

PROJETOS PARA REDUZIR CUSTOS DE FALHAS INTERNAS: UM ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA DE ALTA TECNOLOGIA

Aparecido Schmidt Simões

Maria Carolina A.F. de Souza

Miguel Juan Bacic

Resumo:

Neste trabalho, é apresentado um caso de aplicação de ações para diminuir os custos de qualidade de uma empresa de alta tecnologia. O caminho escolhido foi o ataque aos fatores causadores de falhas internas. No texto, é mostrado que a aplicação do princípio econômico (máxima rentabilidade sobre o capital investido) pode auxiliar na escolha entre distintos projetos que visam diminuir os custos da má qualidade. Finalmente, é enfatizada a aplicação do conceito de aprendizado contínuo em situações complexas, onde há diversidade de fatores que causam má qualidade. Conclui-se que as ações para diminuir os custos da má qualidade acabam por fortalecer a competitividade da empresa.

Palavras-chave:

Área temática: *Custos da Qualidade*

12.4. PROJETOS PARA REDUZIR CUSTOS DE FALHAS INTERNAS: UM ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA DE ALTA TECNOLOGIA

Eng. Mec. Aparecido Schmidt Simões*

Dra. Maria Carolina A.F. de Souza**

M. S. Miguel Juan Bacic**

Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas

Caixa Postal 6135, 13083-970 Campinas

Fax (019) 289-1512; e-mail: carols@eco.unicamp.br

bacic@turing.unicamp.br

RESUMO

Neste trabalho, é apresentado um caso de aplicação de ações para diminuir os custos de qualidade de uma empresa de alta tecnologia. O caminho escolhido foi o ataque aos fatores causadores de falhas internas.

No texto, é mostrado que a aplicação do princípio econômico (máxima rentabilidade sobre o capital investido) pode auxiliar na escolha entre distintos projetos que visam diminuir os custos da má qualidade. Finalmente, é enfatizada a aplicação do conceito de aprendizado contínuo em situações complexas, onde há diversidade de fatores que causam má qualidade.

Conclui-se que as ações para diminuir os custos da má qualidade acabam por fortalecer a competitividade da empresa.

* Aluno especial do Mestrado em Qualidade / UNICAMP, CQE & CQA / ASQ – American Society for Quality, Examinador do Prêmio Nacional da Qualidade – PNQ 96/97. Instrutor da Banca Examinadora – PNQ 98.

** Professor do IE/UNICAMP e do Mestrado em Qualidade do IMECC/UNICAMP

PROJETOS PARA REDUZIR CUSTOS DE FALHAS INTERNAS: UM ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA DE ALTA TECNOLOGIA

1. Introdução

As ações para diminuição dos custos da qualidade consistem em preciosas oportunidades à disposição dos gerentes para agir sobre os custos de forma inteligente, eliminando do sistema fatores endógenos causadores de desperdícios, que são, muitas vezes, de baixa visibilidade. No atual cenário, é importante atingir um elevado padrão de qualidade sem perder competitividade em custos. A gestão dos custos, enfrentando os fatores que causam má qualidade, tem sido reconhecida como importante por diversos autores.

É preciso distinguir dois tipos de ações para diminuir custos: as espúrias e as consistentes. As primeiras apoiam-se nas conhecidas políticas de compressão de salários, de aumento de produtividade através da pressão sobre a força de trabalho, de negociações “para espremer” os fornecedores de menor porte, de sonegação de impostos, etc. Essas políticas, em sua desenfreada procura de custos menores, acabam, muitas vezes, por debilitar elementos que fazem parte do próprio sistema-empresa. A médio e longo prazos, a empresa enfraquece e perde competitividade.

As políticas consistentes visam fortalecer os distintos elementos que compõem o sistema-empresa. Da melhoria, espera-se obter custos menores. Operários treinados, fornecedores capazes de entregar produtos de qualidade, e processos sem falhas levarão a custos menores e a um padrão de qualidade superior. As ações para diminuir custos acabam por fortalecendo a competitividade da empresa.

Este trabalho discute um caso de aplicação de ações consistentes para diminuir os custos de uma empresa. O caminho escolhido foi o ataque aos fatores causadores de falhas internas. No texto, é mostrado que a aplicação do princípio econômico (de máxima rentabilidade sobre o capital investido) pode auxiliar na escolha das ações que visam diminuir os custos da má qualidade. Finalmente, é enfatizada a aplicação do conceito de aprendizado contínuo em situações complexas, onde há diversidade de fatores que causam má qualidade.

2. Custos de qualidade: rentabilidade e aprendizado

O conceito de custos de qualidade está relacionado com custos que surgem da falta de conformidade do produto com determinados padrões fixados. O conceito é creditado a Juran, que o enunciou em 1951 em seu primeiro *Quality Control Handbook* (Quality Cost Technical Committee, 1986). Segundo Juran e Gryna (1990: 86), os custos da qualidade representam “principalmente os custos para se encontrar e corrigir o trabalho defeituoso”. Deve-se entender “custos de qualidade” como sinônimo de “custos da má qualidade”. Como afirmam Morse, Roth e Poston (1987: 2), “Os custos da qualidade existem porque a má qualidade está presente de forma potencial ou concreta”.

Juran identifica duas grandes categorias de custos da qualidade: aqueles relacionados com as falhas e aqueles relacionados com os esforços para diminuir ou impedir o surgimento das falhas. Surge, assim, a conhecida classificação de custos da qualidade: custos de falhas internas, custos de falhas externas, custos de avaliação e custos de prevenção.

Os custos das falhas internas representam os custos dos defeitos que são detectados antes que o produto chegue ao cliente. Os custos das falhas externas surgem dos defeitos encontrados após o produto ter sido enviado ao cliente. Falhas internas e falhas externas representam os custos concretos da má qualidade. São custos que não existiriam caso a qualidade fosse perfeita.

