausência de mecanismos de validação dos dados antes de seu armazenamento. Sendo assim, definições operacionais completas e precisas devem ser estabelecidas para as medidas e, antes de serem armazenados, os dados coletados devem ser validados(MESSNARZ e TULLY, 1999; KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2001). |
| Recomendações | <p>R1. Realizar a validação dos dados assim que forem coletados, realizando uma comparação entre o valor medido e a especificação da definição operacional da medida e avaliando a coerência do valor medido em relação à entidade medida, à propriedade medida e ao contexto da medição.</p> <p>R2. Para medidas normalizadas, avaliar se os valores coletados para as medidas utilizadas na normalização são referentes ao mesmo contexto de medição. <u>Exemplo:</u> Ao ser atribuído um valor para a medida <i>tакса де детекції дефектів</i>, dada pela razão entre as medidas <i>номер дефектів, виявлені</i> e <i>розмір продукту, перевірений</i> é preciso avaliar se o número de defeitos detectados e o tamanho do produto inspecionado referem-se à mesma inspeção.</p> <p>R3. Validar e armazenar os dados individuais utilizados na composição e normalização de medidas.</p> |

| EMS.3 Registro do Contexto da Medição | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--------|--------------------------------|----------------|----|--------------------|---|---------------------|--|----------|------------------------|---------|-----|----------------------------|---|----------------------|--|
| Propósito | Orientar sobre as informações que devem ser registradas a fim de caracterizar o contexto no qual a medição foi realizada. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fundamentação Teórica | <p>A análise do comportamento de um processo deve considerar, além dos dados coletados para a medida, o contexto dos projetos e a dinâmica em que os processos foram executados (TARHAN e DEMIRORS, 2006).</p> <p>A caracterização dos projetos é capaz de fornecer as principais informações de contexto das medições realizadas. No entanto, também é necessário registrar as condições em que as medições foram realizadas, pois elas influenciam na análise, agrupamento e comparação dos valores coletados para as medidas (CARD <i>et al.</i>, 2008).</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recomendações | <p>R1. Registrar para cada valor coletado as seguintes informações: momento em que a medição foi realizada (atividade em que a medição foi realizada e data da medição), executor da medição (seu papel no momento da medição também deve ser conhecido), processo no qual a medição foi realizada, projeto no qual a medição foi realizada, características do projeto no qual a medida foi coletada e condições da medição (dados sobre a execução do processo no momento da coleta).</p> <p><u>Exemplo:</u></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Medida</td><td>Número de requisitos alterados</td></tr> <tr> <td>Valor Coletado</td><td>12</td></tr> <tr> <td>Momento de Medição</td><td>Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos (em 14/08/2009)</td></tr> <tr> <td>Executor da Medição</td><td>Maria dos Santos (Analista de Sistemas)</td></tr> <tr> <td>Processo</td><td>Gerência de Requisitos</td></tr> <tr> <td>Projeto</td><td>PD1</td></tr> <tr> <td>Características do Projeto</td><td><<Obtidas a partir dos critérios de caracterização do projeto PD1>></td></tr> <tr> <td>Condições da Medição</td><td>A medida foi coletada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo software em desenvolvimento no projeto, tendo essa alteração levado à modificação de vários requisitos.</td></tr> </tbody> </table> | Medida | Número de requisitos alterados | Valor Coletado | 12 | Momento de Medição | Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos (em 14/08/2009) | Executor da Medição | Maria dos Santos (Analista de Sistemas) | Processo | Gerência de Requisitos | Projeto | PD1 | Características do Projeto | <<Obtidas a partir dos critérios de caracterização do projeto PD1>> | Condições da Medição | A medida foi coletada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo software em desenvolvimento no projeto, tendo essa alteração levado à modificação de vários requisitos. |
| Medida | Número de requisitos alterados | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valor Coletado | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Momento de Medição | Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos (em 14/08/2009) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Executor da Medição | Maria dos Santos (Analista de Sistemas) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Processo | Gerência de Requisitos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Projeto | PD1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Características do Projeto | <<Obtidas a partir dos critérios de caracterização do projeto PD1>> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condições da Medição | A medida foi coletada após alteração na legislação que rege o domínio tratado pelo software em desenvolvimento no projeto, tendo essa alteração levado à modificação de vários requisitos. | | | | | | | | | | | | | | | | |

A7.6 Recomendações para Análise das Medições de Software

A análise dos dados coletados para as medidas fornece os resultados que atendem as necessidades de informação identificadas no Plano de Medição. Esses resultados apoiam a tomada de decisões e a identificação de ações corretivas e de melhoria.

