

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/261027495>

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

Conference Paper · April 2014

CITATIONS

0

READS

134

5 authors, including:



Monalessa Perini Barcellos

Universidade Federal do Espírito Santo

68 PUBLICATIONS 250 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ricardo de Almeida Falbo

Universidade Federal do Espírito Santo

172 PUBLICATIONS 1,661 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ana Flávia Campos Leão

2 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Jordana Salamon

Universidade Federal do Espírito Santo

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Standards Harmonization [View project](#)



INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA DE INFORMAÇÕES EM SEGURANÇA PÚBLICA [View project](#)

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

Monalessa Perini Barcellos^{1,2}, Ricardo de Almeida Falbo¹, Ana Regina Rocha²,
Ana Flávia Campos Leão¹, Jordana Sarmenghi Salamon¹

¹ Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias (NEMO), Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Brasil

² COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro, RJ, Brasil

monalessa@inf.ufes.br; falbo@inf.ufes.br; darocha@cos.ufrj.br; anaflaviacl@gmail.com;
jssalamon@inf.ufes.br

Resumo. Alguns modelos que apoiam a implementação de programas de melhoria de processos de software propõem uma abordagem em níveis (por exemplo, o CMMI e o MR MPS-SW). Nos níveis mais elevados é necessário realizar o controle estatístico dos processos (CEP). A literatura tem apontado problemas relacionados à medição como um dos principais obstáculos para a realização bem sucedida do CEP por organizações de software. Considerando essa questão, foi desenvolvido um Conjunto de Recomendações para Medição de Software (CRMS) visando ao CEP. Neste artigo são apresentados alguns aspectos relevantes do desenvolvimento do CRMS, algumas de suas recomendações, os resultados obtidos em uma avaliação inicial realizada por meio de revisão por pares e uma ferramenta desenvolvida para apoiar seu uso.

Palavras chave: Medição de Software, Controle Estatístico de Processos, Alta Maturidade, CMMI, MR MPS-SW.

1 Introdução

Definir um programa de medição adequado e executá-lo apropriadamente provê às organizações de software informações necessárias para prever o desempenho e a capacidade de seus processos, garantir a qualidade de seus produtos e melhorar seus processos contínua e eficientemente. No entanto, comumente, organizações apresentam dificuldades para realizar medição e implementam programas de medição precários ou não alinhados aos seus objetivos de negócio. Como consequência, a melhoria dos processos torna-se deficiente, uma vez que, para realizar um programa de melhoria de processos com sucesso, é fundamental realizar a medição adequadamente [1].

Modelos de apoio à melhoria de processos de software, como, por exemplo, o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) [2] e o MR MPS-SW (Modelo de Referência para a Melhoria do Processo de Software Brasileiro) [3], propõem a melhoria dos processos em níveis. Nesses modelos, a medição de software é requerida desde os níveis iniciais (nível F do MR MPS-SW e 2 do CMMI). Nos níveis mais elevados (níveis B e A do MR MPS-SW e 4 e 5 do CMMI), conhecidos

como alta maturidade, o controle estatístico de processos (CEP) é requerido como uma evolução da medição de software iniciada nos níveis anteriores. À medida que o nível de maturidade dos processos aumenta, novas necessidades de informação são identificadas e a medição deve atendê-las. Dessa forma, o processo de medição e seus resultados orientam a evolução nos níveis de maturidade [4].

O crescente interesse por parte de organizações de software em alcançar a alta maturidade tem motivado a utilização do controle estatístico em processos de software. O CEP foi originalmente proposto para apoiar programas de melhoria de processos na área da manufatura. Apesar de não ser novidade para a indústria em geral, seu uso em organizações de software é considerado recente e há, ainda, dúvidas sobre sua implementação [5]. Relatos da utilização do CEP em organizações de software têm revelado um cenário caracterizado por problemas e situações que afetam o sucesso de sua implementação [6-8]. A definição de medidas e coleta de dados não apropriados ao CEP são alguns dos principais problemas [6, 8, 9], uma vez que retardam o início do controle estatístico propriamente dito até que se obtenham medidas e dados que possam ser utilizados adequadamente nesse contexto.

Uma das razões que levam as organizações a não possuírem medidas e dados apropriados para o CEP quando iniciam a implementação das práticas da alta maturidade é o fato de que, normalmente, ao se implementar as práticas dos níveis iniciais, não há preocupação de que as medidas definidas e os dados coletados sejam úteis nos níveis mais elevados.

Uma maneira de tratar essa questão é realizar medição de software adequada ao CEP desde níveis anteriores à alta maturidade. Assim, quando a organização iniciar as práticas da alta maturidade, dentre elas o CEP, ela possuirá dados e medidas apropriados a esse contexto em sua base de medidas. Entretanto, ainda não há um conjunto bem estabelecido de orientações com esse propósito. Apesar de modelos como o MR MPS-SW e o CMMI dizerem o que se espera que seja realizado nos níveis mais elevados de maturidade, eles não fornecem o caminho sobre como fazer isso desde níveis anteriores. Além disso, embora haja na literatura informações para auxiliar as organizações a realizarem medição, essas informações encontram-se dispersas em muitas fontes distintas.