Os custos de avaliação surgem das atividades necessárias para identificar a conformidade do produto com os requisitos de qualidade. Os custos de prevenção são os custos que decorrem dos esforços para manter em níveis mínimos as falhas e a necessidade de inspeção.

Para reduzir o custo com as falhas, Juran propõe o aumento de esforços com avaliação e prevenção. Os custos de avaliação e prevenção devem ser aumentados até atingir o custo mínimo de qualidade. O modelo de custo mínimo de qualidade é baseado nas seguintes constatações: a) os custos de falhas são zero quando todas as unidades são boas, e é infinito (por unidade boa) quando todas são defeituosas; b) os custos de avaliação e prevenção são nulos quando todas as unidades são defeituosas, e sobem à medida que se aproxima do zero defeito; c) a soma das duas curvas anteriores possibilita obter a curva que demonstra o total dos custos de qualidade.

O formato da curva do custo total de qualidade depende das condições materiais de produção. Quando a possibilidade de erro está sempre presente (por exemplo no caso de dependência do trabalho humano em operações sensíveis), essa curva tem forma de “U”. O custo mínimo total é encontrado antes de atingir o nível 100% bom. Quando as condições de produção são favoráveis (robótica, testes automatizados, materiais e componentes de alta confiabilidade), é possível atingir um mínimo de custo total de qualidade ao atingir a plena conformidade.

Independentemente de suas condições específicas de produção toda empresa deve se esforçar para atingir o ponto de custo total mínimo de qualidade. Por um lado, projetos para melhoria da conformidade podem apresentar ricas oportunidades para as empresas que estão longe da plena conformidade. Por outro lado, aquelas empresas que estão próximas de perfeição devem avaliar a oportunidade de diminuir os custos de avaliação. Em todas as situações, a metodologia básica consiste na identificação de oportunidades e na elaboração de projetos que avaliem os benefícios da redução dos custos da má qualidade.

É provável que, num determinado momento, seja possível identificar várias oportunidades específicas para aperfeiçoar a qualidade. Dado que o capital é escasso, quais projetos devem ser priorizados? Para ser consistente com o critério econômico (que outorga prioridade à rentabilidade do capital), é necessário comparar o investimento efetuado com os benefícios esperados, no caso, a diminuição estimada de custos. Isto é, tendo n projetos estes podem ser ordenados segundo algum critério de rentabilidade. No caso de ações orientadas no curto prazo, o fator valor do dinheiro no tempo não é relevante; podem, então, ser utilizadas medidas simples, tais como ROI ou *pay-back*. Caso os projetos envolvam ações no longo prazo, é recomendável utilizar as medidas tradicionais de avaliação de rentabilidade que consideram o valor do dinheiro no tempo: taxa interna de retorno e valor atual líquido.

Um problema que surge em todo projeto elaborado é a definição do horizonte temporal do mesmo. No caso da elaboração de projetos para diminuir os custos da má

qualidade, o horizonte temporal dependerá das características específicas das ações a serem tomadas.

É possível pensar em ações que alterem fatores profundos do “sistema empresa” que levam a produção endógena de não conformidades (Bacic, 1997). É o caso de empresas mal gerenciadas que não tem sistema de qualidade; também é o caso de empresas administradas de forma autocrática, onde impera o medo. Para essas ações, o benefício (diminuição de custos) se estenderá por todo o período de investimento da unidade de capital. Ou seja, pode-se adotar o mesmo horizonte temporal utilizado na elaboração dos projetos de investimento.

Uma situação diametralmente oposta pode ser encontrada em empresas que já possuem sistema de qualidade e usufruem de um gerenciamento que respeita os principais aspectos da gestão pela qualidade total. Os problemas não serão “do sistema”; A má qualidade surgirá de problemas específicos relacionados com características de determinada linha produtiva, com falhas decorrentes de alguma operação específica, ou em não conformidades oriundas de algum material ou componente específico fornecido por terceiros. Nesse caso, o período relevante é o ciclo de vida do produto, dado que, ao ser substituído o produto, os problemas específicos de má qualidade deixam de existir. Um novo produto trará provavelmente novos problemas específicos.

É possível pensar em situações intermediárias. No caso de empresas bem administradas, é possível identificar ações que, mesmo beneficiando um produto específico, podem ter efeitos positivos nos níveis de conformidade de futuros produtos. É o caso de um treinamento que torna mais aptos os operários, capacitando-os de forma ampla para produzir e para enfrentar problemas. Este tipo de treinamento é distinto do treinamento que ensina a executar corretamente determinada operação e que existe unicamente no contexto da fabricação de determinado produto. O horizonte a ser considerado estará relacionado com o tempo durante o qual o treinamento será útil para a empresa. Um fator importante a considerar é o tempo médio de permanência no emprego dos operários treinados.

Um ponto importante a ser considerado na diminuição dos custos da qualidade é que as ações sobre os fatores causadores destes custos não são diretas (ou mecânicas). Existe razoável complexidade, e, quando os fatores são complexos, não é possível usar “receitas prontas”. É preciso observação, estudo e reflexão. O aprendizado da equipe gerencial cumpre um papel fundamental.

Melhorias significativas em processo não são normalmente atingidas a partir da primeira análise e das primeiras ações. Para tanto, o pano de fundo de todo o projeto de melhoria deve ser o ciclo *PDSA*, ou seja, *plan, do, study and act* (ver. Figura 1).

