

MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro

Guia de Implementação – Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS

Este guia contém orientações para a
implementação do nível B do
Modelo de Referência MR-MPS.

VIGÊNCIA E TRANSIÇÃO: O Guia Geral:2011 entra em vigor em 30 de junho de 2011. Assim, a partir desta data podem ser realizadas avaliações MPS usando o modelo de referência MR-MPS:2011. Entretanto, fica definido um período de transição, de 30 de junho a 31 de dezembro de 2011, durante o qual podem ser realizadas avaliações MPS usando o modelo de referência MR-MPS:2011 ou a versão anterior MR-MPS:2009. A partir de 1º de janeiro de 2012 só serão válidas avaliações MPS usando o modelo de referência MR-MPS:2011. As implementações a serem feitas utilizando este Guia de Implementação deverão levar em conta estas vigências.

Julho de 2011

Atualizado em Agosto de 2011

Copyright © 2011 - SOFTEX

Direitos desta edição reservados pela Sociedade SOFTEX

A distribuição ilimitada desse documento está sujeita a *copyright*

ISBN 978-85-99334-29-4

Sumário

1	Prefácio	3
2	Introdução	5
3	Objetivo	6
4	Evoluindo do nível C para o nível B	6
5	Gerência de Projetos (GPR) (evolução)	9
5.1	Propósito.....	9
5.2	Fundamentação teórica	9
5.3	Resultados esperados	18
6	Os atributos de processo no nível B.....	24
6.2	Fundamentação teórica	25
6.2	AP 4.1 - O processo é medido.....	31
6.4	AP 4.2 - O processo é controlado.....	37
	Referências bibliográficas.....	41
	Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6:2011	45
	Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6:2009.....	46
	Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6 versão 1.0 – Julho/2007	47

1 Prefácio

O MPS.BR¹ é um programa mobilizador, de longo prazo, criado em dezembro de 2003, coordenado pela Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFTEX), que conta com apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

O objetivo do programa MPS.BR (acrônimo) é a Melhoria de Processo do Software Brasileiro, com duas metas a alcançar a médio e longo prazos:

a) meta técnica, visando à criação e aprimoramento do modelo MPS, com resultados esperados tais como: (i) guias do modelo MPS; (ii) Instituições Implementadoras (II) credenciadas para prestar serviços de consultoria de implementação do modelo de referência MR-MPS; (iii) Instituições Avaliadoras (IA) credenciadas para prestar serviços de avaliação seguindo o método de avaliação MA-MPS; (iv) Consultores de Aquisição (CA) certificados para prestar serviços de consultoria de aquisição de software e serviços relacionados;

b) meta de mercado, visando à disseminação e adoção do modelo MPS, em todas as regiões do país, em um intervalo de tempo justo, a um custo razoável, tanto em PME (foco principal) quanto em grandes organizações públicas e privadas, com resultados esperados tais como: (i) criação e aprimoramento do modelo de negócio MN-MPS; (ii) cursos, provas e workshops; (iii) organizações que implementaram o modelo MPS; (iv) organizações com avaliação MPS publicada (prazo de validade de três anos).

O programa MPS.BR conta com duas estruturas de apoio para o desenvolvimento de suas atividades, o Fórum de Credenciamento e Controle (FCC) e a Equipe Técnica do Modelo (ETM). Por meio destas estruturas, o MPS.BR obtém a participação de representantes de universidades, instituições governamentais, centros de pesquisa e de organizações privadas, os quais contribuem com suas visões complementares que agregam qualidade ao empreendimento.

Cabe ao FCC: (i) emitir parecer que subsidie decisão da SOFTEX sobre o credenciamento de Instituições Implementadoras (II) e Instituições Avaliadoras (IA); (ii) monitorar os resultados das Instituições Implementadoras (II) e Instituições Avaliadoras (IA), emitindo parecer propondo à SOFTEX o seu desc credenciamento no caso de comprometimento da credibilidade do modelo MPS.

Cabe à ETM apoiar a SOFTEX sobre os aspectos técnicos relacionados ao Modelo de Referência (MR-MPS) e Método de Avaliação (MA-MPS), para: (i) criação e aprimoramento contínuo do MR-MPS, MA-MPS e seus guias específicos; (ii) capacitação de pessoas por meio de cursos, provas e workshops.

¹ MPS.BR, MR-MPS, MA-MPS e MN-MPS são marcas da SOFTEX. A sigla MPS.BR está associada ao programa MPS.BR – Melhoria do Processo de Software Brasileiro e a sigla MPS está associada ao modelo MPS – Melhoria do Processo de Software.

A criação e o aprimoramento deste Guia de Implementação são também atribuições da ETM, sendo que este guia faz parte do seguinte conjunto de documentos do modelo MPS:

- Guia Geral: 2009 [SOFTEX, 2011a];
- Guia de Implementação (partes 1 a 11);
- Guia de Avaliação:2009 [SOFTEX, 2011b]; e
- Guia de Aquisição:2009 [SOFTEX, 2011c].

Este Guia de Implementação fornece orientações para implementar nas organizações os níveis de maturidade descritos no Modelo de Referência MR-MPS, detalhando os processos contemplados nos respectivos níveis de maturidade e os resultados esperados com a implementação dos processos.

O Guia de implementação está subdividido em onze partes, contemplando, respectivamente, os seguintes níveis de maturidade:

- Parte 1: Fundamentação para Implementação do Nível G do MR-MPS;
- Parte 2: Fundamentação para Implementação do Nível F do MR-MPS;;
- Parte 3: Fundamentação para Implementação do Nível E do MR-MPS;
- Parte 4: Fundamentação para Implementação do Nível D do MR-MPS;
- Parte 5: Fundamentação para Implementação do Nível C do MR-MPS;
- Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS;
- Parte 7: Fundamentação para Implementação do Nível A do MR-MPS;
- Parte 8: Implementação do MR-MPS:2009 (Níveis G a A) em organizações que adquirem software;
- Parte 9: Implementação do MR-MPS:2009 (Níveis G a A) em organizações do tipo Fábrica de Software;
- Parte 10: Implementação do MR-MPS:2009 (Níveis G a A) em organizações do tipo Fábrica de Teste; e
- Parte 11: Implementação e Avaliação do MR-MPS (Níveis G a A) em conjunto com o CMMI-DEV.

As alterações deste Guia de Implementação em relação à versão 2009 são decorrentes de:

- mudanças realizadas na versão 2009 do Guia Geral;
- correção ortográfica e gramatical;
- adequação das referências bibliográficas;
- inclusão de notas explicativas contidas nas partes 8, 9 e 10 do Guia de Implementação;

- revisão do texto devido à reorganização dos resultados esperados de atributos de processo do nível B do MR-MPS e da evolução do processo Gerência de Projetos neste nível.

Adicionalmente, em agosto de 2011, as seguintes modificações foram realizadas em relação à versão publicada em julho de 2011:

- adequação na redação do resultado esperado GPR25.

2 Introdução

As mudanças que estão ocorrendo nos ambientes de negócios têm motivado as empresas a modificar estruturas organizacionais e processos produtivos, saindo da visão tradicional baseada em áreas funcionais em direção a redes de processos centrados no cliente. A competitividade depende, cada vez mais, do estabelecimento de conexões nestas redes, criando elos essenciais nas cadeias produtivas. Alcançar competitividade pela qualidade, para as empresas de software, implica tanto na melhoria da qualidade dos produtos de software e serviços correlatos, como dos processos de produção e distribuição de software.

Desta forma, assim como para outros setores, qualidade é fator crítico de sucesso para a indústria de software. Para que se tenha um setor de software competitivo, nacional e internacionalmente, é essencial que os empreendedores do setor coloquem a eficiência e a eficácia dos seus processos em foco nas empresas, visando à oferta de produtos de software e serviços correlatos conforme padrões internacionais de qualidade.

Busca-se que o modelo MPS seja adequado ao perfil de empresas com diferentes tamanhos e características, públicas e privadas, embora com especial atenção às micro, pequenas e médias empresas. Também se espera que o modelo MPS seja compatível com os padrões de qualidade aceitos internacionalmente e que tenha como pressuposto o aproveitamento de toda a competência existente nos padrões e modelos de melhoria de processo já disponíveis. Dessa forma, ele tem como base os requisitos de processos definidos nos modelos de melhoria de processo e atende a necessidade de implantar os princípios de engenharia de software de forma adequada ao contexto das empresas, estando em consonância com as principais abordagens internacionais para definição, avaliação e melhoria de processos de software.

O modelo MPS baseia-se nos conceitos de maturidade e capacidade de processo para a avaliação e melhoria da qualidade e produtividade de produtos de software e serviços correlatos. Dentro desse contexto, o modelo MPS possui três componentes: Modelo de Referência (MR-MPS), Método de Avaliação (MA-MPS) e Modelo de Negócio (MN-MPS).

O modelo MPS está descrito por meio de documentos em formato de guias:

- Guia Geral: contém a descrição geral do modelo MPS e detalha o Modelo de Referência (MR-MPS), seus componentes e as definições comuns necessárias para seu entendimento e aplicação.

- Guia de Aquisição: descreve um processo de aquisição de software e serviços correlatos. É descrito de forma a apoiar as instituições que queiram adquirir produtos de software e serviços correlatos.
- Guia de Avaliação: descreve o processo e o método de avaliação MA-MPS, os requisitos para avaliadores líderes, avaliadores adjuntos e Instituições Avaliadoras (IA).
- Guia de Implementação: série de onze documentos que fornecem orientações para implementar nas organizações os níveis de maturidade descritos no Modelo de Referência MR-MPS.

3 Objetivo

O Guia de Implementação fornece orientações para implementar nas organizações os níveis de maturidade descritos no Modelo de Referência MR-MPS, detalhando os processos contemplados nos respectivos níveis de maturidade e os resultados esperados com a implementação dos processos. Este documento corresponde à parte 6 do Guia de Implementação e aborda a implementação do nível de maturidade B.

Este documento é destinado, mas não está limitado, a organizações interessadas em utilizar o MR-MPS para melhoria de seus processos de software e Instituições Implementadoras (II). O conteúdo deste documento é informativo, ou seja, não se espera que uma organização implementando o MR-MPS atenda a todos os itens citados na explicação referente aos resultados esperados. As observações presentes neste documento procuram apenas explicitar elementos importantes na interpretação dos resultados esperados. Durante uma avaliação MPS, só é requerido o atendimento aos resultados esperados definidos no Guia Geral. Os avaliadores MPS devem analisar se a implementação dos processos na organização atende a cada resultado, com abertura a múltiplas formas válidas de implementação.

4 Evoluindo do nível C para o nível B

Ao atingir o nível C, uma organização/unidade organizacional tem definidos e implementados seus processos padrão e usa práticas de engenharia de software em seus projetos.

A partir do nível B, com a implementação dos atributos de processo AP 4.1 e AP 4.2, a organização/unidade organizacional passa a ter uma visão quantitativa do desempenho de seus processos no apoio ao alcance dos objetivos de qualidade e de desempenho dos processos. É importante se ter em conta que, ao se implementar os níveis anteriores, em especial o processo Medição, já se deve preparar o caminho para a implementação do nível B, por meio de uma escolha adequada das medidas, da realização de coletas consistentes e da definição de uma base de medidas capaz de armazenar e fornecer os dados necessários à análise de desempenho dos processos, realizada por meio do controle estatístico de processos. Em [BARCELLOS, 2009] são apresentados requisitos que devem ser atendidos para que uma base de medidas seja considerada adequada ao controle

estatístico de processos e ações que podem ser realizadas para adequar (quando possível) uma base de medidas ao controle estatístico de processos. Também são apresentadas algumas recomendações para medição visando ao controle estatístico de processos e é descrita uma Ontologia de Medição de Software que fornece conhecimento útil para a criação de bases de medidas adequadas ao controle estatístico de processos.

Ainda em relação à implementação dos níveis anteriores, também se deve ter em conta a impossibilidade de realizar mudanças radicais nos processos, a fim de que seja possível utilizar os dados históricos coletados para as medidas na análise da estabilidade dos processos. Com isso, a organização/unidade organizacional passa a ter dados de desempenho, limites de controle e modelos para gerenciar seus projetos de forma quantitativa, o que significa uma nova evolução do processo Gerência de Projetos².

Não há necessidade, nem é conveniente, que sejam estabelecidos limites de controle de desempenho para todos os processos ou medidas, nem mesmo para um processo completo. Isto deve ser feito, apenas, para processos, subprocessos e medidas selecionados pela organização. Esta seleção, entretanto, não pode ser aleatória e, sim, baseada em critérios. Entre os critérios que devem apoiar esta decisão, os principais são: (i) relação do processo/subprocesso com os objetivos de negócio relevantes; (ii) existência de dados; (iii) variabilidade dos dados; (iv) estabilidade do processo/subprocesso; e (v) possibilidade de serem construídos modelos preditivos a partir das informações disponíveis na organização [SEI, 2010].

Desta forma, o primeiro passo ao se iniciar a implementação do nível B do MPS é identificar os objetivos de negócio relevantes da organização, a necessidade de informações para apoiar o alcance destes objetivos e gerar a lista dos processos e/ou subprocessos selecionados para análise de desempenho. A implementação dos resultados de atributo de processo RAP22 a RAP25 é feita uma única vez para todos os processos. Entretanto a lista de processos/subprocessos selecionados deve ser revista periodicamente, incluindo-se novos processos/subprocessos conforme adequado.

Para os processos/subprocessos selecionados para análise de desempenho, todos os demais resultados dos atributos de processo AP 4.1 e AP 4.2 devem ser implementados.

A partir do nível B, a organização/unidade organizacional passa, também, a gerenciar quantitativamente os projetos. Desta forma, o processo Gerência de Projetos passa a ser executado de forma quantitativa. Alguns de seus resultados esperados são modificados para ter este enfoque e novos resultados são acrescentados.

Gerenciar quantitativamente um projeto depende da existência de dados de desempenho, limites de controle e modelos que são disponibilizados pela implementação dos atributos de processo AP 4.1 e AP 4.2. A implementação da

² Uma primeira evolução ocorreu ao se implementar o nível E, quando a gerência de projetos passou a ser baseada no processo definido para o projeto e nos planos integrados.

gerência de projetos com enfoque quantitativo, por sua vez, fornece dados reais de desempenho dos processos nos projetos que alimentam as *baselines* com novos dados. A Figura 1 mostra a relação entre os atributos de processo AP 4.1 e AP 4.2 e o processo Gerência de Projetos conforme o nível B do MPS. BR.