Considerando as diversas dificuldades envolvidas na implementação do CEP em organizações de software, foi proposta uma estratégia para auxiliar as organizações na preparação e implementação do controle estatístico. Essa estratégia é composta por três componentes [6, 10]: uma Ontologia de Referência para Medição de Software [11-13], que provê o vocabulário e a conceituação para o domínio medição de software, abrangendo aspectos tanto da medição tradicional quanto em alta maturidade; um Instrumento para Avaliação da Adequação de Bases de Medidas para o CEP [14, 15], que apoia a avaliação e adequação de bases de medidas para o CEP; e um Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao CEP, que provê conhecimento para auxiliar as organizações a realizarem medição de software adequada ao CEP desde os níveis iniciais de maturidade.

Neste artigo são abordadas informações sobre o componente Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao CEP (CRMS). Para isso, o artigo está assim organizado: na seção 2 é apresentada uma breve fundamentação teórica sobre medição de software e CEP; na seção 3 é descrito o procedimento adotado para definir o CRMS; a seção 4 aborda o CRMS propriamente dito e são apresentadas algumas das recomendações que o compõem; na seção 5 são

apresentados os resultados da avaliação inicial do CRMS; na seção 6 é sucintamente apresentada uma ferramenta desenvolvida para apoiar o uso do CRMS; e na seção 7 são realizadas as considerações finais do artigo.

2 Medição de Software e Controle Estatístico de Processos

De uma maneira geral, o processo de medição pode ser descrito da seguinte maneira: a medição de software tem início no seu planejamento. Com base nos objetivos de negócio da organização e em suas necessidades de informação devem-se definir quais entidades (processos, artefatos, etc.) serão consideradas na medição, quais de suas propriedades (tamanho, tempo, custo, etc) serão medidas e quais medidas serão utilizadas para quantificar essas propriedades. Para cada medida, devem ser especificados, dentre outros, como a medida será coletada e como os dados serão analisados. Uma vez que a medição tenha sido planejada, ela pode ser executada. Medições são, então, realizadas obtendo-se dados para as medidas definidas. Esses dados devem ser armazenados e analisados, visando prover informações de apoio à tomada de decisões [16].

Dependendo do nível de maturidade da organização, a medição é realizada de diferentes formas. Nos níveis iniciais, ela consiste, basicamente, na coleta de valores praticados nos projetos e comparação deles com os valores planejados. Na alta maturidade, a medição tradicional não é suficiente, sendo necessário realizar o controle estatístico dos processos para conhecer seu comportamento, determinar seu desempenho em execuções anteriores e prever seu desempenho em execuções futuras, verificando se são aptos a alcançarem os objetivos estabelecidos [2, 17].

O CEP utiliza um conjunto de técnicas estatísticas para determinar se um processo está sob controle, sob o ponto de vista estatístico. Um processo sob controle é um processo estável, ou seja, suas variações estão dentro dos limites esperados, calculados a partir de dados históricos. Sendo um processo estável, um processo sob controle estatístico tem comportamento repetível. Dessa forma, é possível prever seu desempenho em execuções futuras e, assim, preparar planos realísticos e melhorar o processo continuamente. Por outro lado, um processo cujo comportamento varia além dos limites esperados é um processo instável e as causas das variações devem ser investigadas e tratadas por meio de ações de melhoria visando à estabilização. Uma vez que os processos sejam estáveis, é possível identificar se são capazes de alcançar os objetivos estabelecidos ou se falham nesse sentido. Para os processos que não são capazes de alcançar os objetivos, devem ser definidas ações para modificá-los, a fim de torná-los capazes. Por outro lado, processos capazes podem ser melhorados continuamente para atender novos objetivos estabelecidos [17].

3 Desenvolvimento do Conjunto de Recomendações para Medição de Software Visando ao CEP

Conforme dito na introdução deste artigo, o CRMS foi definido como um dos componentes de uma estratégia de apoio às organizações de software na preparação e implementação do controle estatístico de processos [6, 10]. Embora tenha sido proposto no contexto da estratégia, o CRMS também pode ser utilizado

isoladamente, ou seja, independente dos demais componentes da estratégia. Esses componentes serviram como fontes de conhecimento para a definição do CRMS e, por essa razão, são brevemente apresentados a seguir, nas seções 3.1 e 3.2. Logo após, na seção 3.3, é apresentado o procedimento adotado para desenvolver o CRMS.

3.1 Ontologia de Referência para Medição de Software

Embora existam diversos modelos, normas e padrões específicos para tratar o processo de medição [18-21], o vocabulário usado para falar sobre esse domínio é diverso. É comum encontrar termos diferentes se referindo a um mesmo conceito, bem como um único termo sendo usado para se referir a diferentes conceitos [11, 22]. Além disso, há aspectos relacionados à medição em alta maturidade que não são abordados satisfatoriamente nas normas e padrões devotados a tratar medição de software [10].

