

## **MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro**

### **Guia de Implementação – Parte 6: Fundamentação para Implementação do Nível B do MR-MPS-SW:2016**

Este guia contém orientações para a implementação do nível B do Modelo de Referência MR-MPS-SW:2016.

**Maio de 2016**

*Copyright* © 2016 - SOFTEX

Direitos desta edição reservados pela Sociedade SOFTEX

A distribuição ilimitada desse documento está sujeita a *copyright*

ISBN (Solicitado à Biblioteca Nacional)

## 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 .....	17
6	Os atributos de processo no nível B.....	23
6.2	Fundamentação teórica .....	24
6.2	AP 4.1 - O processo é medido .....	29
6.3	AP 4.2 - O processo é controlado .....	37
	Referências bibliográficas.....	43
	Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6:2016 .....	47
	Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6:2011 .....	48
	Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6:2009 .....	49
	Lista de colaboradores do Guia de Implementação – Parte 6 versão 1.0 – Julho/2007 .....	50

## 1 Prefácio

O Programa MPS.BR<sup>1</sup> é um programa mobilizador, de longo prazo, criado em dezembro de 2003, coordenado pela Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (SOFTEX), com apoio do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID/FUMIN).

O objetivo do programa MPS.BR é o aumento da competitividade das organizações pela melhoria de seus processos. O programa tem duas metas a serem alcançadas a médio e longo prazos:

a) meta técnica, visando o aprimoramento do programa, com: (i) edição de guias dos Modelos de Maturidade do MPS; (ii) formação de Instituições Implementadoras (II) credenciadas para prestar serviços de consultoria de implementação do Modelo de Referência MPS para Software (MR-MPS-SW), e/ou do Modelo de Referência MPS para Serviços (MR-MPS-SV) e/ou do Modelo de Referência MPS para Gestão de Pessoas (MR-MPS-RH); (iii) formação de Instituições Avaliadoras (IA) credenciadas para prestar serviços de avaliação seguindo o método de avaliação MPS (MA-MPS); (iv) formação de Instituições de Consultoria de Aquisição (ICA) credenciadas para prestar serviços de consultoria de aquisição de software e/ou serviços relacionados;

b) meta de negócio, visando à disseminação e viabilização na adoção dos Modelos do MPS para a melhoria da competitividade das micro, pequenas e médias empresas (foco principal) quanto em grandes organizações privadas e governamentais, com: (i) criação e aprimoramento do modelo de negócio MN-MPS; (ii) realização de cursos, provas e workshops MPS; (iii) apoio para organizações que implementaram o Modelo MPS; (iv) transparência para as organizações que realizaram a avaliação MPS.

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

Cabe ao FCC: (i) emitir parecer que subsidie as decisões da SOFTEX sobre o credenciamento de Instituições Implementadoras (II), Instituições de Consultoria de Aquisição (ICA) e Instituições Avaliadoras (IA); (ii) monitorar os resultados das Instituições Implementadoras (II), Instituições de Consultoria de Aquisição (ICA) e

---

<sup>1</sup> MPS.BR, MPS, MR-MPS-SW, MR-MPS-SV, MR-MPS-RH, MA-MPS e MN-MPS são marcas da SOFTEX. A sigla MPS.BR está associada ao Programa MPS.BR, que é coordenado pela SOFTEX. A sigla MPS é uma marca genérica associada aos Modelos MPS, compreendendo as siglas MPS-SW associada à Melhoria de Processo de Software, a sigla MPS-SV associada à Melhoria de Processo de Serviços e a sigla MPS-RH associada à melhoria de Processo de Recursos Humanos.

Instituições Avaliadoras (IA), emitindo parecer propondo à SOFTEX o seu descredenciamento no caso atuação que comprometa a credibilidade do Programa MPS.BR.

Cabe à ETM (i) apoiar a SOFTEX nas questões estratégicas relacionadas ao programa MPS.BR e aos modelos MPS, com o envolvimento dos sênior advisor, (ii) tomar decisões sobre os aspectos técnicos relacionados aos Modelos MPS no que se refere à sua criação e aprimoramento contínuo; (iii) propor ações visando a capacitação de profissionais das empresas, dos implementadores dos modelos e guias MPS e dos avaliadores MPS; (iv) apoiar a SOFTEX nas tarefas relacionadas à divulgação, disseminação e internacionalização dos Modelos MPS; (v) apoiar a SOFTEX na organização dos workshops do MPS (WAMPS).

A criação e o aprimoramento deste Guia de Implementação são também atribuições da ETM. Este Guia de Implementação MPS de Software – Parte 1 faz parte do conjunto de documentos dos Modelos MPS (disponíveis em [www.softex.br/mpsbr](http://www.softex.br/mpsbr)).

Este Guia de Implementação fornece orientações para implementar o nível G nas organizações de acordo com o Modelo de Referência MPS para Software (MR-MPS-SW), detalhando os processos contemplados no respectivo nível de maturidade e os resultados esperados com a implementação dos processos.

As alterações deste Guia de Implementação em relação à versão 2013 são decorrentes de:

- mudanças realizadas na versão 2016 do Modelo de Referência para Software (MR-MPS-SW).

As alterações deste Guia de Implementação em relação à versão 2012 são decorrentes de:

- inclusão do Modelo de Referência para Serviços (MR-MPS-SV); e
- alteração do logo da SOFTEX.

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-SW 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 DFP8.