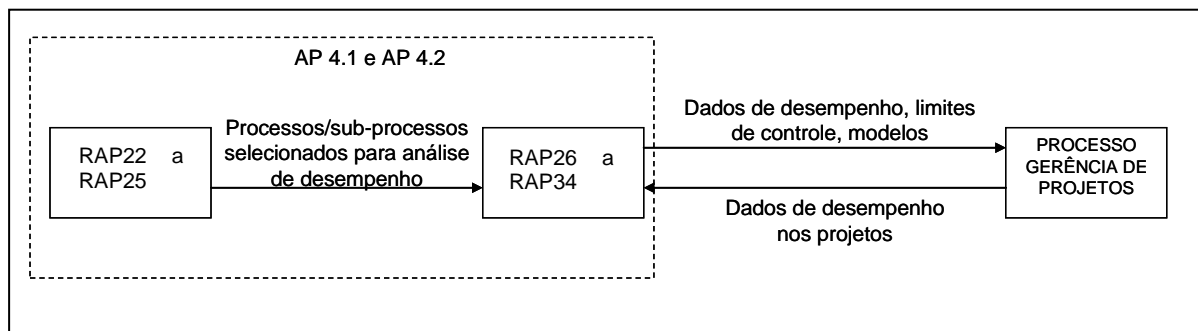


Figura 1 – Relação entre o processo Gerência de Projetos e os atributos de processo AP 4.1 e AP 4.2

Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização

Adquirentes de Software (Parte 8)

O nível B do MR-MPS não tem novos processos. A mudança de nível implica na evolução do processo Gerência de Projetos, na implementação dos resultados de atributos de processo RAP22 a RAP25 e na implementação dos demais atributos de processo de AP 4.1 e AP 4.2 nos processos selecionados.

No caso das organizações adquirentes, os processos a serem selecionados para análise de desempenho são processos que ela executa e não processos executados pelo fornecedor.

Fábrica de Software (Parte 9)

O nível B do MR-MPS não tem novos processos. A mudança de nível implica na evolução do processo Gerência de Projetos, na implementação dos resultados de atributos de processo RAP22 a RAP25 e na implementação dos demais atributos de processo de AP 4.1 e AP 4.2 nos processos selecionados.

Fábrica de Teste (Parte 10)

O nível B do MR-MPS não tem novos processos. A mudança de nível implica na evolução do processo Gerência de Projetos, na implementação dos resultados de atributos de processo RAP22 a RAP25 e na implementação dos demais atributos de processo de AP 4.1 e AP 4.2 nos processos selecionados.

5 Gerência de Projetos (GPR) (evolução)

5.1 Propósito

O propósito do processo Gerência de Projetos é estabelecer e manter planos que definem as atividades, recursos e responsabilidades do projeto, bem como prover informações sobre o andamento do projeto que permitam a realização de correções quando houver desvios significativos no desempenho do projeto. O propósito deste processo evolui à medida que a organização cresce em maturidade. Assim, a partir do nível E, alguns resultados evoluem e outros são incorporados, de forma que a gerência de projetos passe a ser realizada com base no processo definido para o projeto e nos planos integrados. No nível B, a gerência de projetos passa a ter um enfoque quantitativo, refletindo a alta maturidade que se espera da organização. Novamente, alguns resultados evoluem e outros são incorporados.

5.2 Fundamentação teórica

A implementação do nível B do MR-MPS implica em uma mudança na forma como os projetos são gerenciados, passando a envolver técnicas quantitativas e estatísticas para controlar os processos e a qualidade. A seguir é apresentada uma introdução à gerência quantitativa de projetos, bem como uma breve descrição do método QFD (*Quality Function Deployment*), da norma ISO/IEC 9126, de modelos dinâmicos e de simulação. Com isto busca-se fornecer uma fundamentação teórica para a gerência quantitativa de projetos.

5.2.1 Gerência quantitativa de projetos

As organizações buscam, a cada dia, melhorar suas práticas de desenvolvimento e gerenciamento de projetos de software a fim de aumentar sua competitividade por meio da elaboração de produtos em projetos que sejam aderentes, principalmente, a seus objetivos de prazo, custos e qualidade.

Os métodos de gerência tradicional que incluem análises de medidas e a comparação destas, em um determinado ponto do projeto, com os valores que foram planejados para aquele momento, não são suficientes para determinar o desempenho³ de execuções anteriores dos processos ou para prever o desempenho dos processos nos projetos correntes e futuros [FENTON *et al.*, 2004].

A gerência quantitativa do projeto consiste em utilizar técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas para analisar os processos utilizados no projeto e, a partir daí, fornecer subsídios para sua melhoria, incluindo análise de causas de defeitos e outros problemas, aplicação de ações corretivas e preventivas e implantação de

³ Desempenho de processo pode ser definido como uma medida dos resultados atuais que o processo alcançou. Pode ser caracterizado por medidas de processo - como por exemplo esforço, prazo e eficiência da remoção de defeitos - e por medidas de produto, como confiabilidade e densidade de defeitos, por exemplo [SEI, 2010].

melhorias. A gerência quantitativa do projeto é capaz de fornecer, por meio da análise de dados obtidos em medições, uma visão objetiva do projeto e dos processos nele utilizados. Permite, assim a compreensão do *status* e andamento do projeto, suas variações de desempenho e qualidade e o grau de alcance dos objetivos do projeto e da organização. Isso é possível, pois a gerência quantitativa provê meios para estabelecer e manter estável os níveis de variação dos processos, permitindo prever resultados futuros [FLORAC e CARLETON, 1999].

Técnicas estatísticas utilizadas na gerência quantitativa incluem [SEI, 2010] análise, criação ou uso de modelos de desempenho de processo; análise, criação ou uso de *baselines* de desempenho de processo; uso de gráficos de controle (também conhecidos por gráficos de desempenho de processo); análise de variância, análise de regressão; uso de intervalos de confiança ou intervalos de predição, análise sensitiva, simulação e testes de hipóteses. Exemplos de técnicas quantitativas não estatísticas incluem [SEI, 2010] análise de tendência, histogramas, análise de Pareto, gráficos de barra, gráfico de radar. Exemplos de técnicas estatísticas [SEI, 2010] incluem técnicas de amostragem, análise de variância, teste chi-quadrado, gráficos de controle de processo.

Para aplicar a gerência quantitativa, as organizações devem ter alcançado um bom nível de maturidade em seus processos de software [SARGUT e DEMIRORS, 2006]. A efetiva utilização da gerência quantitativa identifica um grau considerável de maturidade organizacional, pois significa que a organização executa o essencial para desenvolver softwares de qualidade e está realizando ações com o objetivo de passar ao patamar de melhoria contínua de seus processos.

Para ser possível gerenciar estatisticamente os projetos, os processos envolvidos precisam ser estáveis (ver AP 4.1 e AP 4.2). Após a fase de estabilização do desempenho dos processos, podem-se utilizar os resultados históricos do seu desempenho (*baseline*) e os modelos de desempenho, para a gerência quantitativa. Antes disso, não é possível caracterizar uma gerência quantitativa efetiva e, sim, um esforço para conhecer e estabilizar os processos [CAMPOS *et al.*, 2007].

A gerência quantitativa não precisa ser aplicada a todo o processo definido para o projeto. Na verdade, deve-se analisar os subprocessos que compõem o processo definido e determinar quais serão gerenciados quantitativamente, podendo ser todos ou alguns. A decisão de quais subprocessos serão submetidos à gerência quantitativa deve estar baseada na seleção dos processos mais relevantes para os objetivos da organização. Processos que consomem recursos significativos ou estão no caminho crítico dos projetos ou, ainda, apresentam relação com a qualidade do produto devem ser priorizados [KULPA e JOHNSON, 2003].

Uma questão que se coloca é sobre o número de processos/subprocessos que precisam ser gerenciados quantitativamente. Uma resposta para esta questão pode ser encontrada em [SEI, 2010] que indica que deve-se selecionar pelo menos um subprocesso relevante por fase do ciclo de vida, um subprocesso relacionado à gerência do projeto e um relacionado aos processos de apoio.

Uma vez que a gerência quantitativa está diretamente relacionada às medições realizadas nos projetos, a medição de software é um de seus principais pilares. O plano de medição deve definir medidas alinhadas aos objetivos organizacionais e,

após a coleta e análise dos dados, os resultados devem ser utilizados para identificar desvios e aplicar as ações necessárias.

Para que as ações corretivas sejam determinadas eficientemente, é essencial que as medidas e previsões sejam confiáveis, ou seja, é preciso que as medições e análises sejam feitas corretamente para garantir que as previsões sobre o alcance dos objetivos de desempenho e de qualidade dos processos sejam factíveis. Outro fator muito importante para a predição do alcance dos objetivos é a capacidade de entender a natureza e extensão das variações detectadas no desempenho dos processos do projeto quando estes não se apresentam adequados para alcançar os objetivos estabelecidos. Para isso, a gerência quantitativa de projeto utiliza técnicas quantitativas que auxiliam no entendimento e predição do desempenho dos processos, bem como na identificação das ações corretivas que devem ser realizadas para resolver possíveis desvios com relação ao alcance dos objetivos.

5.2.2 *Quality Function Deployment (QFD)*

Quality Function Deployment (QFD) foi concebido no Japão no final dos anos 60, como um método de desenvolvimento de novos produtos no contexto da Qualidade Total [AKAO, 1997].

O QFD fornece uma estrutura para o ciclo de desenvolvimento. Essa estrutura pode ser comparada à estrutura de uma casa onde a base é formada pelos requisitos do cliente [BOSSERT, 1991]. Segundo EUREKA e RYAN [1992], o QFD é uma forma sistemática de assegurar que o desenvolvimento de atributos, características e especificações do produto, assim como a seleção e o desenvolvimento de equipamentos, métodos e controles do processo sejam dirigidos para as demandas do cliente ou do mercado. Este método traduz as necessidades dos clientes em requisitos apropriados para a organização, em cada ciclo do desenvolvimento do produto, desde a pesquisa e o desenvolvimento até a engenharia. Dessa forma, o QFD diminui problemas no início da produção, minimiza mudanças no projeto, encurta os ciclos de desenvolvimento, maximiza a produtividade e reduz custos.

A principal característica do QFD é o foco nos requisitos do cliente. O processo é guiado pelo que o cliente quer e não por inovações tecnológicas. Consequentemente, um esforço maior é dedicado ao levantamento das informações necessárias para determinar o que o cliente realmente quer. Esse esforço tende a aumentar o tempo do planejamento inicial do projeto, mas reduz o tempo total do desenvolvimento [BOSSERT, 1991].

O QFD é realizado por meio de uma série de matrizes, que desdobram as necessidades do cliente e os requisitos técnicos com elas relacionados, a partir do planejamento e do projeto do produto. Cada matriz é popularmente chamada de “casa da qualidade” [EUREKA e RYAN, 1992]. O QFD envolve basicamente quatro fases que ocorrem no processo de desenvolvimento do produto. Durante cada fase uma ou mais “casas da qualidade” são preparadas para ajudar o planejamento e comunicar quais processos e informações do projeto são críticos [EUREKA e RYAN, 1992; D'OLIVEIRA, 2003].

A primeira fase do QFD se refere ao planejamento do produto e tem como objetivos principais: (i) definir e priorizar as necessidades dos clientes; (ii) analisar as

oportunidades oferecidas pela concorrência; (iii) planejar o produto para responder às necessidades e oportunidades e (iv) estabelecer os valores das características críticas.

A segunda fase, desdobramento de componentes, refere-se à montagem e características de componentes, onde se desdobram alguns dos requisitos do projeto, identificados na fase anterior, em nível de subsistema e componentes. A “casa da qualidade” resultante desta fase serve de base para todas as atividades preliminares de projeto. Entretanto, nem todos os requisitos de projeto são desdobrados, apenas aqueles que representem risco para o projeto (novos, difíceis, ou extremamente importantes) são desdobrados.

A terceira fase, denominada de planejamento do processo, representa a transição do projeto para as operações de fabricação, onde um diagrama do planejamento do processo é inserido para cada característica crítica de componente (identificado na fase anterior).

A quarta fase, planejamento de produção, preza pelo controle da qualidade e do processo onde as informações geradas são transferidas para a fábrica.

Segundo BOSSERT [1991], além das quatro fases, existem alguns passos que devem ser seguidos para construir a “casa da qualidade” do QFD:

- (i). Definir os requisitos do cliente: definir os objetivos ditados pelo cliente (o quê);
- (ii). Definir a importância dos requisitos do cliente;
- (iii). Definir os requisitos do produto: O objetivo deste passo é estabelecer os requisitos do produto (“como”) que respondem às necessidades dos clientes;
- (iv). Identificar relações entre os requisitos do cliente e os requisitos do produto;
- (v). Identificar correlações entre os requisitos do produto: determinar as correlações entre os requisitos do produto ou características técnicas utilizando símbolos para os relacionamentos fortes, médios, positivos ou negativos. Cada requisito do produto deve ser avaliado em relação a todos os outros. Caso a implementação de um requisito possa prejudicar a implementação de outro, a correlação é considerada uma correlação negativa;
- (vi). Realizar a avaliação competitiva técnica: desenvolver uma comparação com a concorrência sobre os requisitos do produto;
- (vii). Definir a importância dos requisitos do produto: calcular a importância dos requisitos do produto, obtida por meio da multiplicação do peso dos requisitos do cliente pelo fator de relacionamento. Um fator de relacionamento é definido como forte, médio ou fraco e indica o grau de relacionamento entre os requisitos do cliente e os requisitos do produto;
- (viii). Determinar o valor ideal para os requisitos do produto: quantificar os requisitos do produto encontrando seu valor ideal por meio da comparação das características técnicas relacionadas aos requisitos do produto da organização em relação aos seus concorrentes. Logo após, a equipe deve analisar os requisitos do cliente e do produto procurando inconsistências. Essa análise pode mostrar pontos que precisam de melhoria e onde as estratégias de

mercado devem ser melhoradas. É necessário realizar uma avaliação da dificuldade relacionada a cada característica técnica. Geralmente, essa avaliação é feita por meio de uma escala de 1 (baixa) a 5 (alta) o que poderá ajudar a determinar o esforço de desenvolvimento dos requisitos do produto; e

- (ix). Analisar a “Casa da Qualidade”: analisar a “casa da qualidade” e finalizar a estratégia de desenvolvimento do produto. Determinar as áreas que merecem foco e as ações operacionais necessárias. Podem ser tomadas várias decisões analisando a “casa da qualidade”.