Ontologias de domínio podem ser utilizadas como apoio à comunicação humana, provendo conhecimento acerca do domínio e promovendo seu comum entendimento [23]. Assim, uma ontologia de medição seria útil à homogeneização de termos e representação de conhecimento sobre esse domínio. Apesar de existirem alguns trabalhos que incluem ontologias para o domínio de medição, como, por exemplo, [24] e [25], essas iniciativas apresentam algumas limitações, como, por exemplo, não cobrem aspectos da medição em alta maturidade¹.

A Ontologia de Referência para Medição de Software (ORMS) foi desenvolvida visando estabelecer um vocabulário comum e uma conceituação abrangente para o domínio medição de software, considerando tanto a medição tradicional quanto em alta maturidade. Para estabelecer uma conceituação mais próxima possível do mundo real, a ORMS foi fundamentada em UFO (*Unified Foundational Ontology*) [26]. Discussões sobre os benefícios da utilização de UFO como base para a construção da ORMS estão fora do escopo deste artigo, mas podem ser encontradas em [11-13].

A ORMS é composta por sete subontologias: (i) *Entidades Mensuráveis*, que trata das entidades que podem ser submetidas à medição e de suas propriedades que podem ser medidas; (ii) *Medidas de Software*, que trata da definição de medidas de software; (iii) *Objetivos de Medição*, que aborda o alinhamento da medição de software com os objetivos estratégicos; (iv) *Definição Operacional de Medidas*, que aborda o detalhamento de aspectos relacionados à coleta e análise de medidas; (v) *Medição de Software*, que trata da medição propriamente dita, ou seja, a coleta e o armazenamento dos dados para as medidas; (vi) *Resultados da Medição*, que trata da análise dos dados coletados para as medidas para obtenção das informações de apoio à tomada de decisões; e (vii) *Comportamento de Processos*, que aborda a análise do comportamento de processos.

Na Figura 1 é apresentado um pequeno fragmento da ORMS, o qual inclui conceitos básicos de medição presentes nas subontologias Entidades Mensuráveis (EM), Medidas (M) e Objetivos de Medição (OM). Após a figura, os conceitos apresentados são descritos.

¹ Algumas discussões comparando a ORMS e outras propostas de ontologias de medição podem ser encontradas em [Barcellos *et al.*, 2010a, Barcellos *et al.*, 2013].

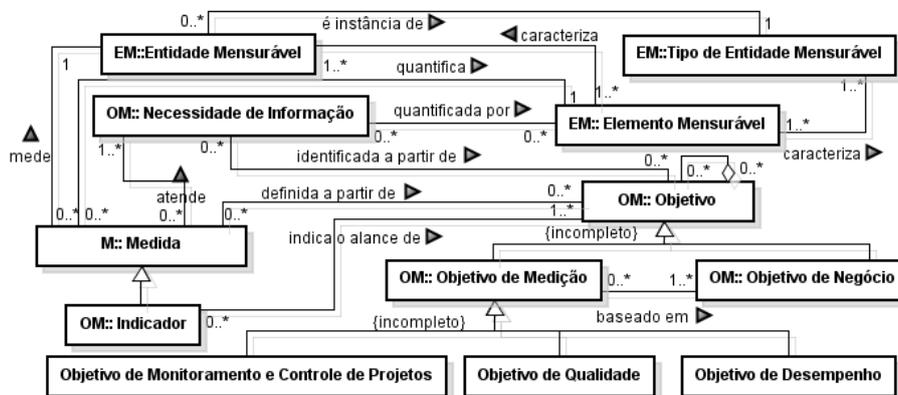


Figura 1. Fragmento da ORMS.

Uma **Entidade Mensurável** é algo que pode ser medido, como, por exemplo, um processo ou um artefato. Entidades mensuráveis são classificadas de acordo com um **Tipo de Entidade Mensurável** (por exemplo, *Processo*). Um tipo de entidade mensurável é caracterizado por **Elementos Mensuráveis** (por exemplo, *tamanho* e *custo*) que, por sua vez, são quantificados por **Medidas** (por exemplo, a medida *número de pontos de função* pode ser usada para quantificar o elemento mensurável *tamanho* em entidades do tipo *Projeto*). Organizações realizam medição para apoiar o alcance a **Objetivos** e/ou atender **Necessidades de Informação**. No contexto da medição de software, objetivos podem ser, dentre outros, **Objetivos de Negócio** (por exemplo, *aumentar o faturamento em 10% nos próximos 12 meses*) ou **Objetivos de Medição** (por exemplo, *diminuir o número de defeitos entregues nos produtos*). 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 Qualidade** (por exemplo, *diminuir o número de defeitos entregues nos produtos*) ou um **Objetivo de Desempenho** (por exemplo, *melhorar o desempenho dos processos críticos*). Necessidades de Informação podem ser identificadas a partir de objetivos e são atendidas por medidas. Por exemplo, a necessidade de informação *conhecer a taxa de defeitos detectados pelo usuário após a entrega do produto* poderia ser identificada a partir do objetivo de medição citado anteriormente e ser atendida pela medida *taxa de defeitos escapados*. Se essa medida for utilizada para indicar o alcance ao objetivo de medição, nesse contexto ela desempenha o papel de **Indicador**.