A seguir são apresentadas as recomendações para realização da análise das medições.

| AMS.1 Periodicidade da Análise das Medições | |
|---|--|
| Propósito | Orientar a periodicidade em que a análise dos dados coletados para as medidas deve ser realizada. |
| Fundamentação Teórica | <p>A análise das medidas coletadas deve ser realizada de acordo com o planejamento dos projetos e dos processos organizacionais, onde devem ser estabelecidos os momentos em que a atividade de análise dos dados coletados nas medições deve ser realizada, os quais são determinados de acordo com os objetivos de medição da organização e dos projetos. Geralmente, essa atividade é realizada em pontos e marcos de controle dos projetos, mas também pode ser realizada em momentos intermediários a esses, como por exemplo, em atividades de monitoramento periódico (PARK <i>et al.</i>, 1996).</p> <p>A aplicação do controle estatístico dos processos na análise do desempenho dos processos em um projeto requer que as ações corretivas sejam identificadas e executadas ainda no contexto desse projeto. Para isso, a análise dos dados coletados deve ser a mais frequente possível, sendo, inclusive, algumas vezes, realizada em monitoramentos diários.</p> |
| Recomendações | R1. Determinar a periodicidade da análise dos dados coletados para as medidas de acordo com os objetivos de medição aos quais as medidas estão associadas. <u>Exemplo:</u> Uma organização com o Objetivo de Monitoração e Controle de Projetos “ <i>Diminuir o retrabalho nos projetos</i> ” pode realizar a análise da medida <i>quantidade de retrabalho</i> (por fase) mensalmente, considerando os dados coletados para os projetos com fases concluídas. Assim, mensalmente, a quantidade de retrabalho nas fases dos projetos é analisada e, caso um ou mais projetos apresentem quantidade de retrabalho insatisfatória, é conduzida a investigação de suas possíveis causas. Por outro lado, uma organização com o Objetivo de Análise de Desempenho de Processo “ <i>Conhecer e melhorar o desempenho do processo Gerência de Requisitos</i> ” deve realizar a análise da medida <i>taxa de alteração dos requisitos</i> frequentemente nos projetos (por exemplo, após cada aprovação de alteração de requisitos), para que seja possível identificar um comportamento indesejado do processo em um projeto e realizar as ações corretivas ainda no projeto em questão. |

| AMS.2 Agrupamento de Dados para Análise | |
|---|---|
| Propósito | Orientar sobre critérios que devem ser levados em consideração para a criação dos grupos de dados que serão analisados. |
| Fundamentação Teórica | O controle estatístico dos processos requer que sejam identificados agrupamentos de dados para análise que sejam capazes de descrever o desempenho dos processos. Nesse contexto, ao definir um grupo de dados para análise, é preciso certificar-se de que ele representa uma população (ou uma amostra ⁴ representativa da população) que pode ser descrita e analisada (BALDASSARE <i>et al.</i> , 2006; BOFFOLI, 2006; KITCHENHAM <i>et al.</i> , 2007). Quanto mais restrita for a população (ou a amostra), ou, em outras palavras, quanto maior for o número de características específicas comuns a seus membros, maior é a tendência à homogeneidade. |
| Recomendações | <p>R1. Realizar o agrupamento dos dados de uma medida para análise considerando: os critérios para agrupamento definidos para a medida (item DMS.5), a caracterização dos projetos, o contexto de medição e as condições de medição dos dados coletados para a medida.</p> <p>R2. Refinar o agrupamento dos dados de uma medida considerando dados coletados para suas medidas correlatas.</p> <p><u>Exemplo:</u> Os dados coletados sob as mesmas condições e contexto para a medida <i>densidade de defeitos</i> podem compor um único conjunto de dados para análise. Porém, se forem considerados os dados coletados para uma de suas medidas correlatas (<i>tempo de preparação da inspeção</i>) e supondo-se que estes apresentam uma diferença significativa, sendo possível identificar dois agrupamentos distintos (um com dados que caracterizam pouco tempo de preparação das inspeções e outro com dados que caracterizam muito tempo de preparação das inspeções), torna-se mais adequado subdividir o agrupamento de dados coletados para a medida <i>densidade de defeitos</i> de acordo com o valor do tempo de preparação da inspeção onde a medida foi coletada.</p> |

| AMS.3 Volume de Dados Coletados | |
|---------------------------------|---|
| Propósito | Orientar sobre o volume de dados necessário para a utilização de uma medida no controle estatístico de processos. |
| Fundamentação Teórica | <p>Em relação ao volume de dados, para o controle estatístico de processos, é necessário que haja, pelo menos, vinte valores coletados para a medida a ser analisada inicialmente e para que possa ser estabelecida uma <i>baseline</i> (TARHAN e DEMIRORS, 2006). A redefinição de uma <i>baseline</i>, por sua vez, exige que haja pelo menos 8 novos valores coletados⁵(PARK et al., 1996; DUMKE et al., 2004).</p> <p>No entanto, ao analisar o volume de dados coletados, é necessário também observar o volume de dados perdidos (dados que foram coletados, mas, por motivos relacionados ao gerenciamento de dados, foram perdidos ou dados que não foram coletados).</p> <p>Considerando-se a análise tradicional dos dados coletados para as medidas (para fins de monitoração e controle tradicionais), a ausência de alguns valores pode não afetar significativamente o resultado da análise. Porém, para o controle estatístico de processos, uma vez que aspectos temporais são relevantes, a ausência de alguns dados pode levar à representação de um comportamento completamente diferente do comportamento real de um processo (FLORAC e CARLETON, 1999).</p> |
| | <p>⁵ O estabelecimento de <i>baselines</i> é tratado no item <i>AMS.4</i>.</p> |
| Recomendações | <p>R1. Avaliar o volume de dados coletados para uma medida e investigar se há dados perdidos e qual é o impacto de realizar a análise sem eles.</p> <p>R2. Utilizar mecanismos (automatizados ou não) para verificar se os dados correspondentes às medidas que devem ser coletadas em uma atividade específica estão armazenados quando a atividade é concluída, a fim de diminuir a possibilidade de que dados não sejam coletados.</p> |