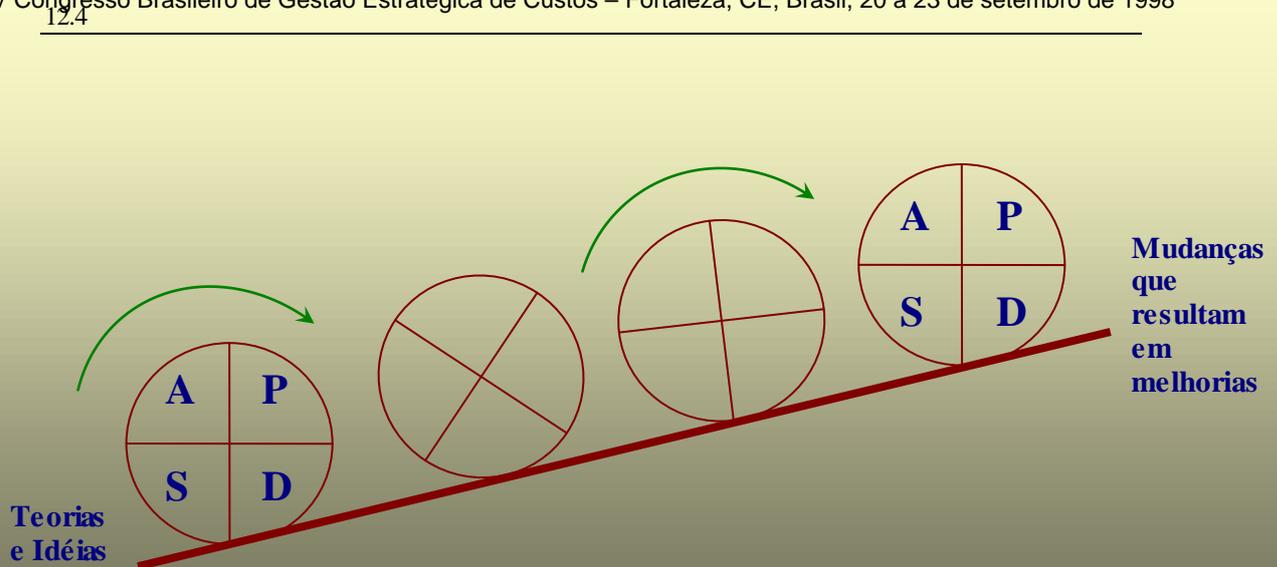


FIGURA 1 Rodadas do Ciclo PDSA caracterizando aprendizado e direcionando implementação de melhorias (ref. LANGLEY, Gerald et al. 1996)

O ciclo *PDSA* pressupõe que, existindo um certo objetivo a ser atingido, deve-se planejar um ataque inicial, executar esse plano, avaliar e estudar os resultados atingidos, e agir na melhoria e aperfeiçoamento do plano inicial. É, portanto, um ciclo que deve rodar algumas vezes até que o objetivo final seja realmente atingido. Não há uma regra geral para o número de vezes que o ciclo deve girar, pois isso depende de uma série de fatores. O importante é que haja velocidade no giro do ciclo. O conceito que está por trás é o do aprendizado contínuo, que é intensificado a cada rodada do *PDSA*.

3. O caso: a empresa fabricante de produtos de alta tecnologia

O estudo a seguir, que é baseado num caso real, apresenta a aplicação prática dos conceitos discutidos. O foco é a diminuição dos custos das falhas internas, dado que a empresa possui patamares extremamente reduzidos de falhas externas.

A empresa considerada é fabricante de produtos de alta tecnologia. Os produtos tem um ciclo de vida extremamente curto (entre 3 meses e um ano). Existem diversas operações de montagem, algumas extremamente delicadas quanto à precisão. Pequenas falhas podem causar o não funcionamento do produto final. Os componentes são fornecidos por fornecedores nacionais e do exterior. Os componentes são extremamente delicados, e podem apresentar falhas de funcionamento. São aplicados diversos testes para detectar eventuais falhas, tanto na linha produtiva como no produto acabado. Existe uma estação de reparo para a qual são encaminhados os produtos defeituosos. É possível observar na Figura 2 o fluxograma que mostra o processo de testes e reparos.

A empresa tem, a médio prazo, metas corporativas referentes a:

- Maximização do retorno sobre o capital investido;
- Elevação dos índices de satisfação de clientes.

Em decorrência dessas metas, sua Alta Direção promoveu alguns programas de melhoria, dentre eles o programa de Custos da Qualidade.

Foi, então, designado um time de melhoria de processos (TMP), formado por uma equipe multi-funcional de profissionais, para definir as bases desse programa.

Optou-se por concentrar esforços apenas em custos referentes a falhas internas, de forma a reduzir os desperdícios com problemas internos de qualidade, mais especificamente, com falhas do produto detectadas nos testes realizados durante seu processo produtivo. O nível de falhas externas é extremamente baixo, dado os minuciosos testes na inspeção do produto acabado. O ataque as falhas que ocorrem durante o processo possibilitaria diminuir custos de reprocesso e no longo prazo permitiria reduzir custos de inspeção final.

Nos itens seguintes, será descrita a experiência dessa empresa com a implementação dos processos de coleta de dados, preparação de relatórios e definição de ações orientadas para redução de custos de falha interna, a partir de ações desenvolvidas pelo TMP.