## 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 e desta forma, aumentando também a produtividade nas empresas.

É objetivo do Programa MPS.BR que os modelos MPS sejam adequados ao perfil de empresas com diferentes tamanhos e características, privadas e governamentais, embora com especial atenção às micro, pequenas e médias empresas (mPME). Também é objetivo do Programa que os modelos do MPS sejam compatíveis com os padrões de qualidade aceitos internacionalmente e que tenha como pressuposto o aproveitamento as boas práticas representadas nos padrões e modelos de melhoria de processo já disponíveis. Dessa forma, os modelos MPS estão em consonância com as principais abordagens internacionais para definição, avaliação e melhoria de processos.

Os modelos MPS estão descritos por meio de documentos em formato de guias, disponíveis em [www.softex.br](http://www.softex.br):

- Guia Geral MPS de Software: contém a descrição da estrutura dos modelos MPS e detalha o Modelo de Referência MPS para Software (MR-MPS-SW), seus componentes e as definições comuns necessárias para seu entendimento e aplicação;
- Guia Geral MPS de Serviços: contém a descrição da estrutura dos modelos MPS e detalha o Modelo de Referência MPS para Serviços (MR-MPS-SV), seus componentes e as definições comuns necessárias para seu entendimento e aplicação;
- Guia Geral MPS de Gestão de Pessoas: contém a descrição da estrutura dos modelos MPS e detalha o Modelo de Referência MPS para Gestão de Pessoas (MR-MPS-RH), seus componentes e as definições comuns necessárias para seu entendimento e aplicação;
- Guia de Avaliação: descreve o processo e o método de avaliação MA-MPS, os requisitos para avaliadores líderes, avaliadores adjuntos e Instituições Avaliadoras (IA);

- Guias de Implementação: série de documentos que fornecem orientações para implementar, nas organizações, os níveis de maturidade descritos nos Modelos de Referência;
- Guia de Aquisição de Software: descreve um processo de aquisição de software e serviços correlatos. É descrito como forma de apoiar as instituições que queiram adquirir produtos de software e serviços correlatos apoiando-se no MR-MPS-SW.

### 3 Objetivo

O Guia de Implementação fornece orientações para implementar nas organizações os níveis de maturidade descritos no Modelo de Referência MR-MPS-SW, 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-SW 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-SW 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 que mudanças radicais nos processos podem fazer com que não seja mais possível utilizar os dados históricos coletados anteriormente para as medidas na análise da estabilidade dos processos.

No Nível B, 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 Projetos<sup>2</sup>.

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 do atributo de processo AP 4.1 (i) a (vi) 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.

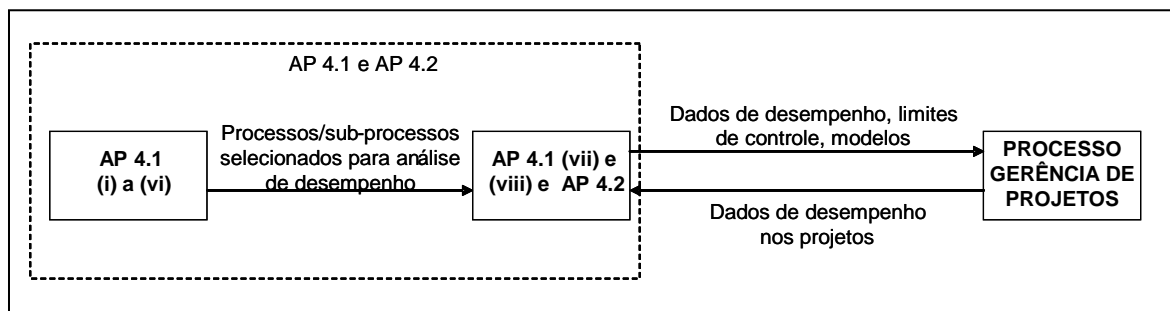
Para os processos/subprocessos selecionados para análise de desempenho, os demais itens requeridos do atributo de processo AP 4.1 e o atributo de processo AP 4.2 devem ser implementados.

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 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.

---

<sup>2</sup> 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.



**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-SW não tem novos processos. A mudança de nível implica na evolução do processo Gerência de Projetos, na implementação do atributo de processo AP 4.1 (i) a (vi) e na implementação dos demais itens requeridos do atributo de processo AP 4.1 e do atributo de processo 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-SW não tem novos processos. A mudança de nível implica na evolução do processo Gerência de Projetos, na implementação do atributo de processo AP 4.1 (i) a (vi) e na implementação dos demais itens requeridos do atributo de processo AP 4.1 e do atributo de processo AP 4.2 nos processos selecionados.

#### **Fábrica de Teste (Parte 10)**

O nível B do MR-MPS-SW não tem novos processos. A mudança de nível implica na evolução do processo Gerência de Projetos, na implementação do atributo de processo AP 4.1 (i) a (vi) e na implementação dos demais itens requeridos do atributo de processo AP 4.1 e do atributo de processo 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-SW 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 internacional ISO/IEC 25010, de modelos dinâmicos e de simulação, que podem servir de apoio às organizações que desejam implementar o nível B do MPS. 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 desempenho<sup>3</sup> 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

---

<sup>3</sup> 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].

outros problemas, aplicação de ações corretivas e preventivas e implantação de 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 25010

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.

Atualmente existem modelos de qualidade na serie SQuaRE [ISO/IEC, 2005]: o modelo de qualidade em uso e o modelo de qualidade do produto descritos na Norma Internacional ISO/IEC 25010 [ISO/IEC, 2011] definida como uma revisão da ISO/IEC 9126:1991 e o modelo de qualidade de dados descrito na Norma Internacional ISO/IEC 25012 [ISO/IEC, 2008].

Os modelos de qualidade do produto e de qualidade em uso são úteis para especificar requisitos, definir medidas e realizar avaliações da qualidade.