| AMS.4 Identificação de <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | | |
|---|--|---|
| Propósito | Orientar o estabelecimento e manutenção de <i>baselines</i> de desempenho de processos. | |
| Fundamentação Teórica | <p>A análise de dados de medidas que descrevem o desempenho de processos e que estão relacionadas a objetivos de medição de Análise de Desempenho de Processos pode levar à identificação de uma <i>baseline</i> de desempenho de processo (BARCELLOS <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>A <i>baseline</i> de desempenho de um processo é chamada de <i>vôz do processo</i> e descreve seu desempenho na organização considerando-se os dados coletados para uma determinada medida durante a execução do processo nos projetos. É estabelecida quando o comportamento de um processo torna-se estável, ou seja, quando todos os valores coletados para a medida em análise encontram-se dentro de limites de controle estatisticamente calculados. Esses limites de controle são, então, identificados como a <i>baseline</i> de desempenho do processo e assim, descrevem seu desempenho (PARK <i>et al.</i>, 1996).</p> <p>A <i>baseline</i> de desempenho de um processo deve ser estabelecida de acordo com o contexto de execução do processo no qual os dados considerados no estabelecimento da <i>baseline</i> foram coletados. Assim, um mesmo processo pode possuir mais de uma <i>baseline</i> de desempenho identificada em relação a uma mesma medida, uma vez que podem (e devem) ser considerados contextos distintos de execução desse processo (CHRISSIS <i>et al.</i>, 2006).</p> | |
| Recomendações | R1. | Estabelecer a <i>baseline</i> de desempenho de um processo de acordo com o contexto de execução do processo no qual os dados considerados na obtenção da <i>baseline</i> foram coletados. |

AMS.4 Identificação de *Baseline* de Desempenho de Processo

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|--------|---------------------------------|----------|-------------------------------|------------------------------------|---|------------------|----------------------|-------------------------|---|
| R2. | <p>Registrar as seguintes informações de contexto para uma <i>baseline</i>: medida considerada, processo ao qual a <i>baseline</i> pertence, limites de controle que caracterizam a <i>baseline</i>, valores medidos que foram utilizados para produzir a <i>baseline</i>, pessoa que realizou o registro da <i>baseline</i>, características dos projetos cujos dados foram considerados para estabelecer a <i>baseline</i> e informações adicionais para detalhar as condições sob as quais a <i>baseline</i> foi estabelecida.</p> <p><u>Exemplo:</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Medida</td><td>Taxa de Alteração de Requisitos</td></tr> <tr> <td>Processo</td><td><i>Gerência de Requisitos</i></td></tr> <tr> <td>Baseline de Desempenho de Processo</td><td><i>Limite Superior = 0,2</i> <i>Limite Inferior = 0,1</i>⁶</td></tr> <tr> <td>Identificada por</td><td><i>João da Silva</i></td></tr> <tr> <td>Informações de contexto</td><td><i>Primeira baseline estabelecida para o processo de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo executado em 6 projetos pequenos (PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 e PD6), cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional.</i></td></tr> </table> <p>⁶ Os limites de controle são calculados estatisticamente considerando-se um conjunto de dados coletados para a medida. Nesse caso, os valores apresentados são fictícios.</p> | Medida | Taxa de Alteração de Requisitos | Processo | <i>Gerência de Requisitos</i> | Baseline de Desempenho de Processo | <i>Limite Superior = 0,2</i> <i>Limite Inferior = 0,1</i> ⁶ | Identificada por | <i>João da Silva</i> | Informações de contexto | <i>Primeira baseline estabelecida para o processo de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo executado em 6 projetos pequenos (PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 e PD6), cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional.</i> |
| Medida | Taxa de Alteração de Requisitos | | | | | | | | | | |
| Processo | <i>Gerência de Requisitos</i> | | | | | | | | | | |
| Baseline de Desempenho de Processo | <i>Limite Superior = 0,2</i> <i>Limite Inferior = 0,1</i> ⁶ | | | | | | | | | | |
| Identificada por | <i>João da Silva</i> | | | | | | | | | | |
| Informações de contexto | <i>Primeira baseline estabelecida para o processo de Gerência de Requisitos, tendo sido o processo executado em 6 projetos pequenos (PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 e PD6), cujas equipes foram compostas pelos mesmos recursos humanos, sob condições usuais tendo sido desconsiderados dois pontos fora dos limites de controle, por caracterizarem situações de ocorrência excepcional.</i> | | | | | | | | | | |
| R3. | <p>Redefinir a <i>baseline</i> de desempenho quando o processo ao qual se refere for alterado ou quando os dados coletados para a medida nos projetos apresentarem uma mudança significativa no comportamento do processo (por exemplo, uma diminuição de sua variação, o que levaria à diminuição dos limites de controle da <i>baseline</i>). A redefinição de uma <i>baseline</i> deve considerar, pelo menos, 8 novos dados coletados para a medida, para que seja caracterizada uma mudança no comportamento do processo.</p> | | | | | | | | | | |