O uso do QFD em projetos de software pode trazer benefícios, dentre eles [BOSSERT, 1991; HAAG *et al.*, 1996]:

- Aumento da atenção para as perspectivas dos clientes;
- Uso efetivo das informações competitivas;
- Melhoria na comunicação entre os departamentos e com os usuários;
- Priorização de recursos;
- Fundamentação para justificar as decisões;
- Diminuição de futuras redundâncias no desenvolvimento;
- Quantificação qualitativa dos requisitos do cliente;
- Representatividade dos dados facilitando o uso de medidas;
- Definição mais rápida das características do produto; e
- Capacidade de adaptação a várias metodologias.

5.2.3 A norma Internacional ISO/IEC 9126

A qualidade desejável em um produto de software está relacionada aos requisitos identificados pelo cliente. Ao se desenvolver um produto com a qualidade desejada pelo usuário, é de se esperar que a satisfação do usuário seja obtida. No entanto, identificar os requisitos de qualidade de um produto não é uma tarefa trivial. Para auxiliar nesta tarefa, pode-se descrever a qualidade de um produto por meio de um conjunto de características que devem ser alcançadas em um determinado grau para que o produto atenda às necessidades de seus usuários. Cada uma das características de qualidade pode ser detalhada em vários níveis de subcaracterísticas, chegando-se a um amplo conjunto de atributos que descrevem a qualidade de um produto de software. Nesse contexto, a norma ISO/IEC 9126-1 [ISO/IEC, 2001] foi definida visando consolidar em um modelo as diferentes visões da qualidade. Atualmente, esta norma está sendo revisada sob a identificação ISO/IEC 25010, estando previstas alterações no modelo de qualidade.

A norma internacional ISO/IEC 9126-1 [ISO/IEC, 2001] define um modelo de qualidade que organiza as características e subcaracterísticas de qualidade desejáveis para um produto de software. Ela pode ser usada para especificar e avaliar a qualidade do produto, permitindo validar a completeza da definição dos requisitos, identificar os requisitos de software, identificar os objetivos do projeto de

software, identificar os objetivos do teste de software, identificar os critérios de garantia da qualidade e identificar os critérios de aceitação para um produto de software completo.

Essa norma visa apoiar a avaliação dos produtos de software de forma que o produto avaliado atenda às necessidades específicas em um determinado contexto de uso. O modelo de qualidade definido na norma ISO/IEC 9126-1 [ISO/IEC, 2001] está subdividido em: (i) modelo de qualidade para características internas e externas e (ii) modelo de qualidade para qualidade em uso.

A qualidade interna é a totalidade de características do produto de software vista por uma perspectiva interna (dos desenvolvedores), ou seja, por meio de seus artefatos estáticos. Já a qualidade externa é a totalidade de características observadas por uma perspectiva externa (dos avaliadores ou usuários) e pode ser vista quando o produto é executado. Por fim, a qualidade em uso é a visão de qualidade pela perspectiva de uso (dos usuários) do produto de software. Essa última mede o nível de sucesso na realização de tarefas pelos usuários em um ambiente particular de operação, ao invés de medir o produto de software em si.

O modelo de qualidade para características internas e externas classifica os atributos de qualidade em seis características:

- **Funcionalidade:** refere-se à existência de um conjunto de funções que satisfazem às necessidades implícitas ou explícitas e suas propriedades específicas. Suas subcaracterísticas são: Adequação, Acurácia, Interoperabilidade, Segurança de acesso e Conformidade relacionada à funcionalidade.
- **Confiabilidade:** refere-se à capacidade de o software manter seu nível de desempenho, sob condições estabelecidas, por um período de tempo. Suas subcaracterísticas são: Maturidade, Tolerância a falhas, Recuperabilidade e Conformidade relacionada à confiabilidade.
- **Usabilidade:** refere-se ao esforço necessário para usar um produto de software, bem como o julgamento individual de tal uso por um conjunto explícito ou implícito de usuários. Suas subcaracterísticas são: Inteligibilidade, Apreensibilidade, Operacionalidade, Atratividade e Conformidade relacionada à usabilidade.
- **Eficiência:** refere-se ao relacionamento entre o nível de desempenho do software e a quantidade dos recursos utilizados sob as condições estabelecidas. Suas subcaracterísticas são: Comportamento em relação ao tempo, Utilização de recursos e Conformidade relacionada à eficiência.
- **Manutenibilidade:** refere-se ao esforço necessário para fazer modificações específicas no software. Suas subcaracterísticas são: Analisabilidade, Modificabilidade, Estabilidade, Testabilidade e Conformidade relacionada à manutenibilidade.
- **Portabilidade:** refere-se à capacidade de o software ser transferido de um ambiente para outro. Suas subcaracterísticas são: Adaptabilidade, Capacidade para ser instalado, Co-Existência, Capacidade para substituir e Conformidade relacionada à portabilidade.

A qualidade em uso também pode ser vista como a capacidade do produto de software permitir que determinados usuários alcancem metas específicas como eficácia, efetividade, produtividade, segurança e satisfação em um contexto específico. No modelo de qualidade em uso, os atributos são classificados em quatro características:

- Eficácia: refere-se à capacidade de o produto de software possibilitar aos usuários atingir metas especificadas com acurácia e completeza em um contexto de uso especificado;
- Produtividade: refere-se à capacidade de o produto de software possibilitar aos usuários utilizar uma quantidade adequada de recursos em relação à efetividade alcançada em um contexto de uso especificado;
- Segurança: refere-se à capacidade de o produto de software oferecer níveis aceitáveis de risco de danos a pessoas, negócios, software, propriedades ou ao ambiente em um contexto de uso especificado; e,
- Satisfação: refere-se à capacidade de o produto de software satisfazer aos usuários em um contexto de uso especificado.

Com o objetivo de auxiliar a medição de software durante o desenvolvimento de produtos de software, guiando a definição de medidas para avaliação da qualidade, a norma internacional ISO/IEC 9126-1 [ISO/IEC, 2001] define um conjunto de medidas para avaliação de cada característica de qualidade nela definida. As medidas estão divididas em:

- Medidas internas: podem ser aplicadas a um produto de software não executável, durante estágios de seu desenvolvimento (como um pedido de proposta, especificação de requisitos, especificação de projeto ou código fonte). Medidas internas fornecem aos usuários a capacidade de medir a qualidade de produtos intermediários e, assim, prever a qualidade do produto final. Isso permite ao usuário identificar problemas relativos à qualidade e iniciar ações corretivas o quanto antes no ciclo de desenvolvimento de software. Exemplos de medidas internas definidas nesta norma são a remoção de defeitos e o impacto de mudanças.
- Medidas externas: podem ser usadas para medir a qualidade do produto de software por meio da medição do comportamento do sistema do qual ele faz parte. As medidas externas podem ser usadas apenas durante o estágio de testes no ciclo de vida e durante qualquer estágio operacional. A medição é realizada durante a execução do produto de software no ambiente de sistema no qual ele deve operar. Alguns exemplos de medidas externas definidas nesta norma são adequação funcional e tempo médio entre falhas.
- Medidas de qualidade em uso: medem se um produto satisfaz às necessidades especificadas por usuários no que diz respeito a atingir níveis definidos de eficiência, produtividade, segurança e satisfação em um contexto de uso especificado. Isso só pode ser atingido em um ambiente de sistema real. Frequência de erro e escala de satisfação são exemplos de medidas de qualidade em uso definidas nesta norma.

Para cada medida proposta nos relatórios técnicos ISO/IEC 9126-2 [ISO/IEC, 2003], ISO/IEC 9126-3 [ISO/IEC, 2003], ISO/IEC 9126-4 [ISO/IEC, 2004a] são apresentados o nome e o propósito da medida, o método para sua aplicação, as fórmulas de cálculo da medida e os elementos computacionais usados na composição da medida, a interpretação do valor medido, o tipo de escala da medida, o tipo de medida, os dados de entrada para a medição, as referências à norma ISO/IEC 12207 [ISO/IEC, 2008] e os usuários interessados nos resultados da medida.

5.2.4 Simulação de processos de software e dinâmica de sistemas

Realizar mudanças em processos é uma atividade frequente nas organizações de software que empreendem em melhoria contínua. Espera-se que, para cada nova modificação, os efeitos sejam sempre positivos. Porém, sempre há um conjunto de incertezas associadas que podem implicar em resultados inesperados. Resultados inesperados em projetos de software são extremamente indesejáveis, especialmente para organizações que prezam pela qualidade de seus produtos e satisfação dos seus clientes. Neste cenário, a simulação de processos de software pode ser de grande utilidade.

Simular processos de software consiste na manipulação de modelos formais⁴ capazes de reproduzir artificialmente a execução dos processos. A simulação pode ser utilizada para auxiliar na predição do comportamento do processo e responder questões do tipo "o que acontece se". Em muitos casos o objetivo é apoiar a tomada de decisão, apoiar a redução de riscos e auxiliar a gerência nos níveis operacional, tático e estratégico.

Segundo [KELLNER *et al.*, 1999] o propósito de utilizar simulação pode ser agrupado em seis categorias:

- Gerência estratégica: parâmetros organizacionais podem ser manipulados para simular cenários alternativos e apoiar a tomada de decisão;
- Planejamento: à medida que o plano é elaborado, o gerente do projeto pode utilizar a simulação para observar o comportamento do esforço, custo, prazo, qualidade do produto e outras variáveis de interesse.
- Controle e gerência operacional: Durante a execução de um projeto, o gerente pode verificar o estado atual e manipular parâmetros dos projetos de forma a verificar os potenciais efeitos nos resultados do projeto.
- Melhoria de processo e adoção de tecnologia: A simulação pode apoiar em decisões de optar ou não por uma proposta de melhoria ou atuar na priorização de um conjunto de propostas.
- Entendimento: Por meio da simulação do processo, os gerentes, desenvolvedores, grupo de qualidade e demais interessados, podem entender melhor o fluxo do processo, a sequência e dependência das atividades e demais propriedades do processo.

⁴ Modelo constituído por um conjunto de postulações matemáticas e lógicas com detalhes suficientes para descrever os objetivos e as limitações de um sistema [BARROS, 2001].

- Treinamento e aprendizado: Pessoas podem praticar e aprender sobre gerência de projetos a partir da simulação. O uso da simulação, neste caso, é análogo ao uso de simuladores de voo. No ambiente simulado, os aprendizes podem observar o impacto de ações e decisões mais comuns, como reduzir o tempo para testes, optar por não realizar inspeção e outras.

Para simular um processo de software é preciso: (i) construir um modelo que represente o processo de software de interesse e que contenha um conjunto de parâmetros de entrada e variáveis de resposta e (ii) inserir o modelo em um ambiente de simulação cujo objetivo é facilitar a interação com o modelo por parâmetros de entrada e a observação dos efeitos da interação observados nas variáveis de resposta.

A definição sobre o tipo de modelo a ser desenvolvido para a simulação depende do propósito do modelo e de quais questões se deseja investigar [KELLNER *et al.*, 1999]. A determinação do escopo do modelo é uma decisão que deve ser tomada levando em conta o que se deseja manipular, a amplitude dos potenciais efeitos da manipulação e como os resultados da manipulação devem ou podem ser observados. Em geral, o escopo está restrito a uma parte do ciclo de vida, um projeto de desenvolvimento, evolução de longo prazo de um produto ou questões de longo prazo em uma organização. Estes quatro escopos são fundamentados por duas dimensões: intervalo de tempo e amplitude organizacional (menos de um projeto ou equipe, um projeto ou equipe, múltiplos projetos ou equipes).

São variáveis de resposta típicas: esforço e custo; nível de defeitos, ciclo do tempo (duração, cronograma, intervalo), requisitos de pessoal sobre o tempo, taxa de utilização do pessoal, custo/benefício (ROI), desempenho/produtividade; e *backlogs*. A abstração do processo requer a identificação de todos os seus elementos (atividades, artefatos, ferramentas, técnicas, medidas associadas e o próprio processo) e como eles interagem entre si.

O desenvolvimento e a manutenção de software são caracterizados pela complexidade da interação entre pessoas, processos e tecnologias. Cada um desses elementos inclui fatores que podem exercer inúmeras influências que são refletidas no produto final. Com o propósito de entender sistemas que apresentam este grau de complexidade, no final da década de 50, FORRESTER [1961] introduziu o conceito de Dinâmica de Sistemas. FORRESTER descreveu um caso real na indústria de componentes eletrônicos, onde desenvolveu um modelo experimental e realizou uma análise sensível para identificar quais partes do sistema produtivo eram mais cruciais para determinar seu comportamento. Com base nas observações, ele propôs modificações na política do sistema de produção real e foram obtidas melhorias.

No domínio da engenharia de software, um trabalho que serviu de marco e que explorou com profundidade o conceito de Dinâmica de Sistemas foi o de ABDEL-HAMID e MADNICK [1991]. Os autores construíram um modelo que permite visualizar os potenciais efeitos da manipulação de fatores que influenciam no custo e no esforço necessários para a conclusão de um projeto de desenvolvimento de software. Desde então, inúmeros estudos têm sido conduzidos no domínio da engenharia de software com foco em áreas específicas, dentre eles: gerência de

projetos de software [COOPER e MULLEN, 1993; LIN *et al.*, 1997; HENDERSON e HOWARD, 2000], engenharia de software concorrente [POWELL *et al.*, 1999], engenharia de requisitos de software [CHRISTIE e STALEY, 2000], impacto da melhoria do processo no ciclo de vida [TVEDT e COLLOFELLO, 1995; TVEDT, 1996], efeitos das atividades da melhoria da qualidade do software [ARANDA *et al.*, 1993; CHICHAKLY, 1993; MADACHY, 1994; MADACHY, 1996], gerência de confiabilidade de software [RUS, 1996; RUS e COLLOFELLO, 1999], manutenção de software [CARTWRIGHT e SHEPPERD, 1999], evolução de software [LEHMAN e RAMIL, 1999], *outsourcing* [ROEHLING *et al.*, 2000], treinamento em engenharia de software [MADACHY e TARBET, 2000], dentre outros.