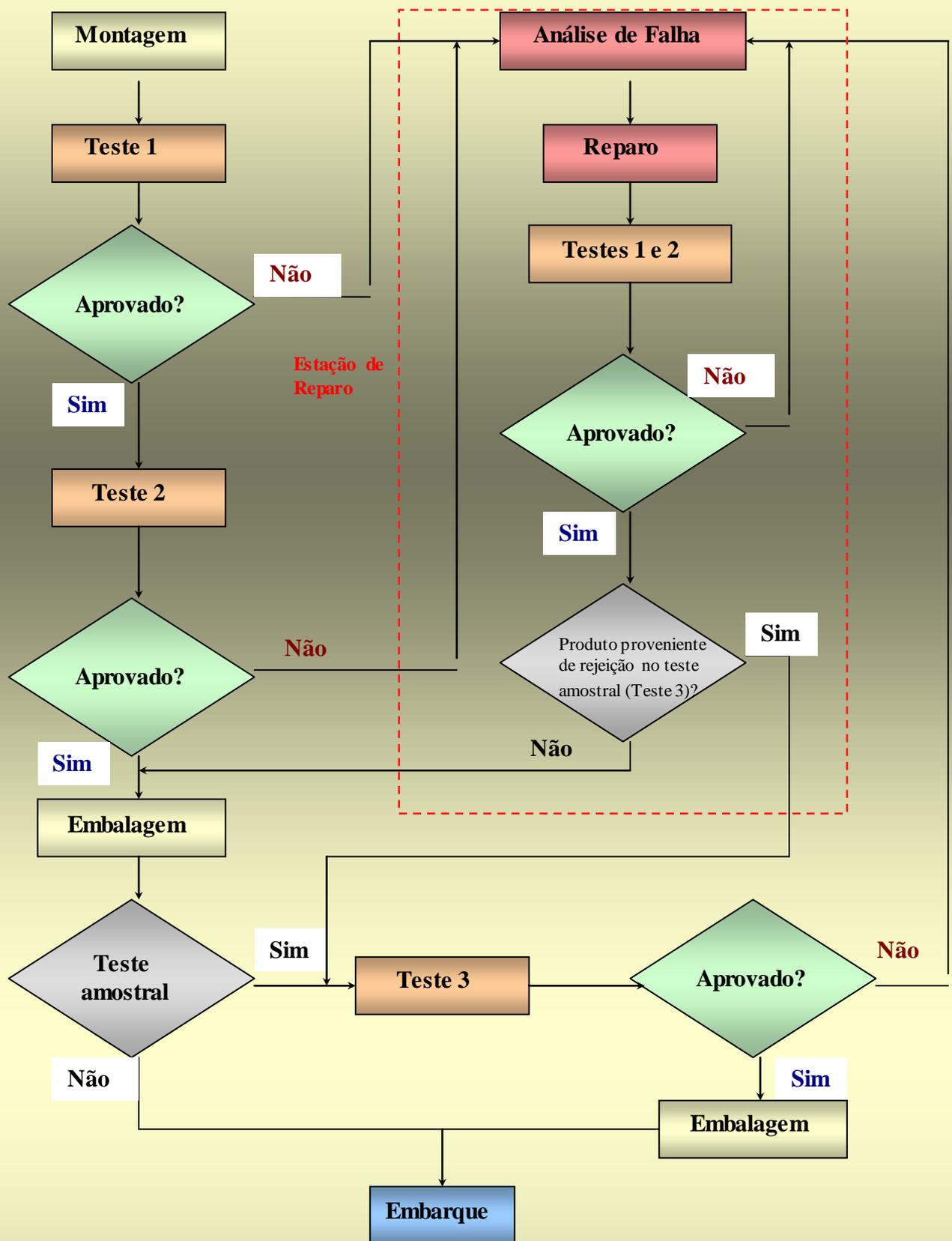


FIGURA 2: Fluxograma simplificado de testes e reparo dos produtos fabricados pela empresa

3.1. Descrição das categorias de custo de falha interna consideradas

Foi desenvolvida pelo TMP uma sistemática de cálculo que correlacionava diretamente as falhas de produto ocorridas nos testes realizados na linha de produção com os custos de mão-de-obra de reparo e re-teste do produto defeituoso. Também foram considerados relacionados com o processo de retrabalho de matéria-prima e de sub-montagens, e despesas incorridas devido a desperdícios ligados a materiais (sucata, fretes, taxas, impostos, etc.). Uma característica importante decorrente da utilização de componentes importados decorre da perda das despesas de importação (fretes, impostos, taxas) quando algum componente é defeituoso. O fornecedor repõe o componente. No entanto não reembolsa o valor das despesas de importação.

Os levantamentos conduzidos pelo TMP para apoiar as análises e o direcionamento de investimentos e recursos na solução dos problemas consideraram distintos tipos de custo por falha interna envolvendo a mão de obra necessária ao reparo e ao re-teste, o custo de capital do produto parado em reparo e re-teste, o sucateamento de peças, a perda com despesas de importação no caso de devoluções para fornecedores externos, e os custos de retrabalho de material. Os custos foram divididos em duas categorias: envolvendo e não envolvendo troca de material. A regra geral para determinação dos custos das falhas foi trabalhar com os custos diretos de cada tipo de falha (mão-de-obra, materiais, impostos, etc.) determinado o custo unitário por tipo de falha para determinada linha de produto. Uma terceira categoria corresponde aos custos referentes à estrutura de suporte, que foram estimados apenas quanto a seu valor total por linha dado que são de natureza estrutural e beneficiam a linha produtiva como um todo, o que torna desaconselhável a determinação de um custo unitário de estrutura¹.

No caso dos custos que envolvem tempos de retrabalho e de re-teste a engenharia identificou os tempos médios por tipo de falha de cada linha de produto. Isto possibilitou construir uma “especificação técnica” de cada falha identificando tempos e recursos envolvidos. Estes custos de falha interna foram determinados por unidade de produto defeituoso dentro da linha. A multiplicação posterior do custo unitário de cada falha pela quantidade de produtos defeituosos possibilitou a obtenção do custo total de cada falha no período de interesse. Estes custos foram calculados por tipo de falha ocorrida para facilitar o isolamento dos principais problemas a serem atacados e resolvidos.