O modelo de qualidade do produto classifica as propriedades de qualidade do produto em oito características:

- **Adequação das funcionalidades:** grau em que o produto fornece funções que atendem as necessidades estabelecidas ou implícitas, quando usado sob condições especificadas. Suas subcaracterísticas são: Completeza funcional, Correção funcional e adequação funcional.
- **Eficiência no desempenho:** desempenho relativo à quantidade de recursos usados sob condições estabelecidas. Suas subcaracterísticas são: Comportamento em relação ao tempo, Utilização de recursos e Capacidade.
- **Compatibilidade:** grau pelo qual o produto é capaz de trocar informações com outros produtos ou executar suas funções requeridas, quando está compartilhando o mesmo ambiente de hardware e software. Suas subcaracterísticas são: Coexistência e Interoperabilidade.
- **Usabilidade:** grau em que o produto pode ser usado por usuários especificados para atingir objetivos especificados com efetividade, eficiência e satisfação em um contexto de uso especificado. Suas subcaracterísticas são: Reconhecimento da adequação, Facilidade de aprendizado, Operacionalidade, Proteção de erros do usuário, Estética da interface com o usuário e Acessibilidade
- **Confiabilidade:** grau em que o produto executa as funções especificadas nas condições especificadas em um determinado período de tempo. Suas subcaracterísticas são: Maturidade, Disponibilidade, Tolerância a falhas e Recuperabilidade.
- **Segurança:** grau em que o produto protege informações e dados, de forma que pessoas ou outros produtos têm grau de acesso a dados adequado a seu tipo e grau de autorização. Suas subcaracterísticas são: Confidencialidade, Integridade, não-repúdio, Rastreabilidade e Autenticidade.
- **Manutenibilidade:** grau de efetividade e eficiência com que o produto pode ser modificado por mantenedores estabelecidos. Suas subcaracterísticas são: Modularidade, Reutilizabilidade, Analisabilidade, Modificabilidade e Testabilidade.
- **Portabilidade:** grau de efetividade e eficiência com que o produto pode ser transferido de um hardware, software e sistema operacional para outro. Suas subcaracterísticas são: Adaptabilidade, Capacidade para ser instalado e Capacidade para substituir.

A qualidade em uso é o grau pelo qual um produto ou sistema pode ser usado por usuários específicos para satisfazer suas necessidades com efetividade, eficiência, satisfação e livre de riscos em um contexto de uso específico. As propriedades de qualidade em uso são classificadas em cinco características:

- **Efetividade:** refere-se à acurácia e completeza com que os usuários alcançam metas especificadas;
- **Eficácia:** refere-se aos recursos dispendidos em relação acurácia e completeza com que os usuários alcançam as metas especificadas.

- **Satisfação:** grau com que as necessidades dos usuários são satisfeitas quando o produto ou sistema é utilizado em um contexto de uso especificado. Suas subcaracterísticas são: Utilidade, Confiança, Prazer e Conforto.
- **Livre de Riscos:** grau com que o produto ou sistema mitiga potenciais riscos. Suas subcaracterísticas são: Mitigação de riscos econômicos, Mitigação de riscos a pessoas e Mitigação de riscos ambientais.
- **Cobertura de contexto:** grau em que o produto ou sistema pode ser usado com efetividade, eficiência, satisfação e livre de riscos tanto em contextos de uso especificados quanto em contextos que não foram inicialmente identificados. Suas subcaracterísticas são: Completeza de contexto e Flexibilidade.

#### 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 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 formais<sup>4</sup> 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.

---

<sup>4</sup> 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].

- 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.
- 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/produktividade; 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".

<b>Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização</b>	
<b>Adquirentes de Software (Parte 8)</b>	Não são permitidas exclusões de resultados deste processo.
<b>Fábrica de Software (Parte 9)</b>	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.
<b>Fábrica de Teste (Parte 10)</b>	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 anteriores<sup>5</sup>, no nível B os resultados esperados GPR22<sup>6</sup> a GPR28 são incorporados, refletindo a abordagem quantitativa da gerência de projetos neste nível. Estes resultados esperados para o processo Gerência de

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

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

Projetos estão baseados na área de processo Gerência Quantitativa de Projetos do CMMI-DEV [SEI, 2010].

### **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 [ANTONIO 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-SW. 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) . 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. 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].

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

#### **5.3.4 GPR25 - (A partir do nível B) Selecionar medidas e técnicas analíticas a 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 (AP 4.1). 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**

---

<b>Adquirentes de Software (Parte 8)</b>	Com esta monitoração o adquirente pode prever a possibilidade de serem atingidos os objetivos do projeto quanto à qualidade e ao desempenho do processo.
--	--

---

<b>Fábrica de Software (Parte 9)</b>	Sem comentário adicional para este resultado.
--------------------------------------	---

---

<b>Fábrica de Teste (Parte 10)</b>	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.

---

##### **Fábrica de Teste (Parte 10)**

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-SW, “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, 2016].

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 AP 4.1 itens (i) a (vi)).

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 itens (vii) e (viii) do atributo de processo AP 4.1 e o atributo de processo AP 4.2 para todos os processos e/ou subprocessos selecionados para análise de desempenho. A implementação dos itens (i) a (vi) de AP 4.1 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 itens (i) a (vi) do atributo de processo AP 4.1 é identificar os processos/subprocessos para os quais *faz sentido* serem gerenciados quantitativamente e não simplesmente aqueles que se *desejaria* gerenciar quantitativamente. Estes itens de AP 4.1 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-SW poderiam ser candidatos à gerência quantitativa, porém isso faz sentido para apenas um subconjunto destes processos. Assim, AP 4.1 (a partir do item (vii)) e AP 4.2 são implementados apenas para aqueles processos do MR-MPS-SW para os quais faz sentido a gerência quantitativa.