Em todos estes estudos, o conceito de Dinâmica de Sistemas é aplicado à construção de modelos capazes de reproduzir artificialmente a execução dos processos por meio da simulação com a intenção de responder questões do tipo "o que acontece se".

Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização	
Adquirentes de Software (Parte 8)	Não são permitidas exclusões de resultados deste processo.
Fábrica de Software (Parte 9)	Não são permitidas exclusões de resultados deste processo. Como não existem especificidades para organizações do tipo Fábrica de Software, não foram incluídos comentários nos resultados esperados.
Fábrica de Teste (Parte 10)	Não são permitidas exclusões de resultados deste processo. Como não existem especificidades para organizações do tipo Fábrica de Teste, não foram incluídos comentários adicionais aos resultados esperados.

5.3 Resultados esperados

Além de todos os resultados esperados do processo Gerência de Projetos, já implementados nos níveis anteriores⁵, no nível B os resultados esperados GPR22⁶ a GPR28 são incorporados, refletindo a abordagem quantitativa da gerência de projetos neste nível. Estes resultados esperados para o processo Gerência de Projetos estão baseados na área de processo Gerência Quantitativa de Projetos do CMMI-DEV [SEI, 2010].

⁵ Ver descrição detalhada da implementação dos demais resultados esperados nas partes 1 e 3 do Guia de Implementação.

⁶ O resultado esperado GPR22 (A partir do nível E) é substituído no nível B.

5.3.1 GPR22 - (A partir do nível B) Os objetivos de qualidade e de desempenho do processo definido para o projeto são estabelecidos e mantidos

Este resultado esperado tem como objetivo garantir a definição de objetivos mensuráveis de qualidade e de desempenho do processo para cada projeto, de uma forma satisfatória para a organização e os clientes envolvidos.

A identificação dos objetivos de qualidade e de desempenho deve partir dos objetivos de qualidade e de desempenho da organização. Entretanto, é possível que nem todos os objetivos da organização sejam aplicáveis ao projeto ou que seja necessário incluir novos objetivos pelas necessidades específicas do projeto e do cliente. É importante neste momento ser realista estabelecendo objetivos viáveis de serem alcançados. Uma negociação entre os envolvidos pode ser necessária. Sempre que necessário, os objetivos devem ser revistos.

A implementação deste resultado requer, portanto: (i) entendimento das características do projeto; (ii) entendimento das necessidades de qualidade do cliente e priorização destas necessidades; (iii) transformar as necessidades do cliente em requisitos de software e objetivos de qualidade; e (iv) entender o processo e seu desempenho atual por meio da análise de dados históricos. Cuidado especial deve ser tomado para que os objetivos de qualidade sejam realmente derivados das necessidades do cliente, isto é, das necessidades de negócio.

Para identificar as necessidades do cliente e prioridades, uma técnica útil é o QFD (*Quality Function Deployment*). Uma fonte importante de consulta sobre atributos de qualidade é a ISO/IEC 9126. Uma experiência de implementação usando QFD e a ISO/IEC 9126 pode ser encontrada em [ANTONIOL *et al.*, 2004]. Outro exemplo pode ser encontrado em [CAMPOS *et al.*, 2007].

Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização

Adquirentes de Software (Parte 8)

Organizações que adquirem software devem estabelecer os objetivos de qualidade do produto e de desempenho do processo com base nos objetivos da organização e do projeto. Podem, também, estabelecer objetivos para o fornecedor, que neste caso devem estar definidos no acordo [HOFMANN *et al.*, 2007].

Fábrica de Software (Parte 9)

Sem comentário adicional para este resultado.

Fábrica de Teste (Parte 10)

Sem comentário adicional para este resultado.

5.3.2 GPR23 - (A partir do Nível B) O processo definido para o projeto que o possibilita atender seus objetivos de qualidade e de desempenho é composto com base em técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas

Este resultado esperado tem como objetivo garantir que os subprocessos que farão parte do processo definido para o projeto sejam selecionados considerando-se as características do projeto e dados históricos que evidenciem a estabilidade e capacidade dos subprocessos.

Com esse resultado esperado, a definição do processo para o projeto é feita de forma distinta de como é feita do nível E até o nível C do MR-MPS. A partir do nível B, a definição do processo para o projeto envolve identificar alternativas a um ou mais processos e subprocessos, executar análise quantitativa de desempenho e selecionar as alternativas mais capazes de ajudar o projeto a atingir seus objetivos de qualidade e desempenho [SEI, 2010].

A seleção dos subprocessos que farão parte do processo definido para o projeto, os quais devem fazer parte da biblioteca de ativos da organização/unidade organizacional, vai impactar na seleção dos subprocessos que serão gerenciados estatisticamente. Logo, é importante que sejam subprocessos que possam ser gerenciados estatisticamente durante a execução do projeto. Desta forma, é conveniente que GPR22, GPR23 e GPR24 sejam implementados de forma iterativa.

Ao se compor os subprocessos é, ainda, importante analisar a interação destes subprocessos para verificar se eles interagem da forma desejada (ver AP 4.1 e, em especial, o RAP29). Esta análise pode ser feita usando-se modelos dinâmicos e simulação. Outro aspecto que deveria ser avaliado é o risco de não se atingir os objetivos de qualidade e de desempenho definidos, o que pode direcionar a identificação de novas alternativas ou áreas que requeiram maior atenção gerencial [SEI, 2010].

5.3.3 GPR24 - (A partir do nível B) Subprocessos e atributos críticos para avaliar o desempenho e que estão relacionados ao alcance dos objetivos de qualidade e de desempenho do processo do projeto são selecionados

Este resultado esperado tem como objetivo selecionar os subprocessos a serem gerenciados quantitativamente. Esta seleção deve estar baseada nos subprocessos selecionados pela organização (RAP25) e na relevância dos subprocessos para o alcance dos objetivos de qualidade e de desempenho do projeto.

Alguns subprocessos são críticos porque seus desempenhos influenciam ou contribuem significativamente para o alcance dos objetivos do projeto. Estes subprocessos podem ser bons candidatos para a monitoração e controle usando técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas [SEI, 2010] (ver GPR26 e GPR27).

Assim como no contexto organizacional, nem todos os subprocessos são objeto de análise de desempenho, no contexto do projeto, e nem todos os subprocessos que compõem o processo definido para o projeto serão gerenciados quantitativamente.

Após a escolha dos subprocessos, deve-se identificar os atributos do produto e do processo que serão medidos e controlados, isto é, gerenciados quantitativamente. Alguns destes atributos podem servir como importantes indicadores para o desempenho esperado de futuros subprocessos a serem executados e, assim, podem ser utilizados para avaliar o risco de não atingir parte dos objetivos dos projetos (por exemplo, usando modelos de desempenho de processos) [SEI, 2010].

Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização	
Adquirentes de Software (Parte 8)	Caso a organização adquirente deseje utilizar, além de seus próprios dados, dados do fornecedor, isto deve estar definido no acordo.
Fábrica de Software (Parte 9)	Sem comentário adicional para este resultado.
Fábrica de Teste (Parte 10)	Sem comentário adicional para este resultado.

5.3.4 GPR25 - (A partir do nível B) Medidas e técnicas analíticas são selecionadas para serem utilizadas na gerência quantitativa

A partir da seleção realizada no escopo do resultado esperado anterior, é possível identificar medidas que apoiem a gerência quantitativa e, também, selecionar as técnicas estatísticas a serem utilizadas para o entendimento da variação dos subprocessos selecionados e, conseqüentemente, para o uso da gerência do projeto.

Estas medidas incluem aquelas armazenadas na biblioteca de ativos organizacionais e, também, medidas adicionais, caso necessário. Com base nisso, *baselines* e modelos de desempenho e técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas podem ser utilizadas para a gerência do projeto [SEI, 2010]. Essas medidas devem ser associadas aos objetivos de qualidade do projeto e de desempenho do processo, bem como devem estar baseadas nas medidas estabelecidas para a organização (RAP26). No entanto, podem ser acrescentadas novas medidas para atender às necessidades do produto, do processo e do cliente.

5.3.5 GPR26 - (A partir do nível B) O desempenho dos subprocessos escolhidos para gerência quantitativa é monitorado usando técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas

O objetivo deste resultado esperado é usar técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas para analisar a variação no desempenho dos subprocessos e para determinar ações necessárias para atingir os objetivos de desempenho e de

qualidade de cada subprocesso ou ações relacionadas a deficiências na estabilidade ou capacidade do processo.

A capacidade de cada subprocesso selecionado é determinada com relação aos atributos de qualidade e de desempenho estabelecidos para o subprocesso. Estes objetivos são derivados dos objetivos de qualidade e de desempenho estabelecidos para o projeto como um todo.

Dessa forma, a monitoração do desempenho dos subprocessos no projeto inclui monitorar a variação e a estabilidade do subprocesso e avaliar a probabilidade de o processo atingir seus objetivos de qualidade e de desempenho, o que significa comparar a capacidade do subprocesso selecionado de atender aos objetivos de qualidade e de desempenho com relação a cada atributo do subprocesso que foi medido. Esta avaliação só é possível de ser realizada se o subprocesso for estável com relação ao atributo. É conveniente, para facilitar a comunicação dos resultados, que a exibição dos resultados seja feita de forma gráfica.

Além disso, deve-se identificar, quando necessário, as ações corretivas a serem tomadas para resolver as deficiências com relação à execução do processo, buscando-se que o projeto use um processo de maior capacidade que possa satisfazer os objetivos de qualidade do produto e de desempenho do processo. O foco é em ações corretivas relacionadas à execução dos processos. Entretanto, causas especiais de variação dos processos podem revelar oportunidades de melhoria a serem incorporadas futuramente na definição do subprocesso. As ações corretivas podem estar relacionadas à renegociação dos objetivos do projeto, implementação de subprocessos alternativos ou mesmo realizar medições em subprocessos de nível mais baixo para entender melhor os dados de desempenho [SEI, 2010]. Além disso, pode-se executar ações para melhorar a implementação de um subprocesso para reduzir sua variação ou melhorar seu desempenho (ou seja, tratar causas comuns de variação) [SEI, 2010].

Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização

**Adquirentes
de Software
(Parte 8)**

Com esta monitoração o adquirente pode prever a possibilidade de serem atingidos os objetivos do projeto quanto à qualidade e ao desempenho do processo.

**Fábrica de
Software
(Parte 9)**

Sem comentário adicional para este resultado.

**Fábrica de
Teste
(Parte 10)**

Sem comentário adicional para este resultado.

5.3.6 GPR27 - (A partir do nível B) O projeto é gerenciado usando técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas para determinar se seus objetivos de qualidade e de desempenho do processo serão atingidos

Este resultado esperado tem como objetivo garantir a gerência do projeto com o uso de técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas e do uso de múltiplos dados de entrada para prever se os objetivos de qualidade e de desempenho de processo do projeto serão satisfeitos [SEI, 2010]. Isso inclui a revisão periódica e em curtos intervalos de tempo (algumas vezes diária) do desempenho e da capacidade de cada subprocesso selecionado para ser gerenciado quantitativamente para se poder avaliar o progresso em direção ao alcance dos objetivos de qualidade e de desempenho do processo do projeto.

Baseado nesta predição, riscos associados com o não cumprimento dos objetivos de qualidade e de desempenho de processo do projeto são identificados e gerenciados, e ações para tratar as deficiências são definidas conforme necessário [SEI, 2010]. Para atender a este resultado esperado de forma integral, devem ser utilizados modelos que possam antecipar (por meio de estimativas e simulações) quais são as chances de se atingir resultados futuros (por exemplo, prazos, custos, qualidade) com base nos valores atuais. Tem-se, assim, uma gerência proativa.

Entradas chave para esta análise incluem dados da estabilidade e capacidade de cada subprocesso (ver GPR26), assim como dados de desempenho relacionados à monitoração de outros subprocessos, riscos e progresso de fornecedores [SEI, 2010]. Exemplos de ações que podem ser tomadas para tratar deficiências no alcance dos objetivos do projeto incluem [SEI, 2010]:

- alteração dos objetivos de qualidade e de desempenho de forma que eles estejam dentro da faixa esperada do processo definido para o projeto;
- melhoria na implementação do processo definido para o projeto;
- adoção de novos subprocessos e tecnologias com potencial para satisfazer os objetivos e gerenciar os riscos associados;
- identificação de risco e estratégias de mitigação de risco para as deficiências;
- cancelamento do projeto.

Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização

Adquirentes de Software (Parte 8)

Os subprocessos selecionados são monitorados quanto ao desempenho, incluindo os que têm interação com o fornecedor. Os produtos de trabalho entregues pelo fornecedor, também, são monitorados com relação aos objetivos de qualidade e desempenho [HOFMANN et al., 2007].

Fábrica de Software (Parte 9)

Sem comentário adicional para este resultado.

5.3.7 GPR28 - (A partir do nível B) Questões que afetam os objetivos de qualidade e de desempenho do processo do projeto são alvo de análise de causa raiz

O objetivo deste resultado esperado é executar análise de causa em questões relacionadas a deficiências na estabilidade e capacidade de subprocessos e deficiências no desempenho do projeto em relação a seus objetivos. Análise de causas raiz das questões selecionadas traz melhores benefícios se executadas logo após o problema ser inicialmente identificado, enquanto o evento é recente o suficiente para ser investigado cuidadosamente [SEI, 2010]. A formalidade e o esforço requerido para uma análise de causa raiz pode variar enormemente [SEI, 2010]. Mais detalhes sobre Análise de Causa e Resolução podem ser vistos na Parte 7 do Guia de Implementação.

6 Os atributos de processo no nível B

De acordo com o Guia Geral do MR-MPS, “a capacidade do processo é representada por um conjunto de atributos de processo descrito em termos de resultados esperados. A capacidade do processo expressa o grau de refinamento e institucionalização com que o processo é executado na organização/unidade organizacional. No MR-MPS, à medida que a organização/unidade organizacional evolui nos níveis de maturidade, um maior nível de capacidade para desempenhar o processo deve ser atingido” [SOFTEX, 2011a].