| AMS.5 Determinação da Capacidade de um Processo | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|---------------------------------|----------|------------------------|--|--|--------------------------|--|----------------------|-----|
| Propósito | Orientar a determinação da capacidade de um processo. | | | | | | | | | | |
| Fundamentação Teórica | <p>Uma vez que uma <i>baseline</i> de desempenho de processo seja identificada, a capacidade do processo pode ser analisada. A capacidade descreve os limites de resultados que se espera que o processo alcance para atingir os objetivos para ele estabelecidos. Esses limites são conhecidos como <i>limites de especificação</i> ou <i>voz do cliente</i>.</p> <p>A capacidade de um processo é calculada comparando-se os limites da <i>baseline</i> de desempenho e os limites de especificação do processo. Um processo capaz possui os limites da <i>baseline</i> iguais ou internos aos limites de especificação (FLORAC e CARLETON, 1999).</p> | | | | | | | | | | |
| Recomendações | <p>R1. Estabelecer a capacidade de um processo considerando sua <i>baseline</i> de desempenho e os limites de especificação para ele definidos, em relação a uma medida específica.</p> <p>R2. Registrar as seguintes informações para a capacidade de um processo: o valor da capacidade, o processo para o qual a capacidade foi determinada, a medida considerada, a <i>baseline</i> de desempenho utilizada e os limites de especificação considerados.</p> <p><u>Exemplo:</u></p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Medida</td><td>Taxa de Alteração de Requisitos</td></tr> <tr> <td>Processo</td><td>Gerência de Requisitos</td></tr> <tr> <td>Baseline de Desempenho de Processo Considerada</td><td> $\text{Limite Superior} = 0,2$ $\text{Limite Inferior} = 0,1$ </td></tr> <tr> <td>Limites de Especificação</td><td> $\text{Limite Superior} = 0,2$ $\text{Limite Inferior} = 0,0$ </td></tr> <tr> <td>Índice de Capacidade</td><td>0,5</td></tr> </tbody> </table> <p>Nesse exemplo, a capacidade do processo foi determinada pelo índice de capacidade, dado por $Cp = (LSe - LIn) / (LSe + LIn)$, onde Cp = Índice de Capacidade, LSe = Limite Superior da <i>baseline</i> de Desempenho, LIn = Limite Inferior da <i>baseline</i> de Desempenho, LSe = Limite Superior de Especificação, LIn = Limite Inferior de Especificação. Nesse caso, Cp menor ou igual a 1 indica um processo capaz e Cp maior que 1 indica um processo não capaz.</p> <p>R3. Rever a capacidade de um processo quando houver mudança na <i>baseline</i> de desempenho do processo ou nos limites de especificação estabelecidos.</p> | Medida | Taxa de Alteração de Requisitos | Processo | Gerência de Requisitos | Baseline de Desempenho de Processo Considerada | $\text{Limite Superior} = 0,2$ $\text{Limite Inferior} = 0,1$ | Limites de Especificação | $\text{Limite Superior} = 0,2$ $\text{Limite Inferior} = 0,0$ | Índice de Capacidade | 0,5 |
| Medida | Taxa de Alteração de Requisitos | | | | | | | | | | |
| Processo | Gerência de Requisitos | | | | | | | | | | |
| Baseline de Desempenho de Processo Considerada | $\text{Limite Superior} = 0,2$ $\text{Limite Inferior} = 0,1$ | | | | | | | | | | |
| Limites de Especificação | $\text{Limite Superior} = 0,2$ $\text{Limite Inferior} = 0,0$ | | | | | | | | | | |
| Índice de Capacidade | 0,5 | | | | | | | | | | |

A7.7 Exemplo de Definição de Medida de Software

Para melhor entendimento dos aspectos abordados pelas Recomendações para Definição de Medidas de Software, apresentadas na seção A7.3, a seguir são apresentadas, como exemplo, definições para a medida *taxa de alteração dos requisitos*. No exemplo, considera-se que a medida tenha sido identificada em níveis iniciais de maturidade de uma organização que vislumbrou sua utilização futura no controle estatístico de processos, sendo, assim, requerido que a definição da medida seja capaz de orientar a coleta e o armazenamento de dados que sejam úteis posteriormente.

Conforme discutido nas recomendações, nos níveis iniciais de maturidade, a medida é aplicada no monitoramento e controle tradicionais e, quando a organização iniciar a utilização do controle estatístico de processos, a medida passa a ser aplicada na análise de desempenho de processos. Dessa forma, inicialmente, deve ser estabelecida uma definição operacional para a medida e, quando ela passar a ser aplicada na análise de desempenho, uma nova definição operacional deve ser elaborada.

Na Tabela A7.1 é apresentada a definição da medida, incluindo sua definição operacional inicial. Em seguida, na Tabela A7.2 é apresentada a definição operacional da medida para aplicação na análise de desempenho de processos. As diferenças entre as definições apresentadas aparecem em destaque na Tabela A7.2.