Em uma avaliação segundo o MA-MPS [SOFTEX, 2015] 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 como 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.

<b>Comentários adicionais para implementação em diferentes tipos de organização</b>	
<b>Adquirentes de Software (Parte 8)</b>	<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>
<b>Fábrica de Software (Parte 9)</b>	<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>
<b>Fábrica de Teste (Parte 10)</b>	<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.

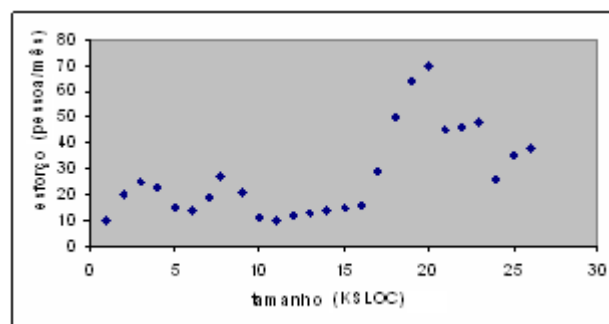
Há uma relação direta entre a análise de desempenho de processos, gerência quantitativa de projetos e gerência estatística, porém, é importante perceber que, no âmbito dos processos, há diferença entre os termos “*estar sob controle quantitativo*” e “*estar sob controle estatístico*”. Um processo está 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, 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.

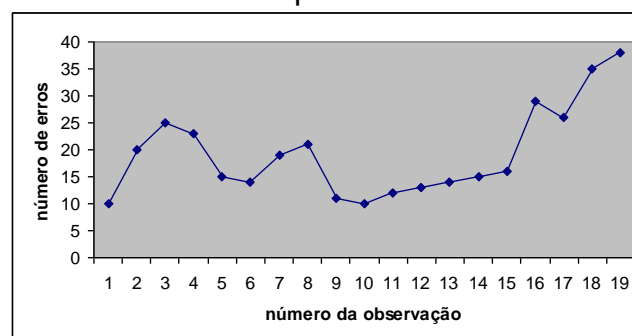
Exemplos de métodos estatísticos são os diagramas *scatter*, gráficos de tendências, histogramas, diagramas de causa e efeito, gráficos de barras, diagrama de Pareto e gráficos de controle [FLORAC e CARLETON, 1999].

Diagramas *Scatter*, apresentado na Figura 2, 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.



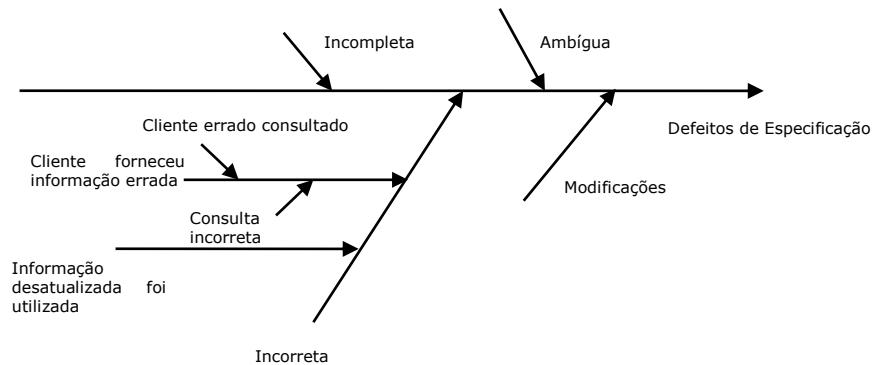
**Figura 2 – Exemplo de Diagrama *Scatter* relacionando esforço e tamanho**

Gráficos de Tendência (Figura 3) 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.



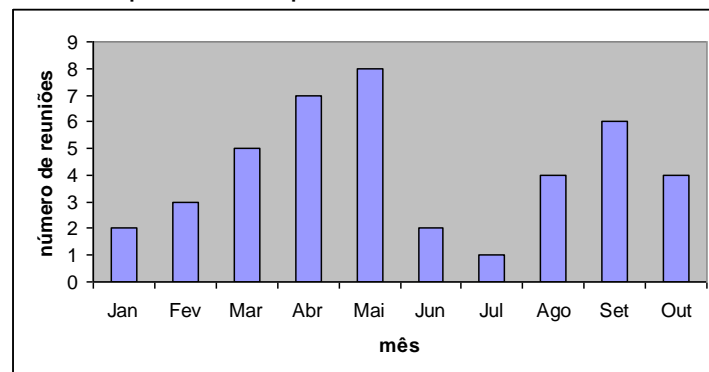
**Figura 3 – Exemplo de Gráfico de Tendência**

Diagramas de Causa e Efeito (Figura 4), 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.



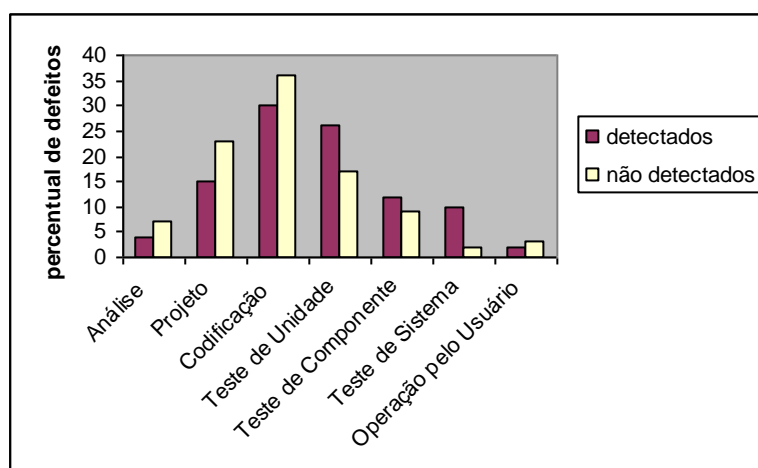
**Figura 4 – Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito**

Histogramas, como o da Figura 5, 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.