Os principais tipos de custo por falha interna são descritos a seguir:

Custos não envolvendo troca de material

- *Mão-de-Obra de reparo (MOreparo)*

Produto da multiplicação do tempo médio para reparar uma unidade defeituosa (*Trep*) pelas despesas de pessoal (salários, encargos trabalhistas e benefícios dos técnicos de reparo) na unidade de tempo:

$$MOreparo = Trep \times (Sal + Encarg + Benef)$$

¹ A teoria do custeio variável coloca severas restrições ao uso de custos fixos unitários dentro do contexto de análise de custos para decisão.

- *Mão-de-Obra de re-teste (MOre-test)*

Resultado da multiplicação do tempo médio para re-testar uma unidade reparada (*Tre-test*) pelas despesas de pessoal (salários, encargos trabalhistas e benefícios dos técnicos de re-teste) na unidade de tempo:

$$\text{MOre-test} = \text{Tre-test} \times (\text{Sal} + \text{Encarg} + \text{Benef})$$

- *Inventário de produto em reparo*

Representa o custo do capital investido em estoque de produtos não conformes. Produto da multiplicação do custo de uma unidade defeituosa em processo de reparo e re-teste (*Vundef*) pela taxa equivalente de custo de capital da empresa no período correspondente ao tempo médio em que uma unidade fica parada em reparo e re-teste ($\text{TxCap}^{\text{Trep} + \text{Tre-test}}$)²:

$$\text{Inv} = \text{Vundef} \times (\text{TxCap}^{\text{Trep} + \text{Tre-test}})$$

- **Custos envolvendo troca de material**

- *Sucata*

Valor dos materiais que foram sucateados no período considerado. Parte dos materiais e componentes das unidades defeituosas podem ser recuperados por meio do retrabalho do material. No entanto existe determinada parcela não passível de recuperação e que acaba por se transformar em sucata.

- *Impostos / Frete*

Despesas incorridas sobre a matéria-prima defeituosa importada que foi sucateada ou devolvida aos fornecedores internacionais. Impostos e frete são pagos em duplicidade no caso de reposição da matéria-prima defeituosa pelo fornecedor. O processo de devolução garante ressarcimento somente de seu valor FOB.

- *Retrabalho de Material (Retmat)*

Despesas correspondentes ao retrabalho de uma unidade de matéria-prima defeituosa, de forma a deixá-la em condições normais de utilização. Produto da multiplicação do tempo médio de retrabalho de uma unidade de matéria-prima defeituosa (*Tret*) pelas despesas de pessoal (salários, encargos trabalhistas e benefícios dos técnicos de reparo) na unidade de tempo + despesas com materiais necessários à recuperação da matéria-prima (*Despmat*).

$$(\text{Retmat}) = \text{Tret} \times (\text{Sal} + \text{Encarg} + \text{Benef}) + \text{Despmat}$$

² Dado um custo anual de capital determinou-se a taxa equivalente correspondente ao tempo médio em que a unidade fica parada por motivo de reparo e re-teste.

- **Custos referentes à estrutura de suporte**

- *Suporte Operacional (Supop)*

Resultado da multiplicação do tempo médio de Engenharia gasto em atividades de suporte a todas as falhas por linha de produto ($T_{sup-eng}$), pelas despesas de pessoal (salários, encargos trabalhistas e benefícios dos engenheiros) na unidade de tempo. Foi feita uma estimativa do tempo médio investido em atividades de suporte de Engenharia, considerando todos os engenheiros e falhas ocorridas no período de análise:

$$Supop = T_{sup-eng} \times (Sal + Encarg + Benef)$$

Como todos esses custos, com exceção dos custos referentes à estrutura de suporte, foram calculados por unidade de falha, o custo total, ao final do período de interesse, era obtido através da multiplicação do custo da unidade de falha pela quantidade de falhas registradas. A título de ilustração, seguem alguns exemplos de cálculo dos custos mencionados acima.

A Tabela 1 mostra os custos de falhas internas correspondentes a um determinado teste aplicado aos produtos de determinada linha. A Tabela 2 mostra o total de custos encontrados depois de ter efetuado todos os testes dos produtos da linha considerada.

TABELA 1:

Sumário dos custos de falhas internas ocorridas durante o Teste 2 de uma linha de produtos em um certo período do ano

CUSTO (US\$)	TESTE 2: TIPOS DE FALHA DA LINHA X				
	FALHA 1	FALHA 2	FALHA 3	FALHA 4	FALHA 5
Mão-de-Obra de reparo	7.02	7.02	7.02	7.02	7.02
Mão-de-Obra de re-teste	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
Inventário - produto em reparo	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
SUB-TOTAL (\$) (s/ material)	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72
Sucata	2.30	34.90	0.27	0.00	136.80
Impostos/Frete	138.38	16.33	0.00	0.00	77.98
	0.00	0.00	14.51	69.14	0.00
TOTAL (\$) da unidade de falha	149.82	59.95	23.15	77.86	223.50
Total de falhas no período	169	59	106	632	45
TOTAL (\$) do período	25.320.00	3.537.00	2.454,00	49.208.00	10.058.00
TOTAL (\$) das falhas medidas	90.577.00				

TABELA 2:

Sumário dos custos de falhas internas de uma linha de produtos em um certo período do ano, considerando todos os testes