3.2 Instrumento para Avaliação da Adequação de Bases de Medidas ao CEP

Organizações, tipicamente, encontram problemas para utilizar no CEP medidas e dados coletados nos níveis iniciais de maturidade. O Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas (IABM) tem como objetivo apoiar a avaliação de bases de medidas existentes, a fim de identificar o que não está adequado para o CEP e sugerir ações de adequação, quando possível. O IABM é composto por quatro *checklists* que contêm requisitos utilizados para avaliar o plano de medição, a estrutura da base de medidas, as medidas definidas e os dados coletados. O resultado da avaliação de cada requisito pode ser: totalmente satisfeito (TS), largamente satisfeito (LS), razoavelmente satisfeito (RS), precariamente satisfeito (PS) ou não satisfeito (NS).

De acordo com o resultado da avaliação, ações são sugeridas considerando as inadequações possíveis em relação ao requisito considerado. O IABM foi utilizado para avaliar bases de medidas de três organizações [14, 15, 27]. Um fragmento do *checklist* utilizado para avaliar medidas é apresentado na Tabela 1. Detalhes sobre o IABM podem ser obtidos em [14, 15].

Tabela 1. Fragmento do *checklist* para avaliação de medidas.

Requisitos	Avaliação				
R1. A definição operacional da medida é correta e satisfatória.	TS	LS	RS	PS	NS
1.1 Definição da medida	TS	LS	RS	PS	NS
1.2 Entidade medida	TS	LS	RS	PS	NS
1.3 Propriedade medida	TS	LS	RS	PS	NS
1.4 Unidade de medida	TS	LS	RS	PS	NS
1.5 Tipo de escala	TS	LS	RS	PS	NS
1.6 Valores da escala	TS	LS	RS	PS	NS
1.7 Intervalo esperado para os dados	TS	LS	RS	PS	NS
1.8 Fórmula(s) (se aplicável)	TS	LS	RS	PS	NS
1.9 Descrição precisa do procedimento de medição	TS	LS	RS	PS	NS
1.10 Responsável pela medição	TS	LS	RS	PS	NS
1.11 Momento da medição	TS	LS	RS	PS	NS
1.12 Periodicidade da medição	TS	LS	RS	PS	NS
1.13 Descrição precisa do procedimento de análise (se necessário)	TS	LS	RS	PS	NS
1.14 Responsável pela análise de medição (se necessário)	TS	LS	RS	PS	NS
1.15 Momento da análise de medição (se necessário)	TS	LS	RS	PS	NS
1.16 Periodicidade da análise de medição (se necessário)	TS	LS	RS	PS	NS
R2. A medida está alinhada a objetivos da organização ou dos projetos.	TS	LS	RS	PS	NS
R3. As medidas correlatas à medida estão definidas.	TS	LS	RS	PS	NS
R4. A medida tem nível de granularidade apropriado.	TS	LS	RS	PS	NS
R5. A medida não considera dados agregados.	TS	LS	RS	PS	NS

3.3 Procedimento adotado para a definição do CRMS

O CRMS reúne orientações que visam apoiar a realização do processo de medição de software nas organizações desde os níveis iniciais até os níveis da alta maturidade. Para definir o CRMS foram consideradas diversas fontes de conhecimento: (i) a conceituação provida pela ORMS; (ii) os requisitos presentes no IABM; (iii) normas e modelos de apoio ao processo de medição (PSM [19], ISO/IEC 15939 [20], Std. IEEE 1061 [18]); (iv) modelos de melhoria de processo (MR MPS-SW e CMMI); (v) orientações, práticas e lições aprendidas registradas na literatura ([8, 28, 29], entre outros); (vi) resultados de uma revisão sistemática [6]; e (vii) conhecimento obtido em experiências práticas de utilização do IABM em organizações. O CRMS foi desenvolvido seguindo-se três etapas:

a) *Identificação dos aspectos a serem tratados no CRMS*: Nesta etapa foram identificados os aspectos relacionados à medição que deveriam ser tratados pelo CRMS. Foram identificados dezenove aspectos. Para a identificação dos aspectos, foram utilizados como principais referências os requisitos do IABM e a conceituação da ORMS. Os requisitos do IABM foram analisados a fim de se identificar aspectos que deveriam ser tratados para que os requisitos fossem satisfeitos. Por exemplo, a partir do requisito R4 do *checklist* para avaliação das medidas foi identificado o aspecto Nível de Granularidade da Medida.