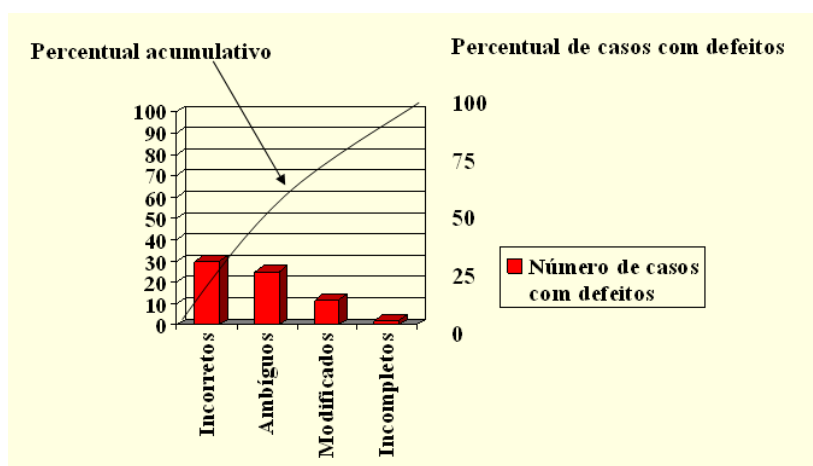
**Figura 5 – Exemplo de histograma**

Gráficos de Barras (Figura 6) 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, ao analisar a Figura 7, o gerente é capaz de identificar as causas que estão gerando o maior número de defeitos<sup>7</sup>.



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

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

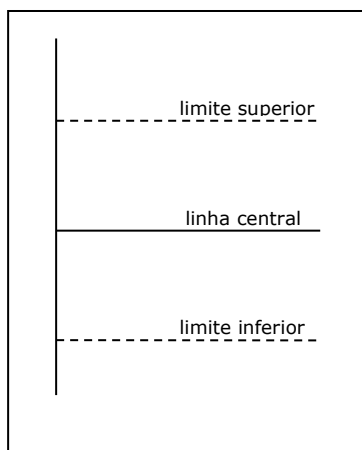
Existem diversos tipos de gráficos de controle e cada tipo é melhor aplicável sob determinadas circunstâncias. O primeiro passo para utilizar um gráfico de controle é

<sup>7</sup> 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)

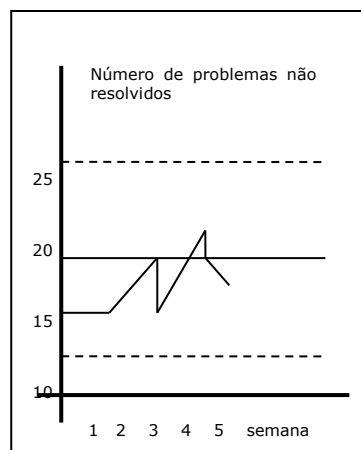
selecionar o tipo adequado às medidas e contexto a serem analisados. Em seguida, os dados devem ser ‘plotados’ e os limites de controle calculados.

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; ROCHA *et al*, 2012]

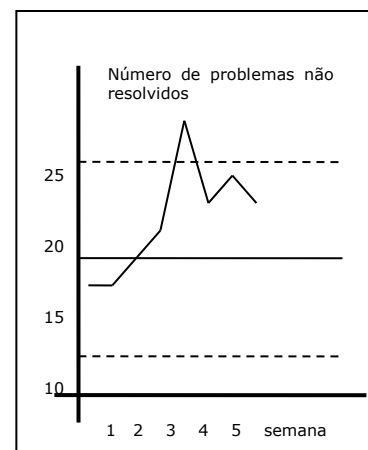
A Figura 8.b ilustra um exemplo de aplicação de um gráfico de controle para representar dados de medidas coletadas em um processo onde não há causas especiais. A Figura 8.c apresenta um exemplo onde há causas especiais visíveis.



**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**

**O atributo de processo 4.1 é a medida do quanto as necessidades de informação são definidas, os relacionamentos entre os elementos de processo**

**são identificados e dados são coletados. Como resultado da execução completa deste atributo de processo:**

Nota: A execução de (i) a (vi) é obrigatória e deve ser realizada uma única vez e ao mesmo tempo para todos os processos. Caso o processo ou um elemento de processo a ele relacionados não tenham sido escolhidos para análise de desempenho, todos os demais itens a partir de (vii) não são considerados e o atributo de processo é considerado fora de escopo para este processo.

**(i) os processos que estão alinhados a objetivos quantitativos de negócio são identificados.**

Trata-se, aqui, de identificar os objetivos de negócio da organização e os processos/subprocessos que estão relacionados ao alcance destes objetivos. Busca-se, portanto, entender como os objetivos de negócio estão relacionados aos processos de software de forma a 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].

**(ii) foram identificadas as necessidades de informação dos processos requeridas para apoiar o alcance dos objetivos de negócio relevantes da organização.**

Necessidades de informação refletem necessidades gerenciais, técnicas, de projetos, do processo e do produto. Trata-se, aqui, de identificar as necessidades de informação dos processos identificados em (i) para apoiar o alcance dos objetivos de negócio da organização. Tem-se, assim, o entendimento de como os objetivos de negócio da organização estão relacionados aos processos de software e às necessidades de informação destes processos.