Tabela A7.1 - Definição inicial da medida *taxa de alteração de requisitos*.

| Informação | Exemplo |
|--|--|
| <i>Nome da Medida</i> | Taxa de Alteração de Requisitos |
| <i>Definição</i> | Medida utilizada para quantificar a taxa de alteração de requisitos, tomando-se como base o número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos do Projeto homologada junto ao cliente. |
| <i>Mnemônico</i> | TAR |
| <i>Tipo de Medida</i> | Medida Derivada |
| <i>Entidade</i> | Artefato Especificação de Requisitos do Projeto |
| <i>Propriedade</i> | Estabilidade dos Requisitos |
| <i>Unidade de Medida</i> | - |
| <i>Tipo de Escala</i> | Escala Taxa |
| <i>Valor de Escala</i> | Números reais positivos compreendidos entre 0 e 1, incluindo-se esses valores e utilizando-se precisão de duas casas decimais. |
| <i>Intervalo Esperado dos Dados</i> | [0, 0.3] |
| <i>Fórmula de Cálculo de Medida</i> | Taxa de Alteração de Requisitos = Número de Requisitos Alterados ⁴⁴ / Número Requisitos Homologados |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Calcular a taxa de alteração de requisitos no período. A taxa de alteração de requisitos no período equivale à razão entre o número de requisitos homologados com alteração aprovada no período e o número de requisitos homologados para o projeto. |
| <i>Momento da Medição</i> | Atividade Registrar Dados para Monitoramento do Projeto |
| <i>Periodicidade de Medição</i> | Mensal ⁴⁵ |
| <i>Responsável pela Medição</i> | Gerente do Projeto |
| <i>Procedimento de Análise de Medição</i> | Representar em um histograma os dados coletados para a medida nos projetos da organização. Analisar se há projetos cuja taxa de alteração de requisitos destoa significativamente das demais ou de um valor previamente estabelecido pela organização. Em caso afirmativo, conduzir investigação de causas para que, identificadas as causas, sejam determinadas as ações corretivas necessárias, quando pertinente. |
| <i>Momento da Análise de Medição</i> | Atividade Analisar Dados de Monitoramento dos Projetos |
| <i>Periodicidade de Análise de Medição</i> | Mensal |
| <i>Responsável pela Análise</i> | Gerente de Qualidade |
| <i>Medidas Correlatas</i> | Número de Requisitos Alterados, Número de Requisitos Homologados, Número de Requisitos de Análise Alterados, Número de Requisitos de Projeto Alterados. |
| <i>Aplicação</i> | Monitoramento e Controle Tradicionais. |
| <i>Critérios de Agrupamento</i> | Utilizar critérios da caracterização definidos para os projetos e o mecanismo de identificação de similaridade estabelecido pela organização. |

⁴⁴ No exemplo, assume-se que a medida *número de requisitos alterados* é coletada e armazenada *uma vez em cada ocorrência* da atividade *Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos*, que é uma atividade na qual solicitações de mudança de requisitos são avaliadas e aprovadas ou não. A coleta da medida ocorre quando há aprovação de mudança de requisitos.

⁴⁵ Para atender aos requisitos dos níveis iniciais de maturidade, calcular a taxa de alteração de requisitos com periodicidade mensal é suficiente e, uma vez que os dados necessários à obtenção da taxa de alteração de requisitos com granularidade menor são coletados e registrados em granularidade adequada (através da medida *número de requisitos alterados*), sua utilização futura no controle estatístico dos processos torna-se possível.

Tabela A7.2 - Definição da medida *taxa de alteração de requisitos* para aplicação na Análise de Desempenho dos Processos.

| Informação | Exemplo |
|--|---|
| <i>Nome da Medida</i> | Taxa de Alteração de Requisitos |
| <i>Definição</i> | Medida utilizada para quantificar a taxa de alteração de requisitos, tomando-se como base o número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos do Projeto homologada junto ao cliente. |
| <i>Mnemônico</i> | TAR |
| <i>Tipo de Medida</i> | Medida Derivada |
| <i>Entidade</i> | Especificação de Requisitos do Projeto |
| <i>Propriedade</i> | Estabilidade dos Requisitos |
| <i>Unidade de Medida</i> | - |
| <i>Tipo de Escala</i> | Escala Taxa |
| <i>Valor de Escala</i> | Números reais positivos compreendidos entre 0 e 1, incluindo-se esses valores e utilizando-se precisão de duas casas decimais. |
| <i>Intervalo Esperado dos Dados</i> | [0, 0,3] |
| <i>Fórmula de Cálculo de Medida</i> | Taxa de Alteração de Requisitos = Número de Requisitos Alterados / Número Requisitos Homologados |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Calcular a taxa de alteração de requisitos que equivale à razão entre o número de requisitos homologados com alteração aprovada na ocorrência da atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos e o número de requisitos homologados para o projeto. |
| <i>Momento da Medição</i> | Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos |
| <i>Periodicidade</i> | Uma vez em cada ocorrência da atividade |
| <i>Responsável pela Medição</i> | Gerente do Projeto |
| <i>Procedimento de Análise de Medição</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Representar em um gráfico de controle os valores coletados para a medida nos projetos. • Obter os limites de controle do processo e analisar o comportamento do processo: <ul style="list-style-type: none"> (i) Se os valores coletados para a medida encontrarem-se dentro dos limites de controle, então o desempenho do processo é estável e uma <i>baseline</i> de desempenho de processo pode ser estabelecida. (ii) Se os valores coletados para a medida encontram-se fora dos limites de controle o comportamento do processo é instável. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo, identificar ações corretivas e executá-las. |
| <i>Momento da Análise de Medição</i> | Atividade Analisar Desempenho dos Processos Críticos |
| <i>Periodicidade de Análise de Medição</i> | Uma vez em cada ocorrência da atividade |
| <i>Responsável pela Análise</i> | Gerente de Qualidade |