Os atributos de processo no nível B visam garantir que os processos operam dentro de limites definidos. Entretanto, nem todos os processos/subprocessos necessitam ser objeto de análise de desempenho. A escolha é feita a partir da identificação dos objetivos de negócio da organização e da importância dos processos/subprocessos para o alcance destes objetivos (ver RAP22 a RAP25).

Como os atributos de processo são cumulativos, para atingir o nível B, além dos atributos de processo AP 1.1, AP 2.1, AP 2.2, AP 3.1 e AP 3.2, uma unidade organizacional deve implementar os resultados esperados de atributos de processo RAP26 a RAP34 para todos os processos e/ou subprocessos selecionados para análise de desempenho. A implementação dos resultados RAP22 a RAP25 é obrigatória para todos os processos do MPS.

Atenção especial deve ser dada à ordem dos resultados esperados deste atributo de processo. O objetivo dos resultados esperados de atributos de processo do RAP22 ao RAP25 é identificar os processos/subprocessos para os quais *faz sentido* serem gerenciados quantitativamente e não simplesmente aqueles que se *desejaria* gerenciar quantitativamente. Estes resultados esperados são executados, em geral, em conjunto, de forma organizacional, para que a escolha dos

processos/subprocessos possa ser feita. Dessa forma, a princípio, e em teoria, todos os processos do MR-MPS poderiam ser candidatos à gerência quantitativa, porém isso faz sentido para apenas um subconjunto destes processos. Assim, os resultados a partir do RAP26 são implementados apenas para aqueles processos do MR-MPS para os quais faz sentido a gerência quantitativa (conforme demonstrado pela execução do RAP25).

Em uma avaliação segundo o MA-MPS [SOFTEX, 2011b] é exigido, para se considerar um processo “SATISFEITO” com relação ao nível B, que estes novos atributos de processo (AP 4.1 e AP 4.2) sejam caracterizados como T (Totalmente implementado) ou L (Largamente implementado). Todos os demais atributos de processo (AP 1.1 a AP 3.2) devem ser caracterizados com T (Totalmente implementado).

A seguir os atributos de processo AP 4.1 e AP 4.2 são descritos com detalhes, precedidos de uma breve fundamentação teórica.

Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização	
Adquirentes de Software (Parte 8)	<p>Não há nenhuma alteração nos resultados esperados para os atributos de processo pelo fato de tratar-se de uma organização que adquire software. Todavia, estes resultados deverão ser interpretados no contexto dos processos definidos para esta situação.</p> <p>Não são permitidas exclusões de resultados de atributos de processo.</p>
Fábrica de Software (Parte 9)	<p>Não há nenhuma alteração nos resultados esperados para os atributos de processo pelo fato de tratar-se de uma organização do tipo Fábrica de Software. Todavia, estes resultados deverão ser interpretados no contexto dos processos definidos para a Fábrica de Software.</p> <p>Não são permitidas exclusões de resultados de atributos de processo.</p>
Fábrica de Teste (Parte 10)	<p>Não há nenhuma alteração nos resultados esperados para os atributos de processo pelo fato de tratar-se de uma organização do tipo Fábrica de Teste. Todavia, estes resultados deverão ser interpretados no contexto dos processos definidos para a Fábrica de Teste.</p> <p>Não são permitidas exclusões de resultados de atributos de processo.</p>

6.2 Fundamentação teórica

6.1.1 Análise de desempenho de processos

A análise de desempenho de processos de software tem como objetivo estabelecer e manter um entendimento quantitativo da eficiência dos processos organizacionais, estabelecendo *baselines* e modelos de desempenho, necessários para o gerenciamento quantitativo dos projetos [SEI, 2010].

As medidas comuns da organização são compostas por medidas de produto e de processo que podem ser utilizadas para sumarizar o desempenho atual dos processos nos projetos da organização. Os dados organizacionais para essas medidas são analisados para estabelecer uma distribuição e limites de resultados que caracterizam o desempenho esperado para o processo quando este é utilizado em um projeto específico da organização.

O desempenho esperado para o processo pode ser utilizado para estabelecer os objetivos de qualidade e de desempenho e também, inicialmente, como uma *baseline* com a qual o desempenho dos projetos atuais pode ser comparado. Esta informação será utilizada para gerenciar quantitativamente os projetos. Cada projeto gerenciado quantitativamente fornecerá resultados atuais sobre o desempenho dos processos que se tornarão parte dos dados da *baseline* dos processos organizacionais.

Para que seja possível estabelecer *baselines* e modelos de desempenho, os dados coletados nos projetos da organização são representados utilizando-se ferramentas analíticas que ilustram, de maneira clara e objetiva, o comportamento dos processos nos projetos da organização. Nesse momento, as variações de comportamento dos processos são percebidas e precisam ser entendidas.

Quando uma variação é detectada, é preciso analisar sua causa. As causas podem ser de dois tipos: causas comuns e causas especiais [FLORAC e CARLETON, 1999].

As causas comuns provocam desvios dentro de um limite aceitável para o comportamento do processo. São variações que pertencem ao processo, ou seja, é o resultado de interações normais dos componentes do processo: pessoas, máquinas, ambientes e métodos. As causas especiais provocam desvios que excedem os limites estabelecidos para a variação do comportamento do processo. São eventos que não fazem parte do curso normal do processo e provocam mudança no padrão de variação. A remoção das causas especiais leva a ajustes no processo. As causas especiais são também chamadas de atribuíveis, pois podem ser identificadas, analisadas e utilizadas como diretrizes para prevenção de ocorrências futuras.

Do ponto de vista do controle estatístico, o primeiro passo para melhorar as saídas de um processo é a identificação das causas especiais ou atribuíveis. À medida que as causas especiais são identificadas e tratadas, a variabilidade do processo vai reduzindo até o processo ficar sob controle estatístico [WHEELER e CHAMBERS, 1992].

A análise de desempenho utiliza dados de projetos da organização para auxiliar a predição da qualidade dos produtos e do desempenho dos processos e identificar as ações corretivas que devem ser realizadas para tratar as causas especiais. A gerência quantitativa dos projetos, por sua vez, utiliza os modelos de desempenho e as *baselines* estabelecidas para os processos como referência para analisar, por meio de técnicas da gerência estatística, o desempenho dos processos em cada projeto específico.

Há uma relação direta entre a análise de desempenho de processos, gerência quantitativa de projetos e gerência estatística, porém, é importante perceber que, no âmbito dos processos, há diferença entre os termos “*estar sob controle quantitativo*” e “*estar sob controle estatístico*”. Um processo está sob controle estatístico quando são utilizadas técnicas estatísticas para analisar seu comportamento, identificar as causas de suas variações e seu desempenho está contido dentro de limites bem definidos, calculados com base em dados históricos e modelos estatísticos. Ou seja, um processo está sob controle estatístico quando suas variações são aceitáveis e encontram-se dentro de um limite estabelecido para ele, isto é, não há causas atribuíveis. Um processo sob controle estatístico é um processo estável [FLORAC e CARLETON, 1999]. Um processo é considerado sob controle quantitativo quando ele é controlado por meio de técnicas estatísticas e/ou quantitativas. Assim, um processo pode estar sob controle quantitativo e não estar sob controle estatístico, isto é, um processo pode estar sendo gerenciado quantitativamente, mas ainda não ter alcançado a estabilidade.

Quando o desempenho de um processo é estabilizado, o processo, as medições a ele associadas e os limites aceitáveis das variações são estabelecidos como uma *baseline* e podem ser utilizados para a gerência quantitativa. Para analisar o comportamento dos processos e estabelecer suas *baselines* e modelos de desempenho, são utilizadas técnicas e modelos estatísticos.

Exemplos de métodos estatísticos são os diagramas *scatter*, gráficos de tendências, histogramas, diagramas de causa e efeito, gráficos de barras, diagrama de Pareto e gráficos de controle [FLORAC e CARLETON, 1999].

Diagramas *Scatter* são gráficos que mostram o relacionamento entre duas características de processo. São limitados a analisar apenas duas variáveis. Podem ser utilizados como o primeiro passo para a exploração de dados em busca de relações entre causas e efeitos.

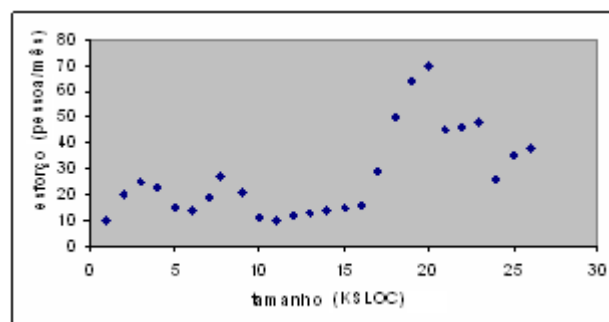


Figura 2 – Exemplo de Diagrama *Scatter* relacionando esforço e tamanho

Gráficos de Tendência mostram padrões e tendências existentes nos dados ao longo do tempo. São similares aos gráficos de controle, porém, sem considerar a linha central e os limites superior e inferior.

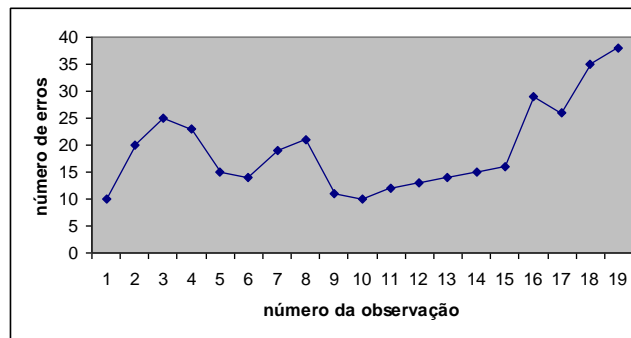


Figura 3 – Exemplo de Gráfico de Tendência

Diagramas de Causa e Efeito, também conhecidos como diagramas *Ishikawa*, permitem mapear e priorizar um conjunto de fatores que pode afetar o processo. São úteis para organizar e priorizar as informações fornecidas por pessoas que conhecem o processo e podem auxiliar na investigação de problemas.

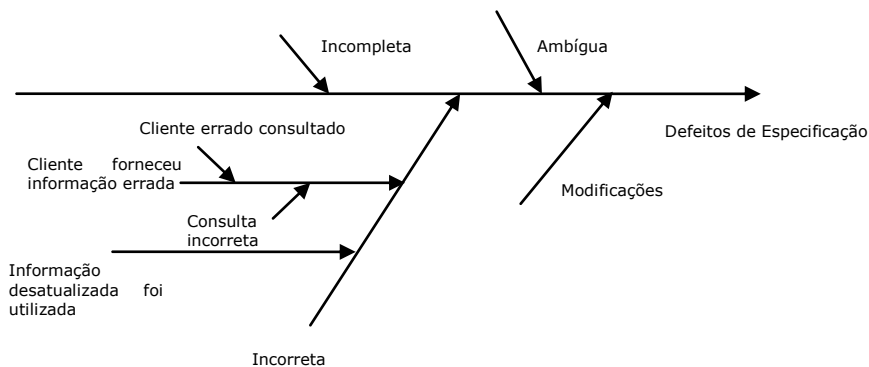


Figura 4 – Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito

Histogramas mostram as distribuições dos dados, ou seja, a frequência dos eventos que ocorreram para um conjunto de dados em um determinado período. Podem ser utilizados para caracterizar valores observados para qualquer atributo do produto ou processo.

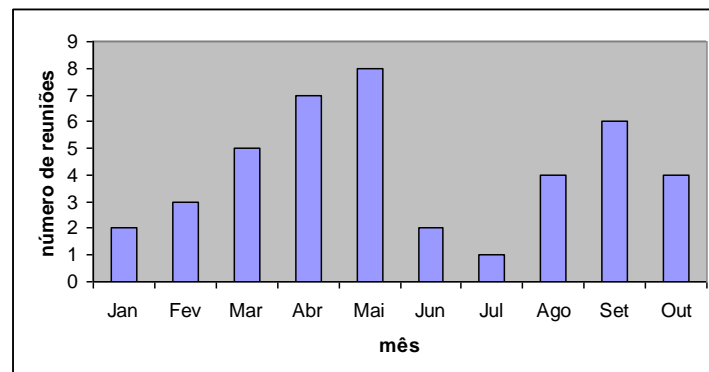


Figura 5 – Exemplo de histograma

Gráficos de Barras são similares aos histogramas e são utilizados para investigar o formato de um conjunto de dados. Consideram mais dimensões que o histograma.

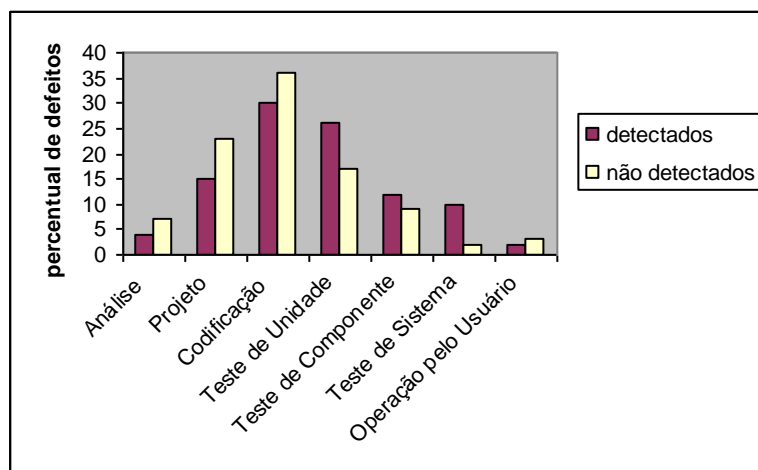


Figura 6 – Exemplo de diagrama de barras

Gráficos de Pareto constituem uma forma especial de histograma ou gráfico de barras. São diagramas de frequência que mostram quantos resultados foram gerados por tipo ou categoria de causa identificada. É utilizado para direcionar as ações corretivas (por exemplo, o gerente deverá tratar as causas que estão gerando o maior número de defeitos)⁷.