**(iii) os objetivos de medição do processo foram definidos a partir das necessidades de informação.**

A partir da seleção dos processos/subprocessos e da identificação das necessidades de informação relacionadas a estes processos/subprocessos, a organização/unidade organizacional pode derivar os seus objetivos de medição.

Alguns aspectos fundamentais são, em geral, partilhados 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.

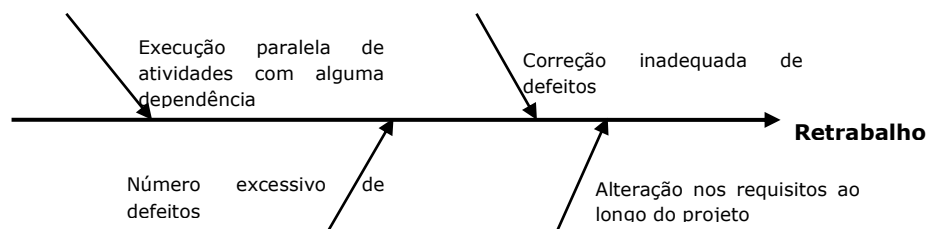
**(iv) relacionamentos mensuráveis entre elementos do processo que contribuem para o desempenho do processo são identificados;**

Não é viável, nem útil, aplicar técnicas de análise de desempenho a todos os processos da organização. A seleção deve ser baseada nos objetivos de qualidade e desempenho da organização que são derivados dos objetivos de negócio. Trata-se, neste item, de identificar os elementos de processo (subprocessos) que contribuem de forma significativa para o desempenho do processo e relacionamentos mensuráveis entre eles.

Em outras palavras, devem ser selecionados subprocessos que sejam relevantes (críticos) ao alcance dos objetivos estabelecidos para a organização e para os projetos.

Quando há dúvidas sobre quais subprocessos são críticos (ou quais são os mais críticos), a utilização de alguns métodos comumente aplicados na investigação de causas de problemas pode ajudar. Nesse contexto, destacam-se o diagrama de causa e efeito (também conhecido como diagrama espinha de peixe ou diagrama Ishikawa) e o diagrama de Pareto.

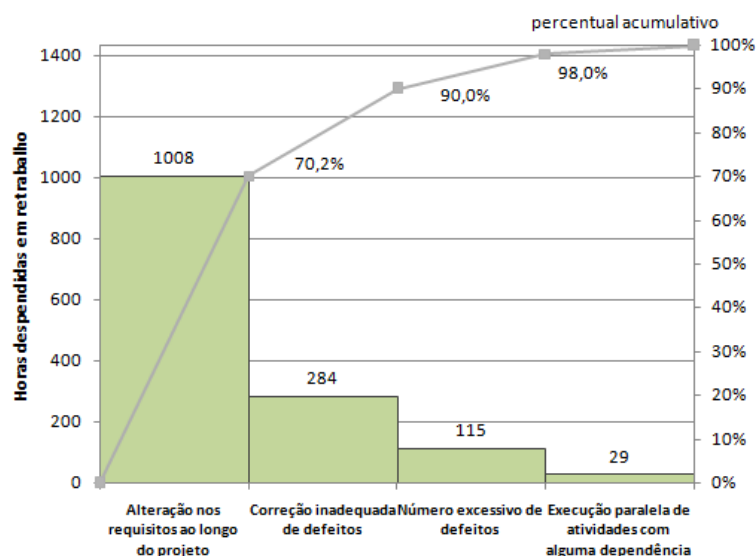
Conhecer as causas de um problema permite a investigação dos subprocessos onde as causas têm origem, o que pode ser bastante útil quando os objetivos da organização estão, de alguma forma, relacionados a algum problema [ROCHA *et al*, 2012]. Por exemplo, suponha que uma organização tenha como um de seus principais objetivos diminuir os custos com retrabalho. Seguindo a diretriz apresentada, devem ser identificados os subprocessos que impactam no alcance desse objetivo. Nesse caso, devem-se buscar os subprocessos que provocam retrabalho. Suponha, ainda, que buscando representar as razões que levam ao retrabalho, a organização tenha gerado o diagrama de causa e efeito ilustrado na Figura 9.



**Figura 9 – Diagrama de Causa e Efeito para análise das causas de retrabalho [ROCHA *et al*, 2012].**

Tendo sido apontadas as causas do retrabalho, os subprocessos onde elas têm origem podem ser identificados. No entanto, no exemplo dado, mesmo tendo sido gerado um diagrama relativamente simples, foram identificadas quatro causas de retrabalho e pode não ser prático, nem necessário, controlar estatisticamente os subprocessos relacionados a todas as causas apontadas. Nesse caso, para identificar a causa que impacta mais significativamente no retrabalho, pode-se usar o diagrama de Pareto.

Retornando ao exemplo, suponha que tenha sido feita uma análise da quantidade de horas despendidas em retrabalho nos projetos da organização para cada causa identificada, tendo sido construído o diagrama da Figura 10. Este diagrama permite identificar que a causa que mais impacta na quantidade de retrabalho é alteração nos requisitos do projeto, pode-se selecionar para análise de desempenho o subprocesso onde essa causa tem origem, que poderia ser Levantamento de Requisitos.



**Figura 10 – Diagrama de Pareto para análise das causas de retrabalho [ROCHA et al, 2012].**

**(v) os objetivos quantitativos para qualidade e desempenho do processo da organização foram definidos e estão alinhados às necessidades de informação e aos objetivos de negócio;**

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.