CUSTO (US\$)	TIPOS DE FALHA LINHA X (TOTAL)				
	FALHA 1	FALHA 2	FALHA 3	FALHA 4	FALHA 5
Teste 1	7.450.00	5.182.00	1.247.00	48.341.00	10.264.00
Teste 2	25.320.00	3.537.00	2.454.00	49.208.00	10.058.00
Teste 3	156.00	0.00	109.00	645.00	0.00
TOTAL (\$) DO PERÍODO POR TIPO DE FALHA	32.926.00	8.719.00	3.810.00	98.194.00	20.322.00
DPPM (testes 1+2)	7.070	5.830	5.480	47.550	3.530
TOTAL (\$) Testes 1+2+3	163.971.00				
Suporte Operacional	34.049.00				
TOTAL (\$) (c/ suporte)	198.020.00				
Volume Produzido no período	36.633				
Custo (\$) por máquina produzida (s/ suporte) (Testes 1+2+3) / Volume	4.48				
Custo (\$) por máquina produzida (c/ suporte) TOTAL / Volume	5.41				

3.2. Redução das falhas internas: avaliação da rentabilidade e aprendizado

Teoricamente, os fatores causais de uma determinada ocorrência consistem numa minoria de fatores dentro de um universo de muitos fatores. Isso significa que, em primeira instância, deve-se focar as ações nos problemas denominados “poucos e vitais”, desprezando-se os “muitos e triviais”. Para identificar esses “poucos e vitais”, podem ser utilizadas várias técnicas, dentre elas a análise de Pareto. Assim, o relatório a ser utilizado deve permitir a identificação dos poucos tipos de falha que estão causando a maior parcela dos custos. Dessa forma, esses “poucos e vitais” devem receber o foco das primeiras ações de melhoria.

Os primeiros resultados obtidos, dessa maneira, devem ser considerados como ponto de partida, a partir do qual as metas de melhoria são projetadas. Esse ponto de partida serve também de base de comparação para os resultados subsequentes à implementação das ações, bem como para análise de tendências em direção às metas projetadas.

Da Tabela 2 pode-se extrair que a Falha 4 foi a de maior impacto em custo no período considerado, seguida pelas Falhas 1, 5, 2 e 3. Em DPPM (*Defective Parts per Million* – Peças Defeituosas por Milhão), no entanto, a ordem decrescente de impacto foi 4, 1, 2, 3 e 5. Em valores de custo, pode-se observar que as Falhas 4 e 1 corresponderam a 80% dos custos de falha interna para essa linha de produtos durante o período considerado. Essa mesma tendência foi observada pelo TMP durante o período anterior, e também durante o período subsequente, com pouca variação. Portanto, estava comprovado que a minimização da ocorrência das Falhas 4 e 1 deveria ser priorizada para que fosse possível obter uma redução de custos significativa num tempo reduzido, através da atuação do TMP.

Tal como mencionado no item 2 o aprendizado contínuo é um elemento fundamental quando é preciso enfrentar problemas complexos. O aprendizado contínuo deve ser intensificado a cada rodada do *PDSA*. Na Figura 3, é apresentado um esquema do ciclo de aprendizado contínuo definido pelo TMP para o projeto de redução de custos de falha interna. O ciclo desenvolvido pelo TMP abordava, a aplicação de soluções técnicas para diminuir os custos de falhas junto com cálculos para otimizar o retorno sobre o investimento de cada plano de ação proposto para combater a causa de determinado tipo de falha.

As principais soluções técnicas se fundavam na aplicação de técnicas estatísticas básicas (Pareto, Ishikawa, *brain storming*, etc.) e mais complexas tais como FMEA, DOE e CEP³. As informações provenientes dos diversos bancos de dados e as entrevistas foram fundamentais para auxiliar na identificação dos problemas vitais.

Uma vez formado o diagnóstico era necessário estudar as possíveis ações corretivas e escolher dentro das diversas possibilidades aquelas que oferecem maior rentabilidade.

A seguir são detalhados os componentes do ciclo de aprendizado mostrado na Figura 3:

Etapa 1: *Identificação dos principais tipos de falha na manufatura*

A partir de pesquisas realizadas em bancos de dados de Engenharia, Manufatura e Qualidade, foi obtido o perfil de falha do produto nos testes realizados no processo produtivo. As falhas foram caracterizadas como Falhas 1, 2, 3, 4 e 5. Esse perfil foi identificado e relatado através das Tabelas 1 e 2.

Etapa 2: *Cálculo dos custos de falha interna correspondentes*

Utilizando o método de cálculo desenvolvido (ref. Tabelas 1 e 2), foram obtidos valores bastante precisos dos custos diretos inerentes às falhas dos produtos nos testes. Esses valores devem ser calculados para a unidade de falha e para o total de falhas ocorridas no período, de forma a permitir visualização dos “poucos e vitais”.

Etapa 3: *Indicação das causas raízes relativas aos poucos vitais*

Através de métodos clássicos, tais como diagramas de causa-efeito (Ishikawa, ou “espinha de peixe”), “*brainstorming's*”, técnicas estatísticas (projetos de experimentos, testes de hipótese, etc.), entrevistas e avaliações de processo, etc., foram relacionadas e confirmadas as causas raízes e causas potenciais das falhas identificadas como “poucos vitais” na análise de Pareto.

³ *FMEA -Failure Mode and Effect Analysis* (Análise do Modo e Efeito de Falha): Metodologia utilizada no desenvolvimento de ações voltadas à eliminação ou minimização de causas de falhas ou defeitos potenciais.

DOE - Design of Experiments (Projeto de Experimentos): Ferramenta estatística utilizada para determinação do grau de influência de determinados parâmetros, previamente selecionados, nos resultados de uma característica em estudo/análise, através da realização de experimentos controlados e da análise da variabilidade dos resultados após a realização desses experimentos.

CEP (Controle Estatístico do Processo): Método utilizado para avaliação do comportamento de determinada característica de um processo produtivo, baseado na elaboração e análise de cartas de controle e na verificação da capacidade de atendimento às especificações de projeto, de forma a permitir reações em tempo mínimo para corrigir eventuais situações fora de controle.