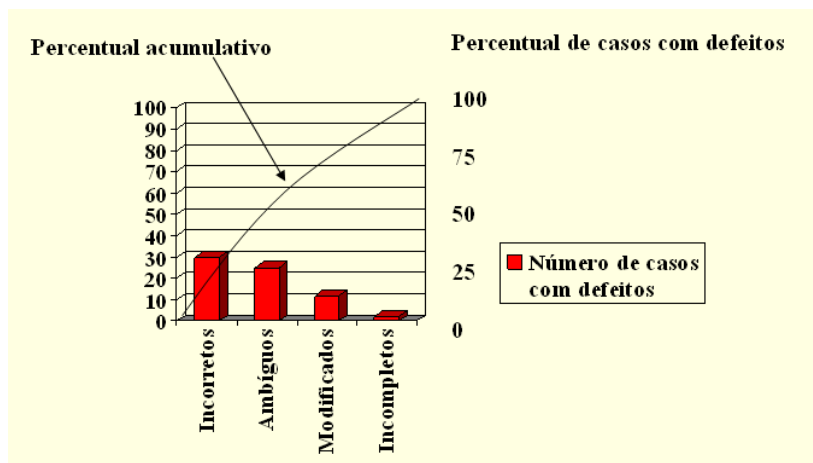


Figura 7 – Exemplo de uso do Gráfico de Pareto para análise das causas dos defeitos de especificação

⁷ Lei de Pareto: Uma quantidade consideravelmente pequena de causas, tipicamente, causará a grande maioria dos problemas. Normalmente, é referenciada como princípio 80/20 (80% dos problemas se devem a 20% das causas)

Gráficos de Controle são utilizados para monitorar a variabilidade existente nos processos, permitindo distinguir causas comuns de causas especiais.

Existem diversos tipos de gráficos de controle e cada tipo é melhor aplicável sob determinadas circunstâncias. O primeiro passo para utilizar um gráfico de controle é selecionar o tipo adequado às medidas e contexto a serem analisados. Em seguida, os dados devem ser ‘plotados’ e os limites de controle calculados.

O *layout* básico de um gráfico de controle é ilustrado na figura 8.a. Tanto a linha central quanto os limites superior e inferior representam estimativas calculadas a partir de um conjunto de medidas coletadas. A linha central e os limites não podem ser arbitrários, uma vez que são eles que refletem o comportamento atual do processo. Para construção de gráficos de controle e *Six Sigma* ver [WHEELER e CHAMBERS, 1992; WHEELER, 1999; FLORAC e CARLETON, 1999]

A figura 8.b ilustra um exemplo de aplicação de um gráfico de controle para representar dados de medidas coletadas em um processo onde não há causas especiais. A figura 8.c apresenta um exemplo onde há causas especiais visíveis.

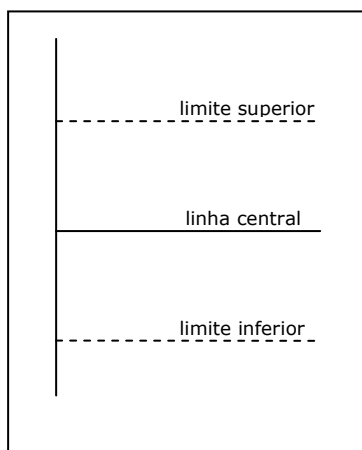


Figura 8.a – Layout básico de um gráfico de controle.

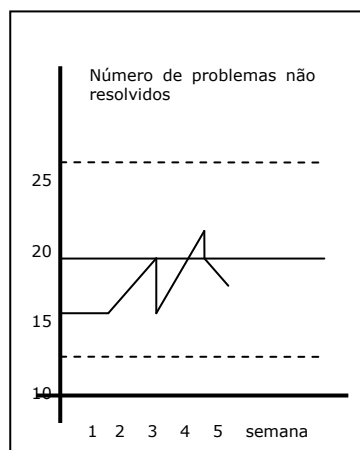


Figura 8.b – Gráfico de controle sem causas especiais.

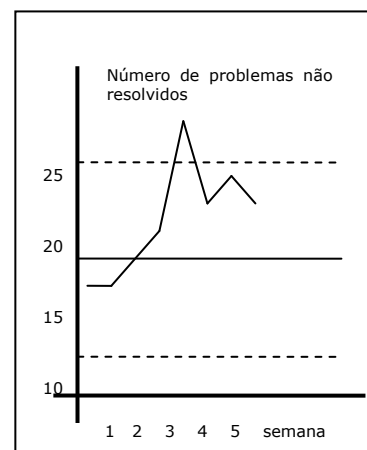


Figura 8.c – Gráfico de controle com causas especiais.

A maneira como os dados serão ‘plotados’, se serão agrupados e como os limites de controle e a linha central serão calculados é definida pelo tipo de gráfico de controle que será utilizado. Cada tipo possui um conjunto de métodos quantitativos e/ou estatísticos associados. A representação gráfica facilita a observância de valores fora dos limites esperados, ou seja, a presença de causas especiais. Entretanto, as causas especiais nem sempre aparecem fora dos limites e, 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.

Exemplos de gráficos de controle e de outras ferramentas estatísticas podem ser encontrados em [FLORAC e CARLETON, 1999].

6.2 AP 4.1 - O processo é medido

Este atributo evidencia o quanto os resultados de medição são usados para assegurar que a execução do processo atinge os seus objetivos de desempenho e apoia o alcance dos objetivos de negócio definidos.

O objetivo deste atributo de processo é, portanto, garantir a existência de um sistema efetivo para coleta de medidas relevantes para o desempenho do processo e a qualidade dos produtos de trabalho [ISO/IEC, 2004b]. Relacionados a este atributo de processo estão definidos os seguintes resultados esperados:

6.2.1 RAP22 - As necessidades de informação dos usuários dos processos, requeridas para apoiar objetivos de negócio relevantes da organização, são identificadas

A implementação deste resultado de atributo de processo é obrigatória para todos os processos do MR-MPS, mas é realizada em conjunto para todos os processos.

Trata-se, aqui, de identificar os objetivos de negócio relevantes e as necessidades de informação para apoiar o alcance destes objetivos. Para isso, busca-se entender como os objetivos de negócio estão relacionados aos processos de software e às necessidades de informação destes processos, de forma a poder identificar quais são os processos/subprocessos críticos, ou seja, aqueles que afetam substancialmente o alcance dos objetivos da organização. Em geral, objetivos de negócio relacionados a custos, qualidade e tempo podem ser mapeados para processos de software [FLORAC e CARLETON, 1999].

6.2.3 RAP23 - Objetivos de medição organizacionais dos processos e/ou subprocessos são derivados das necessidades de informação dos usuários do processo

A partir da seleção dos processos/subprocessos e das respostas às questões acima, a organização/unidade organizacional pode derivar os seus objetivos de medição.

Alguns aspectos fundamentais são, em geral, compartilhados por todas as organizações de software e estão muito relacionados aos atributos de desempenho [FLORAC e CARLETON, 1999]:

- Qualidade do produto: defeitos exigem esforço para reparar e, portanto, aumentam o custo, o tempo e a complexidade;
- Duração do processo: o tempo desde o início até o fim da execução do processo/subprocesso, que pode ser melhorado, por exemplo, por meio de melhores ferramentas, eliminação de tarefas desnecessárias e treinamento;
- Entrega do produto: o evento de entrega do produto está diretamente relacionado ao tempo de execução do processo e é neste momento que se pode medir o real com relação ao esperado.
- Custo do processo: a chave para gerenciar o custo de um processo é identificar os elementos de custo que podem ser controlados e, então, buscar oportunidades de redução de custos.

6.2.4 RAP24 - Objetivos quantitativos organizacionais de qualidade e de desempenho dos processos e/ou subprocessos são definidos para apoiar os objetivos de negócio

A ISO 15504-3 apresenta um exemplo de como a partir dos objetivos de negócio se chegar aos objetivos quantitativos [ISO/IEC, 2004b].

Exemplos de objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho do processo podem ser encontrados em [SEI, 2010] na descrição da área de processo *Organization Process Performance* (OPP).

Entretanto, nem todos os objetivos identificados poderão ser tratados, pelo menos inicialmente. Os objetivos devem, portanto, ser priorizados e deve-se ter o comprometimento da alta direção com o conjunto selecionado. Periodicamente e sempre que necessário os objetivos devem ser revistos, por exemplo, em caso de mudança nos objetivos de negócio ou de mudança nos processos.

6.2.2 RAP25 - Os processos e/ou subprocessos que serão objeto de análise de desempenho são selecionados a partir do conjunto de processos padrão da organização e das necessidades de informação dos usuários dos processos

O objetivo deste resultado esperado é identificar os processos/subprocessos (elementos do processo) que serão objeto de análise de desempenho. Para selecionar estes processos/subprocessos, deve-se partir das necessidades de informação dos processos, que foram derivadas dos objetivos de negócio. Os processos/subprocessos críticos são àqueles capazes de fornecer os dados necessários para planejamento e monitoramento de medições relacionadas às questões que poderão afetar substancialmente o alcance dos objetivos da organização⁸. A implementação deste resultado de atributo de processo é obrigatória para todos os processos do MPS, mas é realizada em conjunto para todos os processos.

Trata-se, aqui, de selecionar elementos de processos e, não, processos compostos de muitos elementos de processo, pois estes não serão possíveis de serem analisados de forma adequada.

Algumas abordagens relacionadas a medições e melhoria de processos [FUGGETTA, 2000] indicam que não se deve iniciar uma implantação de medições ou melhorias em um número elevado de processos simultaneamente, mas em um escopo restrito, facilitando o gerenciamento da implantação das novas técnicas e reduzindo os riscos da abordagem.

Responder a algumas das seguintes questões pode ajudar na seleção dos processos/subprocessos [FLORAC e CARLETON, 1999]:

- O que determina a qualidade do produto? O que determina o sucesso? O que o cliente quer?

⁸ Isto significa que nem todos os processos contribuem igualmente para o alcance dos objetivos da organização e que deve-se selecionar um conjunto pequeno. Com o tempo este conjunto pode ir aumentando à medida que se cresce em conhecimento [SEI, 2010]

- O que pode acontecer de errado? O que não está funcionando bem? O que pode assinalar futuros problemas?
- Onde estão os atrasos? Qual o tamanho do *backlog*? Onde está ocorrendo o *backlog*?
- O que é possível controlar? O que limita a capacidade da organização/unidade organizacional? O que limita o desempenho?

Esta seleção implica na escolha de quais processos terão seus atributos de desempenho medidos, estabilizados e controlados. Como esta escolha está intrinsecamente alinhada aos objetivos de negócio da organização, deve ser reavaliada sempre que estes forem atualizados ou revistos, o que isto se faça necessário por outras razões, como, por exemplo [SEI, 2010]: as previsões associadas aos modelos de desempenho resultarem em muita variação que prejudique suas utilizações, alterações nos objetivos de qualidade e de desempenho, alterações no conjunto de processos padrão ou mudanças nos valores do desempenho do processo e de qualidade medidos.

Deve-se, também, registrar o raciocínio por trás da seleção realizada de forma a ser possível avaliar sua pertinência e, também, facilitar revisões futuras. Neste sentido, sugere-se o uso dos mecanismos providos pela implantação do processo Gerência de Decisões (GDE).

6.2.5 RAP26 - Medidas, bem como a frequência de realização de suas medições, são identificadas e definidas de acordo com os objetivos de medição do processo/subprocesso e os objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho do processo

A partir dos objetivos de medição do processo e os objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho do processo são identificadas as medidas e estabelecido o plano de medição. As abordagens GQM [SOLLINGEN e BERGHOUT, 1999] ou GQIM [PARK *et al.*, 1996] são adequadas para derivar medidas de objetivos. Exemplos de uso da abordagem GQM neste contexto podem ser encontrados em [ANTONIOLO *et al.*, 2004] e [MONTONI *et al.*, 2007]. Outro enfoque para seleção de medidas pode ser encontrado em [TARHAN e DEMINORS, 2006].

FLORAC e CARLETON [FLORAC e CARLETON, 1999] definem algumas diretrizes para a seleção de medidas de desempenho de processos:

- As medidas devem estar fortemente relacionadas aos aspectos que se quer estudar e que são, em geral, relacionados à qualidade, ao consumo de recursos e ao tempo;
- As medidas devem fornecer grande conteúdo de informação, logo, as mais adequadas são medidas que são sensíveis ao maior número possível de facetas dos resultados do processo;
- As medidas devem realmente refletir o grau em que o processo atinge os resultados importantes;
- As medidas devem permitir uma coleta de dados simples e econômica;

- As medidas devem permitir a coleta consistente de dados bem definidos;
- As medidas devem medir a variação, pois um número que não muda não pode fornecer informação sobre o processo.
- As medidas devem ter um valor de diagnóstico e serem capazes de apoiar na identificação de acontecimentos não usuais e de suas causas.

SEI [SEI, 2010] fornece alguns exemplos de critérios para seleção de medidas:

- Relação das medidas com os objetivos de qualidade e de desempenho;
- Cobertura das medidas com relação à vida do produto ou serviço;
- Visibilidade das medidas com relação ao desempenho do processo;
- Disponibilidade das medidas;
- Frequência com que as medidas podem ser coletadas;
- Quanto as medidas são controláveis por mudanças nos processos e subprocessos;
- Quanto as medidas representam a visão do usuário final sobre o desempenho efetivo do processo.

Após a seleção das medidas, o passo seguinte é criar sua definição operacional⁹ e estabelecer o plano de medição (ver processo Medição). Medidas de desempenho bem definidas devem satisfazer três critérios [FLORAC e CARLETON, 1999]:

- Comunicação: Com este critério busca-se garantir que as medidas foram definidas e os valores resultantes das medições foram descritos de forma que outros possam saber exatamente o que foi medido, como os dados foram coletados e o que foi incluído ou excluído dos dados agregados, de forma a poder interpretar corretamente os resultados;
- Replicabilidade: Com este critério busca-se garantir que outras pessoas possam repetir a medição e obter os mesmos resultados;
- Rastreabilidade: Com este critério busca-se garantir que as origens do dado estejam identificadas em termos de tempo, fonte, sequência, atividade, produto, *status*, ambiente, ferramentas utilizadas e responsáveis pela coleta.