Após a identificação dos aspectos a partir dos requisitos do IABM, a ORMS foi utilizada para auxiliar na identificação de aspectos não cobertos pelo IABM. Isso foi necessário, pois os requisitos do IABM não tratam a utilização do CEP propriamente dito, uma vez que a avaliação da base de medidas é realizada antes da implementação do CEP. Dessa forma, a partir da conceituação da ORMS, particularmente da subontologia Comportamento de Processos [13], foram identificados aspectos relacionados à *baseline* de desempenho e capacidade dos processos.

b) Agrupamento dos aspectos: Nesta etapa os aspectos identificados na etapa anterior foram analisados e agrupados. Inicialmente, pensou-se em agrupar os aspectos de acordo com a etapa do processo de medição com a qual estavam relacionados (planejamento, coleta ou análise). No entanto, analisando-se os aspectos identificados, percebeu-se que alguns deles estavam relacionados a um momento anterior ao processo de medição de software propriamente dito. Além disso, também se percebeu que alguns aspectos relacionados ao planejamento da medição poderiam ser divididos em dois grupos. Assim, decidiu-se por agrupar os aspectos em cinco grupos, a saber: Preparação para Medição de Software, Alinhamento da Medição de Software aos Objetivos Organizacionais, Definição de Medidas de Software, Realização de Medições de Software e Análise de Medições de Software.

c) Descrição das Recomendações: Esta etapa consistiu na identificação das recomendações associadas a cada aspecto. Para cada aspecto foi realizada uma investigação nas fontes de conhecimento utilizadas buscando-se identificar e descrever as recomendações. Os modelos e normas de medição auxiliaram fornecendo informações sobre o que se espera que seja feito em cada momento da medição. Os modelos de melhoria de processo auxiliaram, principalmente, fornecendo conhecimento sobre a medição em alta maturidade. A ORMS forneceu o vocabulário utilizado e também contribuiu para a inclusão nas recomendações de conceitos que não apareciam explicitamente em outras fontes e que são úteis à realização da medição adequada ao CEP (por exemplo, os tipos de objetivos de medição, que são importantes para o estabelecimento adequado da definição operacional das medidas). Os resultados de uma revisão sistemática apresentaram problemas e boas práticas, que foram úteis à identificação de recomendações. Os registros da literatura auxiliaram fornecendo a fundamentação teórica para as recomendações e lições aprendidas em aplicações da medição em organizações. Por fim, o conhecimento obtido pelos autores em experiências práticas de utilização do IABM para avaliar bases de medidas de organizações foi útil para complementar as recomendações e incluir exemplos buscando facilitar seu entendimento.

Além das recomendações propriamente ditas, para cada aspecto foi estabelecida uma fundamentação teórica com base nos registros da literatura.

4 Conjunto de Recomendações para Medição de Software Visando ao CEP

O CRMS foi desenvolvido com o objetivo de reunir informações que auxiliem as organizações a realizarem medição de software de forma adequada ao CEP. Se por um lado o IABM, apresentado na seção 3.2, pode ser usado como uma abordagem reativa à realização de medição não adequada ao CEP, por outro, o CRMS é uma

abordagem proativa, que busca evitar a definição de medidas e coleta de dados inadequados, que retardam a implementação das práticas do CEP.

Apesar de o CRMS visar à medição em alta maturidade, há várias recomendações que lidam com a medição realizada nos níveis iniciais. Isso ocorre, pois grande parte dos problemas relacionados ao uso do CEP tem origem nos níveis iniciais. Frequentemente, esses problemas têm menor impacto nos resultados da medição tradicional e, por isso, apenas são percebidos quando as práticas do CEP têm início.

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 CEP. O conjunto de recomendações proposto é um conjunto inicial de recomendações, que poderá ser evoluído na medida em que for utilizado. A Tabela 2 apresenta os grupos e aspectos do CRMS.

Tabela 2. Grupos e Aspectos do CRMS.

Grupos	Aspectos
Preparação para Medição de Software	Criação do Repositório de Medidas Caracterização dos Projetos Identificação de Projetos Similares Identificação das Versões dos Processos
Alinhamento da Medição aos Objetivos da Organização	Identificação de Objetivos de Medição Identificação de Necessidades de Informação de acordo com Objetivos de Medição Identificação de Medidas para atender as Necessidades de Informação
Definição de Medidas de Software	Definição Operacional de Medidas Nível de Granularidade de Medidas Normalização de Medidas Medidas Correlatas
Realização de Medições de Software	Execução de Medições Consistentes Validação de Dados Coletados Registro de Contexto de Medição Volume de Dados Coletados
Análise de Medições de Software	Periodicidade de Análise de Medição Agrupamento de Dados para Análise Identificação de <i>Baseline</i> de Desempenho de Processos Determinação da Capacidade de Processos

Como exemplos de recomendações contidas no CRMS, na Tabela 3 são apresentadas algumas recomendações referentes aos aspectos Identificação das Versões dos Processos e Nível de Granularidade de Medidas. O conteúdo completo do CRMS pode ser encontrado em [10].

Tabela 3. Fragmento do conteúdo do CRMS.

Grupo: Preparação para Medição de Software	Aspecto: Identificação das Versões dos Processos
Propósito: Orientar a identificação das versões dos processos de uma organização.	
Fundamentação Teórica: 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 [30]. Para o CEP, uma alteração é considerada relevante quando é capaz de afetar o desempenho do processo [4]. 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 *template* utilizado no processo, normalmente, não leva à identificação de uma nova versão do processo e sim de uma subversão.

Recomendações:

R1. Identificar quais elementos compõem a definição de um processo na organização.

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.