**(vi) os processos 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 item de AP 4.1 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 e demais informações obtidas através da execução dos itens anteriores. Os processos/subprocessos críticos são aqueles capazes de fornecer os dados necessários para planejamento e monitoramento de medições relacionadas às questões que poderão afetar substancialmente o alcance dos objetivos da organização<sup>8</sup>.

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?
- 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, ou que isto se faça necessário por outras razões, como, por exemplo [SEI, 2010]: as predições 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,

---

<sup>8</sup> 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]

sugere-se o uso dos mecanismos providos pela implantação do processo Gerência de Decisões (GDE).

**(vii) medidas adequadas para análise de desempenho do processo, incluindo a frequência de realização das medições, são identificadas, definidas e incorporadas ao plano de medição da organização;**

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. Note que as medidas utilizadas no Nível B (e nível A) devem ser adequadamente definidas no plano de medição organizacional, aquele previsto pela implementação do processo Medição do nível F do MR-MPS-SW.

É importante que mesmo que várias várias pessoas colem as medidas, todos consigam coletar os mesmos valores independentemente do momento em que a coleta for realizada. Devido a isso, é imprescindível que os procedimentos de coleta e análise das medidas seja o mais preciso e inequívoco possível.

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]. Um exemplo de Plano de Medição pode ser encontrado em [ROCHA *et al.*, 2012].

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 operacional<sup>9</sup> e estabelecer o plano de medição (ver processo Medição). Exemplos de definição operacional de medidas podem ser encontrados em [ROCHA *et al.*, 2012]

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].

**(viii) resultados de medições são coletados, validados e reportados para monitorar o quanto os objetivos quantitativos para o desempenho do processo foram alcançados.**

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,

---

<sup>9</sup> 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.

tais como o tamanho estimado total, linguagem de programação utilizada, perfil da equipe do projeto, ambiente de desenvolvimento e versão do processo utilizado<sup>10</sup>. Estas informações são importantes para a análise das medidas e das *baselines* de desempenho e não podem ser descartadas pela organização. 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.

A qualidade das medições em organizações de alta maturidade é algo muito importante. Isso decorre do fato de que a base para o controle estatístico de processos é um conjunto de medidas bem definidas. A coleta de medidas deve ser feita da maneira mais correta possível. Não restando dúvidas sobre o valor coletado. É importante que mesmo que várias várias pessoas colem as medidas, todos consigam coletar os mesmos valores independentemente do momento em que a coleta for realizada. Essas medidas serão posteriormente analisadas utilizando técnicas estatísticas que são muito as sensíveis a variações. Se houver qualquer diferença de valores para a coleta de uma medida em relação ao dado deveria ter sido coletado (por exemplo, o número de defeitos for 3.2, mas alguém coletar como 3.0 e ninguém perceber), as análises feitas posteriormente podem ser comprometidas e organização pode não ser capaz de avaliar corretamente a estabilidade e a capacidade de seus processos. Pior do que isso, a organização pode tomar ações como base em dados incorretos e, portanto, tomar ações equivocadas com possíveis prejuízos difíceis de serem previstos.

Recomenda-se que haja procedimentos de garantia da qualidade das medições realizadas para impedir a coleta inadequada. Além disso, é importante que os valores coletados possam ser rastreados (e inequivocamente recoletados, caso necessário) às suas origens. Também é importante que os dados coletados estejam sempre associados a informações de contexto que permitam rastrear as suas origens.

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.

---

<sup>10</sup> 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-SW).

### 6.3 AP 4.2 - O processo é controlado

O atributo de processo AP 4.2 é a medida do quanto dados objetivos são utilizados para gerenciar o desempenho do processo que é predizível. Como resultado da implementação completa deste atributo de processo:

NOTA: Caso o processo ou elemento de processo a ele relacionado não tenham sido escolhidos para análise de desempenho, AP 4.2 não é executado.

#### (i) técnicas para análise dos dados coletados são selecionadas.

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], [WHEELER e CHAMBERS, 1992], [ROCHA *et al.*, 2012]. A Tabela 1 resume os tipos de gráficos de controle e sua aplicabilidade. Outras técnicas para análise de dados estão descritas na seção 6.1.1 (Análise de desempenho de processos).

**Tabela 1 – Tipos de gráficos de controle [ROCHA *et al.*, 2012]**

<b>Tipo de Gráfico de Controle</b>	<b>Características</b>	<b>Exemplo de situação onde se aplica</b>
<b>Para Dados de Variáveis</b>		
<i>X-bar e R</i>	Adequado para analisar o comportamento do processo através de subagrupamentos de medidas obtidas, basicamente, sob as mesmas condições, em determinados períodos de tempo. O gráfico <i>X-bar</i> ( <i>average</i> ) analisa a média dos valores em cada subagrupamento e o gráfico <i>R</i> ( <i>range</i> ) indica a variação interna dos subgrupos. Se limita a subgrupos formados por até 10 observações.	Um gerente deseja analisar a quantidade de horas semanais que são dedicadas em atividades de manutenção. As horas de trabalho com manutenção são registradas diariamente. Para uma análise semanal, os dados devem ser subagrupados por semana. Cada subgrupo tem 5 observações (uma para cada dia da semana).
<i>X-bar e S</i>	Aplicado nas mesmas situações que <i>XbarR</i> , mas também considera subgrupos com mais de 10 observações.	Um gerente deseja analisar a taxa de inspeção de código das <i>releases</i> de um de seus produtos. O produto tem 5 <i>releases</i> e em cada uma delas foram realizadas 13 inspeções. Como a análise desejada é por <i>release</i> , os dados devem formar 5 subgrupos de 13 observações.