A seleção das medidas de desempenho dos processos deve ser realizada com base no plano de medição institucionalizado na organização, ou seja, deve-se procurar identificar medidas que já estejam sendo coletadas na organização. Se o plano de medição da organização não contiver as medidas desejadas, então as novas medidas deverão ser especificadas, incorporadas no plano de medição e coletadas nos projetos [MONTONI *et al.*, 2007].

⁹ Definições operacionais definem como as medições são realizadas, com detalhes suficientes para que diferentes pessoas obtenham o mesmo resultado se seguirem os mesmos procedimentos de coleta e interpretação.

6.2.6 RAP27 - Resultados das medições são coletados, analisados, utilizando técnicas estatísticas e outras técnicas quantitativas apropriadas, e são comunicados para monitorar o alcance dos objetivos quantitativos de qualidade e de desempenho do processo/subprocesso

Medidas são coletadas dos projetos da organização que usam o processo/subprocesso. É importante guardar informações de contexto para posteriormente permitir a caracterização do desempenho do processo/subprocesso. A execução das atividades relacionadas à medição deve estar de acordo com o processo Medição.

Devem ser coletadas medidas em sucessivos projetos. Além das medidas básicas especificadas, devem ser registradas informações de caracterização dos projetos, tais como o tamanho estimado total, linguagem de programação utilizada, perfil da equipe do projeto, ambiente de desenvolvimento e versão do processo utilizado¹⁰. Estas informações permitem o agrupamento das medidas coletadas em diferentes categorias de projeto, mantendo a homogeneidade entre os membros de cada grupo [CAMPOS *et al.*, 2007]. Se o grupo não for homogêneo, as análises podem ser comprometidas e levar a conclusões inadequadas. Em [FLORAC e CARLETON, 1999] e [WHEELER e CHAMBERS, 1992] pode ser encontrada uma discussão sobre mistura de dados de diferentes contextos durante a análise de gráficos de controle.

Não é suficiente, entretanto, simplesmente coletar medidas. Estas precisam ser analisadas e reportadas para permitir monitorar o quanto os objetivos quantitativos estão sendo atendidos. Para que esta atividade seja executada, é necessário analisar a distribuição das medidas de desempenho. Adicionalmente, pode-se analisar o intervalo de resultados que caracterizem o desempenho esperado dos processos/subprocessos quando usados em um projeto [SEI, 2010]. Em [MONTONI *et al.*, 2007] tem-se um exemplo de como pode ser feita esta análise.

6.2.7 RAP28 - Resultados de medição são utilizados para caracterizar o desempenho do processo/subprocesso

O objetivo deste resultado esperado é conhecer o desempenho e a variabilidade do processo/subprocesso. A caracterização do desempenho de um processo é obtida pelo uso controlado de técnicas estatísticas, incluindo os gráficos de controle, para a análise de sua estabilidade e capacidade (ver resultados esperados do AP 4.2).

Em [WANG *et al.*, 2007] pode ser encontrado um exemplo de método empírico para caracterizar o desempenho do processo de teste.

¹⁰ Uma versão de processo neste contexto inclui não só evoluções do conjunto de processos padrão da organização, mas também diferentes adaptações nos processos definidos para os projetos (vide processo Definição do Processo Organizacional (DFP) e, também evolução de Gerência de Projetos (GPR) para o nível E do MR-MPS).

6.3.1 RAP29 - Modelos de desempenho do processo são estabelecidos e mantidos

Os modelos de desempenho de processo são utilizados para representar o desempenho dos processos em aplicações passadas e para prever os resultados do processo em projetos futuros.

O objetivo dos modelos de desempenho é, portanto, permitir a previsão de desempenho futuro dos processos a partir de outros atributos do processo ou produtos. Estes modelos descrevem relacionamentos entre atributos do processo e produtos de trabalho [KULPA e JOHNSON, 2003]. Modelos de desempenho são utilizados principalmente nas estimativas que servem de base para o planejamento e na monitoração dos projetos.

Um aspecto importante sobre os modelos de desempenho e simulações é permitir que a variável independente dos modelos elaborados tenha alguma flexibilidade para ajuste (*control knobs*), pois isto possibilitará estimar ou simular as reações futuras dos processos (variável dependente) em um determinado projeto, em função de diferentes valores da variável independente. Este aspecto é crucial para a gerência quantitativa, é o controle quantitativo realizado em GPR21 quando se percebe que houve um desvio, ou que este ocorrerá. Exemplo de atributos ajustáveis durante a execução do projeto: tempo dedicado às revisões por pares (tempo de verificação por Pontos por Casos de Uso em um conjunto de Casos de Uso a serem revisados); número de profissionais que revisam um mesmo artefato; nível de experiência/produtividade dos profissionais que executarão determinada tarefa (ajustar trocando os profissionais); esforço dedicado às atividades de modelagem de análise e projeto antes de iniciar a codificação; esforço dedicado a testes unitários etc. Os modelos devem mostrar qual o efeito nas variáveis dependentes com diferentes valores das variáveis independentes. Exemplos de variáveis dependentes: número de defeitos de um artefato em uma fase posterior à da variável independente; esforço de retrabalho em tarefa posterior; tempo de execução de tarefa posterior; custo de uma tarefa ou conjunto; prazo de entrega de produto intermediário ou final.

Em [CAMPOS *et al.*, 2007] pode ser encontrado um exemplo do estabelecimento de um modelo de desempenho para o processo Desenvolvimento de Requisitos, onde se relaciona o desempenho nas atividades de desenvolvimento de requisitos com a estimativa preliminar do tamanho dos casos de uso. O modelo é elaborado a partir de dados históricos pós-estabilização do processo, que relacionam o tamanho apurado dos casos de uso já prontos com o esforço de especificação. A partir do modelo de desempenho pode-se estimar, para um dado tamanho de caso de uso, qual será o esforço médio esperado para a sua especificação.

Outros exemplos podem ser encontrados em [MONTONI *et al.*, 2007] e [WANG *et al.*, 2007], que tratam respectivamente dos processos de revisão por pares e testes.

Sempre que novos dados forem coletados sobre o desempenho dos processos, os modelos podem ser atualizados. No caso de mudanças muito significativas em um processo, o modelo deve ser descartado e um novo produzido após a re-estabilização do processo.

6.4 AP 4.2 - O processo é controlado

Este atributo evidencia o quanto o processo é controlado estatisticamente para produzir um processo estável, capaz e previsível dentro de limites estabelecidos.

O processo estável pode ser definido como um processo previsível, cujo desempenho e variabilidade são conhecidos, permitindo elaborar estimativas que utilizam como base seu desempenho passado. Para verificar se determinado processo é estável, torna-se necessário executá-lo, coletar uma quantidade significativa de medidas de desempenho e avaliar se o processo está sob controle estatístico [WHEELER e CHAMBERS, 1992]. Um processo, entretanto, pode ser estável e não ser capaz por não atingir os objetivos da organização e as necessidades do cliente.

Relacionados a este atributo de processo estão definidos os seguintes resultados esperados:

6.4.1 RAP30 - Técnicas de análise e de controle para a gerência quantitativa dos processos/subprocessos são identificadas e aplicadas quando necessário

O processo de análise tem início com a determinação de limites de controle iniciais com o objetivo de detectar causas especiais. Neste momento do processo de análise, a informação obtida da análise de causas especiais é a mais importante [FLORAC e CARLETON, 1999].

A análise do comportamento do processo é um estudo analítico onde o objetivo do estudo é atuar sobre o processo que produziu os dados. O objetivo é prever ou melhorar o comportamento do processo no futuro. Gráficos de controle são ferramentas adequadas para analisar o comportamento de processos, sendo usados para medir a variação do processo e avaliar a sua estabilidade. É importante selecionar e construir adequadamente os gráficos de controle. Para construção de gráficos de controle consultar [FLORAC e CARLETON, 1999] e [WHEELER e CHAMBERS, 1992]

Quando cessa a ocorrência de pontos fora dos limites para os gráficos de controle, deve ser feita uma análise mais apurada para se ter certeza da estabilidade. Um curto período de observação de valores dentro dos limites de operação não é suficiente para determinar que o processo esteja estável, sendo indicadas pelo menos 100 observações consecutivas do desempenho dentro da faixa para obter uma maior segurança da estabilidade [WHEELER e CHAMBERS, 1992]. Além do cuidado com o número de pontos para compor a faixa de operação dos gráficos de controle, é importante que estes pontos sejam derivados de medidas em vários projetos distintos, com diferentes equipes, para serem de fato representativos da unidade organizacional. A partir deste ponto poderá ser feita a análise mais apurada da estabilidade.

O teste de estabilidade mais comum é referenciado como T1 e analisa se os valores medidos do atributo ficaram fora dos limites estabelecidos ($\pm 3\sigma$ da média). Para

uma análise mais detalhada da estabilidade aplicam-se os seguintes testes adicionais ao gráfico da média (X-bar):

- T2: Se, entre 3 pontos consecutivos, existirem 2 fora da linha de 2σ (do mesmo lado);
- T3: Se, entre 5 pontos consecutivos, existirem 4 fora da linha de 1σ (do mesmo lado);
- T4: Se 8 pontos consecutivos estiverem do mesmo lado da média.

Passar nos testes de T1 a T4 não é suficiente para concluir que o processo está estável, pois para confirmar a estabilidade deve ser analisado o gráfico da amplitude móvel (XmR), que não deve ter pontos fora dos limites. Os testes de T2 a T4 não são aplicáveis para a amplitude móvel [WHEELER e CHAMBERS, 1992]. Caso o processo seja instável, ou seja, se algum teste previamente mencionado der resultado positivo, deve-se tratar as causas especiais até se ter um processo estável. Exemplos podem ser encontrados em [MONTONI *et al.*, 2007] e [CAMPOS *et al.*, 2007].

6.4.2 RAP31 - Limites de controle de variação são estabelecidos para o desempenho normal do processo

A *baseline* de desempenho do processo representa os resultados históricos da execução do processo [KULPA e JOHNSON, 2003]. É utilizada para comparar o desempenho do processo em execução, com o desempenho esperado, que é representado pelos valores da *baseline*. Após a estabilização, pode-se manter a média e os limites de controle dos gráficos, interrompendo o recálculo destes valores [WHEELER e CHAMBERS, 1992]. A média e os limites encontrados formam a *baseline* do atributo de desempenho do processo. Os dados pré-estabilização não devem ser considerados no cálculo da média e limites que comporão a *baseline*, pois refletem um comportamento que sofreu ajustes e que não é mais a realidade do processo [CAMPOS *et al.*, 2007].

Com os limites de controle de variação tem-se a caracterização do desempenho esperado do processo/subprocesso quando este for usado nos projetos específicos. É importante notar que pode haver várias *baselines* de desempenho do processo para caracterizar subgrupos existentes na unidade organizacional, por exemplo, linhas de produto, domínios de aplicação, tamanhos de equipe [SEI, 2010].

6.4.3 RAP32 - Dados de medição são analisados com relação a causas especiais de variação

Do ponto de vista do controle estatístico, o primeiro passo para melhorar as saídas de um processo é a identificação das causas de variação excessiva, chamadas de causas atribuíveis ou causas especiais [WHEELER e CHAMBERS, 1992]. Causas especiais de variação referem-se a defeitos no processo que não são a ele inerentes, mas incidentais, advindos de problemas de implementação [ISO/IEC, 2004b]

À medida que as causas especiais são identificadas e tratadas, a variabilidade no desempenho do processo é reduzida, até o processo ficar sob controle estatístico,

ou seja, ficar estável. A ferramenta estatística utilizada para analisar se a estabilidade foi atingida são os gráficos de controle. Cabe ressaltar que, na prática, nem sempre é possível atingir a estabilidade de processos de software, existindo casos em que a dinâmica do ambiente de desenvolvimento e a mudança permanente de contexto não permitem esta estabilização [KAN, 2003].

O objetivo da estabilização não é eliminar a variação, mas reduzi-la a um nível tal que ela seja o resultado da interação natural das diversas partes do processo, resultante apenas das chamadas causas comuns de variação.

Em relação aos processos industriais convencionais, exemplos de fatores que podem levar a variabilidade por causas especiais são: máquinas desajustadas, diferenças nos insumos, alteração na aplicação dos métodos, diferenças entre trabalhadores ou diferenças no ambiente de produção [WHEELER e CHAMBERS 1992]. Fazendo uma analogia para a produção de software, poderíamos ter como possíveis causas de instabilidade para, por exemplo, o processo Desenvolvimento de Requisitos: problemas em ferramentas de apoio às atividades de requisitos, diferenças nas fontes de requisitos, profissionais despreparados para executar as técnicas de elicitação e definição de requisitos ou problemas específicos de um determinado projeto.

As fontes de informação a serem usadas nestas análises podem ser dados de contexto associados às medições, avaliações de adequação das atividades, ou avaliações *post mortem* de projetos [CAMPOS *et al.*, 2007]. No caso de múltiplas causas possíveis, pode ser feita uma análise preliminar com um diagrama causa-efeito e, posteriormente, a identificação das prioritárias com um diagrama de Pareto [WANG *et al.*, 2007]. Essa análise pode apontar necessidades de treinamento, melhor definição da descrição de atividades, criação ou aprimoramento dos modelos de artefatos ou ferramentas [CAMPOS *et al.*, 2007].

6.4.4 RAP33 - Ações corretivas e preventivas são realizadas para tratar causas especiais, ou de outros tipos, de variação

Controlar quantitativamente o desempenho do processo implica na implementação de ações corretivas definidas para tratar causas especiais de variação [ISO/IEC, 2004b].

Nem todas as causas especiais são passíveis de serem removidas ou incorporadas. Em alguns casos serão apenas identificadas e dependendo do caso podem até ser desconsideradas em análises estatísticas, como por exemplo: um profissional foi trabalhar durante uma semana com sérios problemas particulares e sua produtividade foi extremamente baixa. Não existe muito que se possa fazer para evitar este tipo de variabilidade, mas quando identificado o problema, estes dados podem até ser desconsiderados nas análises de estabilidade, pois tiveram sua causa identificada, mesmo não sendo tratável [CAMPOS *et al.*, 2007].