R3. Garantir que seja possível identificar, para cada projeto, a versão dos processos nele utilizados.

Grupo: Definição de Medidas de Software

Aspecto: Nível de Granularidade de Medidas

Propósito: Orientar sobre o nível de granularidade requerido para uma medida de acordo com sua aplicação.

Fundamentação Teórica: 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. 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 [31]. 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 [32]. 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 número de erros reportados pelo cliente 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.

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.

Exemplo: A medida taxa de defeitos detectados nos projetos, 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:

Medida	<i>Taxa de defeitos detectados nos projetos (razão entre o número de defeitos detectados no projeto e o tamanho total do produto)</i>
Aplicação	<i>Monitoramento e Controle Tradicionais.</i>
Entidade	<i>Projeto.</i>
Periodicidade de Medição	<i>Uma vez por projeto.</i>

Por outro lado, a medida taxa de defeitos detectados, aplicada na análise desempenho do processo de Inspeção, cuja análise inclui a utilização das técnicas do controle estatístico, deve ter baixa granularidade.

Assim:

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.

5 Avaliação do CRMS

A avaliação inicial do CRMS foi realizada por meio de revisão por pares. Para atuarem como revisores foram selecionados os cinco avaliadores MR MPS-SW habilitados a realizarem avaliações dos níveis A e B do modelo, uma vez que eles possuem conhecimento teórico e prático da utilização do CEP em organizações de alta maturidade. Os revisores avaliaram o CRMS e registraram seus comentários em uma planilha como a apresentada na Figura 2.

Revisão por Pares do Conjunto de Recomendações para Medição de Software

Instruções 1. 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. 2. Durante a leitura, identifique pontos do conteúdo do CRMS para os quais você deseja registrar um comentário. 3. 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 marcado em vermelho. 4. Ao concluir sua revisão, envie sua planilha de revisão para monalessa@inf.ufes.br .					
AVALIADOR: _____					
ID	Categoria (TA, TB, E, G)	Item	Detalhes (Parágrafo, Tópico, Tabela)	Comentário com a justificativa	Novo Texto Proposto
1					
2					
...					

Figura 2. Planilha para revisão por pares do CRMS.

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 inclusos os comentários que expressavam dúvidas em relação ao conteúdo do CRMS e que haviam sido originalmente classificados pelos revisores na categoria *Editorial (E)* ou como *Outros*.

No total foram realizados 78 comentários, sendo 14 comentários do tipo Técnico Alto, 25 do tipo Técnico Baixo, 20 do tipo Editorial e 19 do tipo Questionamento. Algumas recomendações receberam comentários de todos os revisores, enquanto outras não receberam nenhum comentário. 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. No geral, foi percebida uma homogeneidade nos comentários registrados pelos revisores, o que facilitou a realização dos ajustes.

Em relação ao conteúdo, muitas 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 descritos no CRMS e a inclusão de algumas particularidades que não estavam explícitas (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. Quatro sugestões de alteração registradas pelos revisores não foram acatadas, pois se referiam a aspectos fora do escopo do CRMS como, por exemplo, análise de causas.

6 RecMed: Ferramenta de Apoio à Utilização do CRMS

O CRMS foi originalmente definido na forma de um documento. Buscando facilitar e motivar sua utilização por parte das organizações, bem como propiciar sua avaliação e evolução, foi desenvolvida a ferramenta RecMed. Através da ferramenta usuários podem consultar as recomendações, fazer comentários após utilizá-las, indicando quão útil foram, e fazer sugestões de melhoria. Após análise, as sugestões de melhoria são incorporadas pelos autores ao CRMS, permitindo sua melhoria constante. Na Figura 3 é apresentada, como exemplo, a tela de RecMed utilizada para fazer um registro de melhoria. No exemplo apresentado na figura, é feito um registro de uso de uma recomendação (em destaque na tela maior) e, em seguida, é registrada uma sugestão de melhoria baseada em na experiência de utilização da recomendação (tela menor).

7 Considerações Finais

Este artigo apresentou informações sobre um Conjunto de Recomendações para Medição de Software Adequada ao CEP (CRMS), definido com o objetivo de apoiar as organizações na preparação e implementação do CEP. O CRMS foi originalmente proposto no contexto de uma estratégia que, além do CRMS, possui outros dois componentes: uma Ontologia de Referência para Medição de Software (ORMS) e um Instrumento de Avaliação da Adequação de Bases de Medidas para o CEP (IABM). Esses dois componentes foram utilizados como base para o desenvolvimento do CRMS que, embora faça parte da estratégia, pode ser utilizado isoladamente. Além da ORMS e do IABM, também foram utilizados como fontes de conhecimento para a elaboração do CRMS modelos e normas que abordam o processo de medição, modelos de melhoria de processos, registros da literatura e resultados de uma revisão sistemática da literatura.