É importante perceber que uma medida pode, ainda, ter mais de uma definição operacional para um mesmo tipo de objetivo. Por exemplo, a medida *taxa de alteração de requisitos*, para ser aplicada na análise de desempenho de processos, especificamente no contexto da gerência quantitativa dos projetos, poderia possuir uma definição operacional conforme a descrita na Tabela A7.3. Estão em destaque na Tabela A7.3 as informações da definição operacional da medida que diferem da definição operacional apresentada na Tabela A7.2.

Tabela A7.3 - Definição da medida *taxa de alteração de requisitos* com aplicação na Análise de Desempenho de Processos, especificamente no contexto da gerência quantitativa de projetos.

| Informação | Exemplo |
|--|---|
| <i>Nome da Medida</i> | Taxa de Alteração de Requisitos |
| <i>Definição</i> | Medida utilizada para quantificar a taxa de alteração de requisitos, tomando-se como base o número de requisitos registrados na Especificação de Requisitos do Projeto homologada junto ao cliente. |
| <i>Mnemônico</i> | TAR |
| <i>Tipo de Medida</i> | Medida Derivada |
| <i>Entidade</i> | Especificação de Requisitos do Projeto |
| <i>Propriedade</i> | Estabilidade dos Requisitos |
| <i>Unidade de Medida</i> | - |
| <i>Tipo de Escala</i> | Escala Taxa |
| <i>Valor de Escala</i> | Números reais positivos compreendidos entre 0 e 1, incluindo-se esses valores e utilizando-se precisão de duas casas decimais. |
| <i>Intervalo Esperado dos Dados</i> | <<limites estabelecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo>> |
| <i>Fórmula de Cálculo de Medida</i> | Taxa de Alteração de Requisitos = Número de Requisitos Alterados / Número Requisitos Homologados |
| <i>Procedimento de Medição</i> | Calcular a taxa de alteração de requisitos que equivale à razão entre o número de requisitos homologados com alteração aprovada na ocorrência da atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos e o número de requisitos homologados para o projeto. |
| <i>Momento da Medição</i> | Atividade Avaliar Necessidade de Mudança de Requisitos |
| <i>Periodicidade</i> | Uma vez em cada ocorrência da atividade. |
| <i>Responsável pela Medição</i> | Gerente do Projeto |
| <i>Procedimento de Análise de Medição</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Representar em um gráfico de controle os valores medidos para a medida no projeto em análise. • Analisar o desempenho do processo (Gerência de Requisitos) no projeto em relação ao desempenho previsto no âmbito da organização. Para isso, os dados coletados para a medida devem ser representados em um gráfico de controle cujos limites são fornecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo na organização. <ul style="list-style-type: none"> (i) Se os valores coletados para a medida no projeto encontrarem-se dentro dos limites de controle fornecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo, então o desempenho do processo no projeto está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização. (ii) Se há valores coletados para a medida no projeto que encontram-se fora dos limites de controle fornecidos pela <i>baseline</i> de desempenho do processo, então o desempenho do processo no projeto não está de acordo com o desempenho para ele esperado na organização. É necessário investigar as causas da instabilidade no comportamento do processo no projeto e identificar as ações corretivas adequadas. |
| <i>Momento da Análise de Medição</i> | Atividade Analisar Dados de Monitoramento do Projeto |
| <i>Periodicidade de Análise de Medição</i> | Uma vez em cada ocorrência da atividade |
| <i>Responsável pela Análise</i> | Gerente do Projeto |

Anexo 8

Mapeamento entre as Recomendações para Medição de Software, os Requisitos do Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas e os Conceitos da Ontologia de Medição de Software

Neste anexo são apresentados os relacionamentos entre as recomendações do Conjunto de Recomendações para Medição de Software, os requisitos presentes no Instrumento para Avaliação de Medidas e os conceitos da Ontologia de Medição de Software.