Nas situações onde as causas especiais levem a um ponto fora do limite, no sentido positivo, pode ser feito um estudo para avaliar a possibilidade de incorporar ao processo o fator causador da melhoria de desempenho, desde que mantida a qualidade dos artefatos, por exemplo, produtividade acima do limite superior.

6.4.5 RAP34 - Limites de controle são restabelecidos, quando necessário, seguindo as ações corretivas, de forma que os processos continuem estáveis, capazes e previsíveis

Rever e atualizar os gráficos de controle envolve recalcular os limites de controle. A revisão dos limites ocorre quando se está trabalhando com um conjunto limitado de dados para os quais se calculou limites de controle iniciais com o objetivo de identificar causas especiais de variação. Neste contexto, tem-se um processo de identificação/remoção de pontos com causas especiais e cálculo de novo limite que é repetido até que apenas os pontos sem causas especiais estejam nos limites. Os pontos não são excluídos, mas omitidos.

A atualização dos limites acontece quando se usam dados adicionais e mais recentes para recalcular os limites. A necessidade de atualizar ocorre quando se inicia o gráfico de controle com menos dados do que o desejável, quando se observa que o processo variou quanto aos limites ou se foi feita uma mudança deliberada no processo. Nestes casos, deve-se recalcular os limites usando dados recentes e medidas anteriores que continuem aplicáveis.

A realidade é que este processo de controle do processo/subprocesso não acaba nunca, especialmente se tiver um histórico de sair do controle. Caso contrário, não se pode assegurar que depois de estabilizado e previsível, o processo/subprocesso não voltou a seu estado anterior [FLORAC e CARLETON, 1999].

Referências bibliográficas

- [ABDEL-HAMID E MADNICK, 1991] ABDEL-HAMID, T. K., MADNICK, S. E., ***Software Projects Dynamics – an Integrated Approach***, Prentice-Hall, 1991.
- [AKAO, 1997] AKAO, Y., ***"QFD: Past, Present, and Future"***. In: International Symposium on QFD, Japão, 1997.
- [ANTONIOL et al 2004] ANTONIOL, G., GRADARA,S., VENTURINI,G. ***Methodological Issues in a CMM Level 4 Implementation***, Software Process Improvement, n 9, 2004
- [ARANDA et al., 1993] ARANDA, R. R., FIDDAMAN, T., OLIVA, R., ***Quality Microworlds: modeling the impact of quality initiatives over the software product life cycle***, American Programmer, Maio, pp. 52-61, 1993.
- [BARCELLOS, 2009] BARCELLOS, M. P., ***Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade***, Tese de Doutorado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- [BARROS, 2001] BARROS, M. O., ***Gerenciamento de Projetos Baseado em Cenários: Uma Abordagem de Modelagem Dinâmica e Simulação***, Tese de Doutorado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- [BOSSERT, 1991] BOSSERT, J.L., ***Quality function deployment: a practitioner's approach***, ASQC Quality Press, 1991.
- [CAMPOS et al., 2007] CAMPOS, F.B., CONTE,T.U., KATSURAYAMA,A.E.; ROCHA,A.R.C. ***Gerência Quantitativa para o Processo Desenvolvimento de Requisitos***, SBQS 2007, Porto de Galinhas, PE, junho 2007
- [CARTWRIGHT e SHEPPERD, 1999] CARTWRIGHT, M., SHEPPERD, M., ***"On building dynamic models of maintenance behaviour"***, In: Kusters R, Cowderoy A, Heemstra F, van Veenendaal E.(eds.), *Project Control for Software Quality*, Shaker Publishing, 1999.
- [CHICHAKLY, 1993] CHICHAKLY, K.J., ***The Bifocal Vantage Point: Managing Software Projects from a Systems Thinking Perspective***, American Programmer, Maio 1993.
- [CHRISTIE e STALEY, 2000] CHRISTIE, A.M., STALEY, M. J., ***Organizational and Social Simulation of a Requirements Development Process***, Software Process Improvement and Practice 5, 2000
- [COOPER e MULLEN, 1993] COOPER, K. G., MULLEN, T., ***Swords and Ploughshares: the Rework Cycles of Defence and Commercial Software Development Projects***, American Programmer 6 (5), 1993.
- [D'OLIVEIRA, 2003] D'OLIVEIRA, F.M., ***Planejamento de Testes na Homologação de Software: uma Abordagem Orientada ao Cliente***, Dissertação de Pós Graduação, Universidade Católica de Brasília, Brasília, Brasil, 2003.

- [EUREKA e RYAN, 1992] EUREKA, W.E., RYAN, N.E, **QFD: Perspectivas Gerenciais do Desdobramento da Função Qualidade** Rio de Janeiro, Quality Mark, 1992.
- [FENTON *et al.*, 2004] FENTON,N., MARSH, W., CATES,P., FOREY,S., TAYLOR,M., **“Making Resource Decisions for Software Projects”**, Proceedings of the 26th International Conference on Software Engineering, Escócia, 2004.
- [FLORAC e CARLETON, 1999] FLORAC, W.A., CARLETON,A.D. **Measuring the Software Process: Statistical Process Control for Software Process Improvement**, Addison Wesley, 1999.
- [FORRESTER, 1961] FORRESTER,J.W., **Industrial Dynamics**, MIT Press, Cambridge, MA, 1961.
- [FUGGETTA, 2000] FUGGETA, A., **Software Process: a roadmap, in The Future of Software engineering**, IEEE Computer Society, 2000.
- [HAAG *et al.*, 1996] HAAG, S., RAJA, M.K., SCHKADE, L.L., **“Quality function deployment usage in software development”**, Communications of the ACM, v. 39, n. 1, Janeiro 1996.
- [HENDERSON e HOWARD, 2000] HENDERSON, H., HOWARD, Y., **Simulating a Process Strategy for Large Scale Software Development using System Dynamics**, Software Process Improvement and Practice 5, 2000.
- [HOFMANN *et al.*, 2007] HOFMANN, H. F., YEDLIN, D. K., MISHLER, J. W., KUSHNER, S., 2007, **CMMI for Outsourcing**, Addison Wesley, 2007.
- [ISO/IEC, 2001] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC 9126-1: Software engineering – product quality – Part 1: Quality model**. Geneve: ISO, 2001.
- [ISO/IEC, 2003a] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC TR 9126-2: Software engineering – product quality – Part 2: External Metrics**. Geneve: ISO, 2003.
- [ISO/IEC, 2003b] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC TR 9126-3: Software engineering – product quality – Part 3: Internal metrics**. Geneve:ISO, 2003.
- [ISO/IEC, 2004a] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC TR 9126-4: Software engineering – product quality – Part 4: Quality in use metrics**. Geneve: ISO, 2004.
- [ISO/IEC, 2004b] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC 15504-3: Information Technology – Process Assessment, - Part 3: Guidance on performing an assessment**. Geneve: ISO, 2004.
- [ISO/IEC, 2008] the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Comission. **ISO/IEC 12207:2008 Systems and software engineering — Software life cycle processes**, Geneve: ISO, 2008.

- [KAN, 2003] KAN, S. H., **Metrics and Models in Software Quality Engineering**. 2 ed., Addison-Wesley, 2003.
- [KELLNER *et al.*, 1999] KELLNER, M.I., MADACHY, R. J., RAFFO, D.M., **Software process simulation modeling: Why? What? How?**, The Journal of Systems and Software 46 (1999)
- [KULPA e JOHNSON, 2003] KULPA, M.K., JOHNSON, K.A. **Interpreting the CMMI – A process improvement approach**, CRC Press LLC, 2003
- [LEHMAN e RAMIL, 1999] LEHMAN, M.M., RAMIL, J. F., **The impact of feedback in the global software process**, Journal of Systems and Software 46(2/3), 1999.
- [LIN *et al.*, 1997] LIN, C. Y., ABDEL-HAMID, T. K., SHERIF, J. S., **Software-Engineering Process Simulation Model (SEPS)**, Journal of Systems and Software 38, 1997
- [MADACHY e TARBET, 2000] MADACHY, R., TARBET, D., **Case Studies in Software Process Modeling with System Dynamics**, Software Process Improvement and Practice 5, 2000.
- [MADACHY, 1994] MADACHY R.J., **A software project dynamics model for process, cost, schedule, and risk assessment**, PhD Thesis, University of Southern California, Los Angeles, 1994. [MADACHY, 1996] MADACHY R.J., **System Dynamics Modeling of an Inspection-Based Process**, Proceedings of the 18th International Conference on Software Engineering, Berlin, Germany, IEEE Computer Society Press, 1996.
- [MADACHY, 1996] MADACHY R.J., **System Dynamics Modeling of an Inspection-Based Process**, Proceedings of the 18th International Conference on Software Engineering (ICSE), Berlin, Germany, IEEE Computer Society Press, Março, 1996.
- [MONTONI *et al.*, 2007] MONTONI, M.A., KALINOWSKI, M., LUPO, P., ABRANTES, J.F., FERREIRA, A., ROCHA, A.R.C. **Uma metodologia para Desenvolvimento de Modelos de Desempenho de Processos para Gerência Quantitativa de Projetos de Software**, SBQS 2007, Porto de Galinhas, PE, junho 2007
- [PARK *et al.*, 1996] PARK, R. E., GOETHERT, W. B., FLORAC, W. A., **Goal-Driven Software Measurement - A Guidebook**, Handbook, CMU/SEI-96-HB-002, <http://www.sei.cmu.edu/publications/documents/96.reports/96.hb.002.html>, Acessado em Março de 2009.
- [POWELL *et al.*, 1999] POWELL, A., MANDER, K., BROWN, D., **Strategies for lifecycle concurrency and iteration: A system dynamics approach**, Journal of Systems and Software 46(2/3), 1999.
- [ROEHLING *et al.*, 2000] COLLOFELLO, J.S., HERMANN, B.G., SMITH-DANIELS, D. E., ROEHLING, S. T., **System Dynamics Modeling Applied to Software Outsourcing Decision Support**, Software Process Improvement and Practice 5, 2000.

- [RUS *et al.*, 1999] RUS, I., COLLOFELLO, J., LAKEY, P., **Software process simulation for reliability management**, Journal of Systems and Software 46(2/3), 1999.
- [RUS, 1996] RUS, I., **Modelling the impact on project cost and schedule of software reliability engineering strategies**, PhD Thesis, Arizona State University, Tempe, 1996.
- [SARGUT e DEMIRORS, 2006] SARGUT,K.U., DEMIRORS,O., **“Utilization of Statistical Process Control (SPC) in Emergent Software Organizations: Pitfalls and Suggestions”**, Software Quality Springer Science + Business Media, 2006.
- [SEI, 20102010] SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE - SEI. **CMMI for Development (CMMI-DEV)**, Version 1.3, Technical Report CMU/SEI-2010-TR-033. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010.
- [SOFTEX, 2011a] - ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO – SOFTEX. **MPS.BR – Guia Geral:2011**, junho 2011. Disponível em www.softex.br
- [SOFTEX, 2011b] - ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO – SOFTEX. **MPS.BR – Guia de Avaliação:2011**, maio 2011. Disponível em www.softex.br.
- [SOFTEX, 2011c] - ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO – SOFTEX. **MPS.BR – Guia de Aquisição:2011**, junho 2011. Disponível em www.softex.br
- [SOLLINGEN e BERGHOUT, 1999] SOLLINGEN, R.V., BERGHOUT, E. **The Goal/Question Metric Method, A Practical Guide For Quality Improvement of Software Development**, McGraw Hill, 1999.
- [TARHAN e DEMINORS, 2006] TARHAN, A., DEMINORS, O. **Investigating Suitability of Software Process and Metrics for statistical Process Control**, EuroSPI 2006, I.Richardson, P. Runeson e R. Messnarz (eds), LNCS 4257, 2006.
- [TVEDT e COLLOFELLO, 1995] TVEDT, J.D., COLLOFELLO, J.S., **Evaluating the Effectiveness of Process Improvements on Development Cycle Time via System Dynamics Modeling**. Proceedings of the Computer Science and Application Conference (COMPSAC), 1995.
- [TVEDT, 1996] TVEDT J.D., **An Extensible Model for Evaluating the Impact of Process Improvements on Software Development Cycle Time**, PhD Thesis, Arizona State University, Tempe, 1996.
- [WANG *et al.*, 2007] WANG,Q., GOU,L., JIANG,N., CHE,M., ZHANG,R., YANG,Y., LI,M. **An Empirical Study on Establishing Quantitative Management Model for Testing Process**, JCSP 2007, Lecture Notes on Computer Science 4470, 2007.
- [WHEELER e CHAMBERS, 1992] WHEELER, D.J.; CHAMBERS, D.S., **Understanding Statistical Process Control**, 2a. edição, SPC Press, Inc, 1992
- [WHEELER, 1999] WHEELER, D.J. **Understanding Variation: The Key to Managing Chaos**, 2a. edição, SPC Press, Inc, 1999

Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6:2011

Editores:

Gleison dos Santos Souza	COPPE/UFRJ
Ana Regina C. Rocha	COPPE/UFRJ (Coordenadora da ETM)

Revisores:

Danilo Scalet	CELEPAR
Monalessa Perini Barcellos	UFES
Reinaldo Cabral Silva Filho	COPPE/UFRJ e UFAL

Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6:2009

Editores:

Ana Regina C. Rocha	COPPE/UFRJ (Coordenadora da ETM)
Gleison dos Santos Souza	COPPE/UFRJ
Mariano Angel Montoni	COPPE/UFRJ

Revisores:

Ana Liddy C. C. Magalhães	QualityFocus e Universidade FUMEC
Ana Regina C. Rocha	COPPE/UFRJ (Coordenadora da ETM)

Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6 versão 1.0 – Julho/2007

Editoras:

Ana Regina C. Rocha	COPPE/UFRJ (Coordenadora da ETM)
Kathia Marçal de Oliveira	UCB

Colaboradores:

Andrea Soares Barreto	BL Informática e COPPE/UFRJ
Fabio Bianchi Campos	UCB e COPPE/UFRJ
Gleison dos Santos Souza	COPPE/UFRJ
Mariano Angel Montoni	COPPE/UFRJ
Monalessa P. Barcellos	UFES e COPPE/UFRJ
Reinaldo Cabral da Silva Filho	UFAL e COPPE/UFRJ

Revisores:

Danilo Scalet	CELEPAR
---------------	---------