A respeito de trabalhos correlatos ao CRMS, existem diversos que abordam aspectos para apoiar a realização do processo de medição [9, 18-20, 28, 31, 33]. Porém, ainda não há um conjunto consolidado de orientações sobre como realizar a

medição visando ao alcance da alta maturidade. Conforme argumentado, modelos como o MR MPS-SW e o CMMI não fornecem orientações suficientes, uma vez que focam o que deve ser feito e não como deve ser feito. No contexto da medição em alta maturidade, destacam-se as iniciativas de Dumke [4, 29]. No entanto, esses trabalhos tratam mais especificamente da aplicação dos dados no CEP do que da definição das medidas e coleta dos dados adequados para tal.

Em relação à avaliação do CRMS, inicialmente foi realizada uma revisão por pares, a fim de preparar o CRMS para ser disponibilizado para organizações. Após a realização dos ajustes do CRMS considerando os comentários dos revisores, ele foi utilizado por uma organização que estava implementando as práticas no nível 3 do CMMI e buscava realizar medição adequada ao CEP desde então, visando realizar as práticas do nível 4 logo após o alcance do nível 3. Infelizmente, após alcançar o nível 3, a organização cancelou a implementação das práticas da alta maturidade, o que não permitiu concluir a avaliação do uso do CRMS pela organização. Embora a organização tenha cancelado a implementação das práticas do nível 4, foi possível usar o CEP para analisar o comportamento de dois processos críticos, cuja medição foi realizada seguindo recomendações do CRMS [27]. No entanto, esses resultados são preliminares e, uma vez que não foi possível concluir o estudo de caso, pouco se pode concluir sobre o impacto do uso do CRMS na implementação das práticas da alta maturidade.

Atualmente, os autores estão planejando a condução de um estudo de caso com uma empresa que pretende alcançar o nível B do MR MPS-SW no próximo ano. Além disso, a ferramenta RecMed será disponibilizada para acesso pela Internet por parte de organizações, o que auxiliará sua avaliação e melhoria.

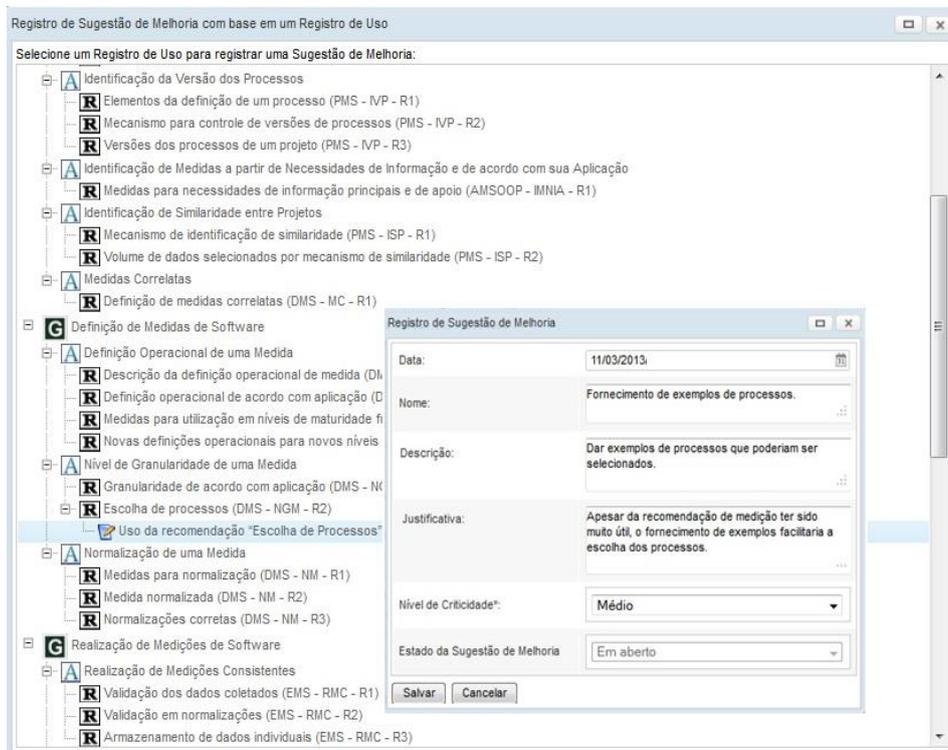


Figura 3. Telas de RecMed.