FIGURA 3: Ciclo PDSA utilizado para atuação na redução de custos de falha interna

Etapa 4: *Desenvolvimento de propostas de ações corretivas/preventivas*

Uma vez identificadas as causas raízes dos “poucos e vitais”, restou a definição de ações para eliminar ou conter essas causas e/ou detectar seus efeitos com certa antecedência através de um melhor monitoramento e controle de processo. Essas ações foram desenvolvidas pelo TMP diretamente a partir da Etapa 3, ou através da aplicação de métodos mais sofisticados, como FMEA, onde cada operação do processo produtivo é analisada com base na severidade da falha em questão, na ocorrência dos fatores causadores dessa falha, e na sua possibilidade de detecção. A partir do produto desses três aspectos, definem-se os problemas de processo que requerem ações prioritárias. Cartas de Controle Estatístico (CEP) também têm sido cogitadas como solução para análise de tendências dos “poucos vitais” em tempo real, permitindo reações imediatas a partir do momento em que tendências desfavoráveis são identificadas.

Etapa 5: *Estimativa de Retorno e Benefício para o negócio*

Considerando que cada plano de ação representa um gasto adicional (investimento), deve ser estimada a taxa de redução de falha no tempo como consequência da implementação desse plano, bem como o custo associado a essa redução (ganho esperado). Com isso, pode ser obtido o retorno estimado (ROI), bem como o *pay-back* do investimento em cada solução proposta. Benefícios adicionais, não necessariamente mensuráveis em termos financeiros, têm sido referenciados como justificativa adicional do investimento. Obviamente, é difícil dimensionar qual é a parcela individual de cada ação na redução da falha identificada. O TMP preferiu considerar a contribuição total das ações referentes a um determinado plano para estimar a meta individual de redução de cada uma das falhas 4 e 1, as “poucas e vitais” (ref. Tabela 3). Para cada período foram definidas as ações para reduzir cada uma dessas falhas, com base em métodos descritos nas etapas anteriores, foram calculados os investimentos necessários para cada uma dessas ações. Posteriormente foi estimada a redução de falha esperada após a implementação dessas ações, e calculada a redução de custo correspondente a um certo tempo após a implementação das ações, uma vez que o custo unitário da falha é conhecido (ref. Tabela 1). O ROI foi, então, calculado com base na equação abaixo:

$$\text{ROI} = R / I$$

Onde:

R = Redução esperada de custo de falha interna, após um determinado tempo posterior à implementação do plano de ação

I = Somatória dos investimentos totais de cada ação indicada no plano a ser implementado no período

O *pay-back* pode, então, ser calculado facilmente, correspondendo ao tempo necessário para que o total de investimentos seja “pago” pela redução conseguida nos custos de falha.

Logicamente, tanto o ROI quanto o *pay-back*, dependem do volume de produção estimado, o qual é diretamente dependente do horizonte temporal que é assumido. No

caso em questão foi considerado um horizonte de tempo equivalente ao ciclo de vida que restava aos produtos da linha. Este horizonte foi a base para determinar os benefícios (custos menores esperados) em função dos programas de qualidade.

O cálculo desses dois fatores, ROI e *pay-back*, é fundamental para a justificativa do investimento perante a Alta Direção da empresa, uma vez que esta é a linguagem que realmente é falada nos altos níveis gerenciais, e que é a base de qualquer decisão de gastos adicionais. Portanto, um dos papéis mais importantes do TMP é traduzir a linguagem técnica em uma linguagem de negócio, e vice-versa, servindo como intérprete nos dois sentidos, e atuando nas prioridades que realmente são importantes para a estratégia da empresa.

Etapa 6: *Implementação de ações selecionadas com base no ROI & pay-back*

Após o cálculo do retorno esperado para o investimento, foram selecionadas para implementação imediata aquelas ações com melhor resultado financeiro, ou seja, com maior ROI e com menor *pay-back*. Entretanto, não devem ser desconsiderados os aspectos técnicos oriundos da implementação prática dessas ações, ou seja, o grau de facilidade e/ou dificuldade para sua implementação, o que afeta, inclusive, seu prazo de execução. Este fator deve ser fortemente considerado na decisão final. Portanto, a escolha ideal seriam ações com alto ROI, baixo *pay-back*, e pouca dificuldade de implementação prática (ref. Tabela 3). Tomada essa decisão, resta apenas a definição de uma equipe técnica para garantir a execução de cada projeto, ou seja, a implementação das ações selecionadas. É possível observar na Tabela 3 (que é utilizada pelo TMP nas etapas 5 e 6 do ciclo *PDSA*) as opções de investimento em redução de custos de falha interna. Verifica-se, a partir dessa Tabela, que, para a Falha 4, foi selecionado o Plano 2, e, para a Falha 1, foi selecionado o Plano 1, devido às razões explicadas acima.

Por fim, ao término de cada ciclo *PDSA* deve-se avaliar se os resultados planejados foram realmente atingidos, e, com base nessa análise, aperfeiçoar o plano inicialmente definido. No ciclo desenvolvido pelo TMP, essa fase está representada pela seta vertical ligando as etapas 2 e 5 (ref. Figura 3). Vale reforçar que somente após algumas rodadas do ciclo *PDSA* é que a meta final de redução de DPPM e, conseqüentemente, de custo, deverá ser atingida, ou seja, as metas intermediárias de cada ciclo devem garantir melhorias gradativas até que a meta final seja alcançada. Adicionalmente, é muito importante confirmar a tendência esperada de redução de falhas e custos após a implementação das ações, avaliando mais alguns resultados, de forma a não depender única e exclusivamente de apenas um ponto de medição. Isso pode ser feito através da análise dos índices de DPPM em períodos subsequentes e menores. Uma vez confirmada esta tendência, a fase de avaliação dos resultados pode ser efetuada, e o ciclo *PDSA* em questão pode ser considerado definitivamente concluído, para permitir o início de mais um ciclo de aprendizado contínuo.