A8.1 Recomendações para Preparação para Medição de Software

Tabela A8.1 – Relações entre as Recomendações para Preparação da Medição de Software, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS.

| Recomendação do CRMS | Requisitos do IABM | Conceitos da OMS |
|--|---|---|
| Criação da Base de Medidas | Item: Estrutura da Base de Medidas Requisitos: R1, R5 (R5.1 a R5.5). Item: Dados Coletados Requisitos: R1. | Todos os conceitos presentes na Ontologia de Medição de Software. |
| Caracterização de Projetos | Item: Estrutura da Base de Medidas Requisitos: R2. | Ontologia de Organização de Software: Organização, Unidade Organizacional, Projeto, Recurso Humano. Ontologia de Processo de Software: Ocorrência de Processo de Software, Ocorrência de Atividade, Processo de Software Padrão, Artefato, Recurso. Subontologia de Entidades Mensuráveis: todos os seus conceitos. Subontologia de Medidas de Software: todos os seus conceitos. |
| Identificação da Similaridade entre Projetos | Item: Estrutura da Base de Medidas Requisitos: R3. | Ontologia de Organização de Software: Organização, Unidade Organizacional, Projeto, Recurso Humano. Ontologia de Processo de Software: Ocorrência de Processo de Software, Ocorrência de Atividade, Processo de Software Padrão, Artefato, Recurso. Subontologia de Entidades Mensuráveis: todos os seus conceitos. Subontologia de Medidas de Software: todos os seus conceitos. |

Tabela A8.1 – Relações entre as Recomendações para Preparação da Medição de Software, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS (continuação).

| <i>Recomendação do CRMS</i> | <i>Requisitos do LABM</i> | <i>Conceitos da OMS</i> |
|---------------------------------------|--|---|
| Identificação da Versão dos Processos | Item: Estrutura da Base de Medidas Requisitos: R4. | Ontologia de Processo de Software: Processo de Software Padrão, Ocorrência de Processo de Software. Ontologia de Organização de Software: Projeto. |

A8.2 Recomendações para Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e do Projeto

Tabela A8.2 – Relações entre as Recomendações para Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS.

| <i>Recomendação do CRMS</i> | <i>Requisitos do LABM</i> | <i>Conceitos da OMS</i> |
|---|--|---|
| Identificação de Objetivos de Medição | Item: Plano de Medição Requisitos: R1 (R1.1, R1.2). | Ontologia de Organização de Software: Objetivo. Subontologia de Objetivos de Medição: Objetivo Estratégico, Objetivo de Software, Objetivo de Medição, Objetivo de Monitoração e Controle, Objetivo de Medição de Qualidade, Objetivo de Medição de Desempenho. |
| Identificação de Necessidades de Informação de acordo com os Objetivos de Medição | Item: Plano de Medição Requisitos: R1 (R1.3). | Ontologia de Organização de Software: Objetivo. Subontologia de Objetivos de Medição: Objetivo Estratégico, Objetivo de Software, Objetivo de Medição, Objetivo de Monitoração e Controle, Objetivo de Medição de Qualidade, Objetivo de Medição de Desempenho, Necessidade de Informação. |
| Identificação de Medidas a partir de Necessidades de Informação e de Acordo com sua Aplicação | Item: Plano de Medição Requisitos: R1 (R1.4) Item: Medidas Requisitos: R2 (R2.1, R2.2), R3, R4, R5, R6, R7. | Ontologia de Organização de Software: Objetivo. Subontologia de Objetivos de Medição: todos os seus conceitos. Subontologia de Medidas de Software: Medida. |

A8.3 Recomendações para Definição de Medidas de Software

Tabela A8.3 – Relações entre as Recomendações para Definição de Medidas de Software aos Objetivos Organizacionais e dos Projetos, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS.

| <i>Recomendação do CRMS</i> | <i>Requisitos do LABM</i> | <i>Conceitos da OMS</i> |
|--|--|---|
| Definição Operacional de uma Medida | Item: Medidas Requisitos: R1 (R1.1 a R1.14). | Ontologia de Organização de Software: Organização, Unidade Organizacional, Projeto, Recurso Humano. Ontologia de Processo de Software: Ocorrência de Processo de Software, Ocorrência de Atividade, Processo de Software Padrão, Artefato, Recurso. Subontologia de Entidades Mensuráveis: todos os seus conceitos. Subontologia de Medidas de Software: todos os seus conceitos. Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: todos os seus conceitos. |
| Nível de Granularidade de uma Medida | Item: Medidas Requisitos: R10, R14. | Subontologia Entidades Mensuráveis: Entidade Mensurável. Subontologia de Medidas de Software: Medida. Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: Definição Operacional de Medida, Periodicidade, Momento da Medição. |
| Normalização de uma Medida | Item: Medidas Requisitos: R11, R12. | Subontologia de Medidas de Software: Medida, Medida Base, Medida Derivada, Fórmula de Cálculo de Medida, Medida Base de Cálculo. |
| Medidas Correlatas | Item: Medidas Requisitos: R8, R9. | Subontologia de Medidas de Software: Medida, Medida Base, Medida Derivada, Fórmula de Cálculo de Medida, Medida Base de Cálculo, Medida Correlata, Modelo Preditivo, Modelo Preditivo Geral, Modelo Preditivo Calibrado. |
| Critérios para Agrupamento dos Dados de uma Medida | Item: Medidas Requisitos: R13. | Ontologia de Organização de Software: Organização, Unidade Organizacional, Projeto, Recurso Humano. Ontologia de Processo de Software: Ocorrência de Processo de Software, Ocorrência de Atividade, Processo de Software Padrão, Artefato, Recurso. Subontologia de Entidades Mensuráveis: todos os seus conceitos. Subontologia de Medidas de Software: todos os seus conceitos. |