Referências

1. Wang, Q., Li, M.: Measuring and Improving Software Process in China. In Proceedings of International Symposium on Empirical Software Engineering - ISESE 2005, Hoosa Head, Australia 183-192 (2005)
2. SEI: CMMI for Development Version 1.3. Pittsburgh, USA (2010)
3. SOFTEX: *MPS.BR: Melhoria de Processo do Software Brasileiro - Guia Geral MPS de Software:2012*. Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr> (2012)
4. Dumke, R., Côté, I., Andruschak, O.T.: 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 (2004)
5. Card, D.N., Domzalski, K., Davies, G.: Making Statistics Part of Decision Making in an Engineering Organization. *IEEE Software* 25, 37-47 (2008)
6. Barcellos, M.P., Falbo, R.A., Rocha, A.R.: A Strategy for Preparing Software Organizations for Statistical Process Control. *Journal of the Brazilian Computer Society* In press (2013)
7. Tarhan, A., Demirors, O.: Apply Quantitative Management Now. *IEEE Software* 29 (3) , art. no. 5963630 , pp. 77-85 (2012)
8. Takara, A., Bettin, A.X., Toledo, C.M.T.: Problems and Pitfalls in a CMMI Level 3 to Level 4 Migration Process. 6th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology - QUATIC 2007, pp. 91-99. *IEEE Computer Society* (2007)
9. Kitchenham, B., Jeffery, D.R., Connaughton, C.: Misleading Metrics and Unsound Analyses. *IEEE Software* 24, 73 - 78 (2007)
10. Barcellos, M.P.: Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos em Organizações de Alta Maturidade. vol. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro (2009)
11. Barcellos, M.P., Falbo, R.A., Dalmoro, R.: A Well-Founded Software Measurement Ontology. In: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2010), Toronto - Canadá (2010)
12. Barcellos, M.P., Falbo, R.A., Rocha, A.R.: Establishing a Well-founded Conceptualization about Software Measurement in High Maturity Levels. In: Proceedings of the 7th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology (QUATIC 2010), Oporto - Portugal 467-472 (2010)
13. Barcellos, M.P., Falbo, R.A., Rocha, A.R.: A Well-founded Software Process Behavior Ontology to Support Business Goals Monitoring in High Maturity Software Organizations. In: Proceedings of the IEEE International EDOC Enterprise Computing Conference Workshops, Vitória - ES 253-262. (2010)
14. Barcellos, M.P., R., R.A., Falbo, R.A.: Evaluating the Suitability of a Measurement Repository for Statistical Process Control. In: Proceedings of the 2010 ACM-IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. New York: ACM 1-10 (2010)
15. Barcellos, M.P., Rocha, A.R., Falbo, R.A.: IABM: Instrumento para Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS 2010), Belém - PA 119-133 (2010)
16. Barcellos, M.P., Falbo, R.A., Rocha, A.R.: Using a Reference Domain Ontology for Developing a Software Measurement Strategy for High Maturity Organizations. In: Proceedings of the IEEE International EDOC Enterprise Computing Conference Workshops, Pequim - China 114-123 (2012)

17. Florac, W.A., Carleton, A.D.: Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement. Addison Wesley, Boston, USA (1999)
18. IEEE: Std 1061 – IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology. (1998)
19. McGarry, J., Card, D., Jones, C., Layman, B., Clark, E., Dean, J., Hall, F.: Practical Software Measurement: Objective Information for Decision Makers. Addison Wesley, Boston, USA (2002)
20. ISO/IEC: ISO/IEC 15939 (E) Software Engineering - Software Measurement Process. International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland (2007)
21. ISO/IEC: ISO/IEC 25021:2012 - Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Quality measure elements. International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland (2012)
22. García, F., Bertoa, M.F., Calero, C., Vallecillo, A., Ruiz, F., Piattini, M., Genero, M.: Towards a Consistent Terminology for Software Measurement Information and Software Technology. *Information and Software technology* 48, 631-644 (2006)
23. Guizzardi, G.: On Ontology, Ontologies, Conceptualizations, Modeling Languages and (Meta)Models. In: O. Vasilecas, J. Edler, A. Caplinskas (Org.). *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Databases and Information Systems IV*. IOS Press, Amsterdam (2007)
24. Bertoa, M.F., Vallecillo, A., García, F.: An Ontology for Software Measurement. In: *Proceedings of the Ontologies for Software Engineering and Software Technology*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 175-196 (2006)
25. Martin, M.A., Olsina, L.: 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* (2003)
26. Guizzardi, G.: *Ontological Foundations for Structural Conceptual Models*. Universal Press, The Netherlands (2005)
27. Barcellos, M.P., Santos, G., Rocha, A.R.: Avaliação da Estrutura e do Conteúdo de uma Base de Medidas Visando ao Controle Estatístico de Processos de Software. *Anais do IX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS 2010)*, Belém - PA 311-318 (2010)
28. Kitchenham, B., Kutay, C., Jeffery, R., Connaughton, C.: Lessons Learnet from the Analysis of Large-scale Corporate Databases. In: *Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering – ICSE'06*, Shanghai, China 439-444 (2006)
29. Dumke, R.R., Braugarten, R., Blazey, M., Hegewald, H., Reitz, D., Drichter, K.: *Software Process Measurement and Control - A Measurement-based Point of View of Software Processes*. Technical Report, Dept. of Computer Science, University of Magdeburg, Germany (2006)
30. Tarhan, A., Demirors, O.: Investigating Suitability of Software Process and Metrics for Statistical Process Control. *Lecture Notes in Computer Science* 4257, 88-99 (2006)
31. Kitchenham, B., Hughes, R.T., Linkman, S.G.: Modeling Software Measurement Data. *IEEE Transactions on Software Engineering* 27, 788-804 (2001)
32. Florac, W.A., Carleton, A.D., Barnard, J.R.: Statistical Process Control: Analyzing a Space Shuttle Onboard Software Process. *IEEE Software* 17, 97-106 (2000)
33. Pfleeger, S.L.: Lessons Learned in Building a Corporate Metrics Program. *IEEE Software* 10, 67-74 (1993)