Uma vez atingida redução significativa nos índices de falha interna, pode-se conseguir reduções de custo consideráveis através da redução dos custos de avaliação, tais como testes e inspeções com menor cobertura, com amostragem reduzida e/ou com menor frequência de coleta.

Tipo da Falha	DPPM Ponto de Partida	Ciclo PDSA *	Planos de Ação **	Meta em DPPM p/o ciclo	Redução de custo (\$)	Investimento requerido (\$)	ROI	Pay-Back	Dificuldade de implementação		
Falha 4	47550	1	Plano 1	1- Melhoria do processo de treinamento	38040	59236	1,91	4 semanas	Baixa		
				2- Novo ferramental					12000	Baixa	
				3- Mudança de Lay-Out					6000	Baixa	
				4- Mudança de fornecedor					8000	Média	
		1	Plano 2	1- Melhoria do processo de treinamento	41050	40487	3,68	2 semanas	Baixa		
				2- Mudança de Lay-Out					6000	Baixa	
		Falha 1	7070	1	Plano 1	1- Novo sw de produção	6000	12825	1,43	5,5 semanas	Média
						2- Inclusão de mais uma etapa de inspeção					4000
1	Plano 2			1- Compra de nova máquina	5000	24810	1,13	7 semanas	Alta		
				2- Mudança de Lay-Out					6000	Baixa	

TABELA 3: Sumário das ações definidas pelo TMP correspondentes ao primeiro ciclo PDSA para uma determinada família de produtos

* Identificação do ciclo PDSA em que as propostas de planos de ação estão sendo analisadas, para que seja tomada uma decisão a respeito do melhor plano, com base no ROI, pay-back e grau de dificuldade de implementação. Os resultados das ações devem ser avaliados ao final do ciclo em função do cumprimento das metas de redução em DPPM e custo, ROI e pay-back. No início do segundo ciclo PDSA, as ações devem ser aperfeiçoadas, podendo, inclusive, gerar novas ações, com base em análises de Pareto, diagramas de causa-efeito, etc. relativas ao cenário resultante posterior à implementação das ações definidas no primeiro ciclo (ref. Figura 3).

** As várias ações referentes a cada plano devem ser implementadas em paralelo, com base em um plano detalhado de execução individual, de forma a definir exatamente o que deve ser feito, quem deve executar, e quando cada pendência deverá ser concluída (método conhecido como W-3, ou seja, *what, who and when*).

4. Conclusão

As ações visando a diminuição dos custos provocados pela má qualidade são uma importante oportunidade para diminuir de maneira consistente os custos dentro da empresa. O resultado final é o aumento da competitividade da empresa pois os diversos elementos do sistema (e o sistema-empresa como um todo) acabam fortalecidos.

Entretanto é preciso enfatizar que um projeto de redução de custos de falha interna e externa deve considerar obrigatoriamente o retorno esperado dos investimentos em prevenção e/ou avaliação. Os projetos nesse sentido não devem ser entendidos como “modismos” e sim avaliados à luz dos critérios de rentabilidade.

A percepção da importância do aprendizado dentro do ciclo *PDSA* mostra que as oportunidades para diminuir os custos da qualidade são maiores daquelas que um exame superficial poderia demonstrar. Ao aprender é possível melhorar a capacidade de observação e de reflexão. Isto pode mostrar novas e rentáveis oportunidades de ação para diminuir custos de falhas e de avaliação.

5. Bibliografia

- ASQC Quality Costs Comitee; (1989) *Quality Costs: Ideas & Aplications, Volume 1; A Collection of Papers*; Milwaukee/WI/USA: Quality Press / Andrew F. Grimm, Editor
- BACIC. Miguel. Papel de la Gestión por la Calidad Total (TQM) en el Control de los Costos de la no Calidad. In *Costos y Gestión -Revista del Instituto Argentino de Profesores Universitários de Costos*, año 7, nº25, set. 1977, pp. 1-19. (Apresentado no V Congresso Internacional de Custos, México, 1997).
- FARIA, Flávia, SOUZA, Maria Carolina, BACIC, Miguel. Um Caso de Gestão de Custos e Qualidade *Anais do IV Congresso Brasileiro de Gestão Estratégica de Custos*, Belo Horizonte, PUCMINAS, nov. 1997, pp.462-483
- JURAN, Joseph M, GRYNA, Frank (1990) *Juran Planejando para a Qualidade*. São Paulo: Pioneira,
- LANGLEY, Gerald J.; NOLAN Kevin M.; NOLAN Thomas W.; NORMAN Clifford L.; PROVOST Lloyd P. (1996) *The Improvement Guide – A Practical Approach to Enhancing Organizational Performance*; San Francisco/California/USA: Jossey-Bass Publishers
- MORSE, Wayne, ROTH, Harold, POSTON, Kay (1987) *Measuring, Planning and Controlling Quality Costs*. Montvale: New Jersey: National Associations of Accountants,
- QUALITY COST TECHNICAL COMMITTEE (1986) *Principles of Quality Costs*. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality Control
- ROBINSON, Jim; March (1997) *Integrate Quality Cost Concepts into Teams Problem-Solving Efforts*; Milwaukee/WI/USA: Quality Progress Magazine - ASQ (American Society for Quality)
- ROBLES JÚNIOR, Antônio. *Custos da Qualidade: Uma estratégia para a competição global*. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1994.