<b>Tipo de Gráfico de Controle</b>	<b>Características</b>	<b>Exemplo de situação onde se aplica</b>
<i>XmR</i>	Adequado para analisar o comportamento de um processo quando uma mesma medida é coletada frequentemente. Nesse tipo de gráfico de controle o gráfico X representa os valores individuais das medidas analisadas e o gráfico mX ( <i>moving range</i> ) representa a variação móvel existente entre dois valores consecutivos.	Um gerente deseja analisar o esforço diário despendido com manutenção no último mês. Os dados do esforço são registrados diariamente. Nesse caso, o gerente deseja analisar uma única variável (esforço) medida frequentemente, sem necessidade de criar subgrupos.
<i>XMmR</i>	Similar ao <i>XmR</i> , porém para analisar as variações é utilizada a mediana ( <i>XmR</i> usa a média), que pode ser mais sensível às causas assinaláveis, principalmente quando a variação móvel ( <i>moving range</i> ) possui alguns valores que podem elevar ou diminuir os limites desnecessariamente.	Um gerente deseja analisar o esforço diário despendido com manutenção no último mês e observa que, entre os valores coletados, há três que destoam consideravelmente de seus antecessores.
<i>mXmR</i>	Segue a mesma filosofia dos gráficos <i>XmR</i> e <i>XMmR</i> , porém, além de considerar a variação móvel ( <i>moving range</i> ), considera a média móvel ( <i>moving average</i> ). É adequado para avaliar as tendências do comportamento dos processos ao longo do tempo, considerando valores acumulados.	Um gerente de projetos de software deseja analisar o progresso do desenvolvimento das unidades de um software. Para isso, mensalmente, devem ser consideradas, acumuladamente, as unidades que foram concluídas desde o início do projeto até o momento atual.
<b>Para Dados de Atributos</b>		
<i>C Chart</i>	Adequado para representar a contagem de eventos em áreas de observação constantes.	Um gerente de projetos de software deseja analisar a quantidade de falhas de um determinado software registradas diariamente.
<i>U Chart</i>	Adequado para representar a contagem de eventos que podem ser medidos em áreas de observação diferentes. Por esse motivo, os limites de controle superior e inferior são calculados para cada observação. Antes de ser realizada a comparação entre os valores coletados, eles devem ser transformados em taxas.	Um gerente de projetos de software deseja analisar a quantidade de defeitos encontrados por módulo em um determinado software, sendo que cada módulo tem um tamanho diferente.
<i>Z Chart</i>	Converte os valores de um <i>U Chart</i> para a escala baseada em sigma. É adequado para visualizar tendências à instabilidade no comportamento do processo por ser mais sensível quando há grandes diferenças entre os valores das observações.	Idem <i>U Chart</i> .
<i>XmR e XMmR</i>	Idem <i>XmR</i> e <i>XMmR</i> para dados variáveis, porém, aplicados a dados atribuídos.	

**(ii) dados de medições são analisados com relação a causas especiais (atribuíveis) de variação do processo;**

Do ponto de vista da análise de desempenho, 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.

À medida que as causas especiais são identificadas e tratadas, a variabilidade no desempenho do processo é reduzida, até o processo 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].

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  $2\sigma$  (do mesmo lado);
- T3: Se, entre 5 pontos consecutivos, existirem 4 fora da linha de  $1\sigma$  (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].

### **(iii) o desempenho do processo é caracterizado;**

O objetivo deste item 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.

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

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].

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].



**(iv) ações corretivas foram executadas para tratar causas especiais de variação;**

Controlar quantitativamente o desempenho do processo implica na implementação de ações corretivas definidas para tratar causas especiais de variação.

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]. Em todo caso, é importante manter-se informações de contexto relacionadas a todas as análises realizadas de forma a garantir o rastro das decisões tomadas para a composição da *baselines*.

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.

**(v) se necessário, análises adicionais são realizadas para avaliar o processo sob o efeito de causas especiais de variação;**

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.

**(vi) modelos de desempenho do processo são estabelecidos, melhorados e ajustados em função do conhecimento adquirido com o aumento de dados históricos, compreensão das características do processo ou mudanças no próprio negócio da organização.**

Um modelo de desempenho de processo é a descrição do relacionamento entre um atributo mensurável de um ou mais processos ou produtos de trabalho que são desenvolvidos a partir de dados do desempenho histórico do processo e são usados para prever o desempenho futuro.

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.

## 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
- [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.
- [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.
- [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] FUGGETTA, 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, 2005] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC 25000: Software Engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Guide to SQuaRE**. Geneve: ISO, 2005.
- [ISO/IEC, 2008] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC 25012: Software Engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Data quality model**. Geneve: ISO, 2008.
- [ISO/IEC, 2011] - the International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission. **ISO/IEC 25010: Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models**. Geneve: ISO, 2011.
- [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
- [ROCHA *et al.*, 2012] ROCHA, A.R.C.da, SOUZA, G.S., BARCELLOS, M.P. ***Medição de Software e Controle Estatístico de Processos***, PBQP, 2012
- [ROEHLING *et al.*, 2000] ROEHLING, S. T , COLLOFELLO, J.S., HERMANN, B.G., SMITH-DANIELS, D. E., ***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, 2010] 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, 2015]. ASSOCIAÇÃO PARA PROMOÇÃO DA EXCELÊNCIA DO SOFTWARE BRASILEIRO – SOFTEX. ***MPS.BR – Guia de Avaliação:2015***, 2015. Disponível em: [www.softex.br](http://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 6:2016**

### **Editor:**

Ana Regina C. Rocha

COPPE/UFRJ e Implementum Consultoria

### **Revisores:**

Gleison dos Santos Souza

COPPE/UFRJ e Implementum Consultoria

## **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
---------------	---------