A8.4 Recomendações para Execução de Medições de Software

Tabela A8.4 – Relações entre as Recomendações para Execução de Medições de Software, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS.

| <i>Recomendação do CRMS</i> | <i>Requisitos do IABM</i> | <i>Conceitos da OMS</i> |
|-------------------------------------|---|--|
| Realização de Medições Consistentes | Item: Dados Coletados Requisitos: R5 (R5.1, R5.2, R5.3). | Subontologia de Entidades Mensuráveis: Tipo de Entidade Mensurável, Entidade Mensurável, Elemento Mensurável. Subontologia de Medidas de Software: todos os seus conceitos. Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: todos os seus conceitos. Subontologia Medição de Software: todos os seus conceitos. |
| Validação dos Dados Coletados | Item: Dados Coletados Requisitos: R4. | Subontologia de Entidades Mensuráveis: Tipo de Entidade Mensurável, Entidade Mensurável, Elemento Mensurável. Subontologia de Medidas de Software: todos os seus conceitos. Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: todos os seus conceitos. Subontologia Medição de Software: todos os seus conceitos. |
| Registro do Contexto da Medição | Item: Estrutura da Base de Medidas Requisitos: R5 (R5.1 a R5.5). Item: Dados Coletados Requisitos: R6 (R6.1 a R6.5). | Ontologia de Organização de Software: Organização, Unidade Organizacional, Projeto, Recurso Humano. Ontologia de Processo de Software: Ocorrência de Processo de Software, Ocorrência de Atividade, Processo de Software Padrão. Subontologia de Entidades Mensuráveis: Tipo de Entidade Mensurável, Entidade Mensurável, Elemento Mensurável. Subontologia de Medidas de Software: Medida. Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: Definição Operacional de Medida. Subontologia Medição de Software: todos os seus conceitos. |

A8.5 Recomendações para Análise de Medições de Software

Tabela A8.5 – Relações entre as Recomendações para Análise de Medições de Software, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS.

| <i>Recomendação do CRMS</i> | <i>Requisitos do LABM</i> | <i>Conceitos da OMS</i> |
|-------------------------------------|---|--|
| Periodicidade da Análise de Medição | Item: Medidas Requisitos: R1 (R1.14). | Subontologia Objetivos de Medição: Objetivo de Medição, Objetivo de Monitoração e Controle, Objetivo de Medição de Qualidade, Objetivo de Medição de Desempenho. Subontologia de Medidas de Software: Medida. Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: Definição Operacional de Medida, Periodicidade de Análise de Medição, Momento da Análise de Medição. |
| Agrupamento de Dados para Análise | Item: Dados Coletados Requisitos: R5 (R5.1 a R5.3). | Ontologia de Organização de Software: Organização, Unidade Organizacional, Projeto, Recurso Humano. Ontologia de Processo de Software: Ocorrência de Processo de Software, Processo de Software Padrão, Ocorrência de Atividade, Artefato, Recurso. Subontologia de Entidades Mensuráveis: todos os seus conceitos. Subontologia de Medidas de Software: todos os seus conceitos. Subontologia de Medição de Software: todos os seus conceitos. |
| Volume de Dados Coletados | Item: Dados Coletados Requisitos: R2, R3. | Subontologia de Medidas de Software: Medida. Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: Definição Operacional de Medida. Subontologia de Medição de Software: todos os seus conceitos. |

Tabela A8.5 – Relações entre as Recomendações para Análise de Medições de Software, os requisitos do IABM e os conceitos da OMS (continuação).

| <i>Recomendação do CRMS</i> | <i>Requisitos do IABM</i> | <i>Conceitos da OMS</i> |
|--|---------------------------|---|
| Identificação de <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo | - | <p>Ontologia de Processo de Software: Processo de Software Padrão.</p> <p>Subontologia de Medidas de Software: Medida.</p> <p>Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: Definição Operacional de Medida.</p> <p>Subontologia de Medição de Software: Resultado da Medição.</p> <p>Subontologia Objetivos de Medição: Objetivo de Medição, Objetivo de Medição de Desempenho.</p> <p>Subontologia de Resultados da Medição: Análise da Medição.</p> <p>Subontologia de Comportamento de Processos: <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo, Contexto da <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo, Limite Inferior da <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo, Limite Superior da <i>Baseline</i> de Desempenho de Processo, Processo de Software Padrão Estável.</p> |
| Determinação da Capacidade de um Processo | - | <p>Ontologia de Processo de Software: Processo de Software Padrão.</p> <p>Subontologia de Medidas de Software: Medida.</p> <p>Subontologia de Definição Operacional de Medidas de Software: Definição Operacional de Medida.</p> <p>Subontologia de Medição de Software: Resultado da Medição.</p> <p>Subontologia de Objetivos de Medição: Objetivo de Medição, Objetivo de Medição de Desempenho.</p> <p>Subontologia de Resultados da Medição: Análise da Medição.</p> <p>Subontologia de Comportamento de Processos: todos os seus conceitos.</p> |