

Conceitos básicos de qualidade de produto

Prof. José Carlos de Toledo

DEP – UFSCar

GEPEQ – Grupo de Estudo e Pesquisa em Qualidade

2.1 O conceito da qualidade

Se de um lado a qualidade é hoje uma das palavras-chave mais difundidas junto à sociedade (ao lado de palavras como ecologia, cidadania, etc) e também nas empresas (ao lado de palavras como produtividade, competitividade, integração, etc), por outro, existe pouco entendimento sobre o que é qualidade e, mesmo, uma certa confusão no uso desta palavra. A confusão existe devido ao subjetivismo associado à qualidade e também ao uso genérico com que se emprega esta palavra para representar coisas bastante distintas.

A qualidade, em seu sentido genérico, é definida, no dicionário Holanda(1980), como **"propriedade, atributo ou condição das coisas ou das pessoas capaz de distingui-las das outras e de lhes determinar a natureza"**.

A partir desta definição podemos destacar três pontos:

- a qualidade é um atributo das coisas ou pessoas;
- a qualidade possibilita a distinção ou diferenciação das coisas ou pessoas;
- a qualidade determina a natureza das coisas ou pessoas.

Embora apareça aqui como um atributo intrínseco às coisas ou pessoas, é preciso ter claro que a qualidade não é algo identificável e observável diretamente. O que é identificável e observável diretamente são as características das coisas ou pessoas. Ou seja, a qualidade é vista por meio de características. É, portanto, resultante da interpretação de uma ou mais

características das coisas ou pessoas. Por exemplo, a qualidade de uma pessoa pode ser vista por meio de características como honestidade, caráter, competência, etc. A qualidade de um automóvel, por sua vez, pode ser analisada por meio de características tais como o desempenho e a durabilidade.

O fato da qualidade ser vista por meio de características introduz uma dimensão subjetiva, uma vez que:

- a definição de quais características podem representar a qualidade é subjetiva;
- a intensidade da associação das características com a qualidade é subjetiva;
- a forma de mensuração e interpretação das características pode ser subjetiva;
- a própria característica pode ser subjetiva.

No caso do automóvel, a característica *status*, enquanto valor simbólico que o produto oferece ao proprietário, ou a beleza e estética são exemplos de características subjetivas.

Esse subjetivismo, como mencionado inicialmente, contribui para a confusão na aplicação da palavra qualidade, uma vez que cada pessoa quando se refere à mesma está querendo dizer coisas diferentes, a partir do seu ponto de vista.

O emprego genérico da palavra qualidade para representar coisas distintas, deve-se a que, geralmente, o usuário da expressão não explicita a que aspecto se refere o atributo qualidade. Por exemplo, é comum usar-se o termo indistintamente para se referir a produtos, processos, sistemas e gerenciamento, sem que isso fique explícito. Assim, a qualidade torna-se uma palavra "guarda-chuva" que abriga e se confunde com outros conceitos como produtividade e eficiência.

Embora essa observação seja óbvia, é preciso deixar claro que a palavra qualidade deve ser sempre empregada de forma composta, ou seja, é preciso explicitar sempre qual o substantivo a que se refere a qualidade. Assim, devem-se empregar as expressões: qualidade do produto, qualidade do processo, qualidade do sistema, qualidade da gestão, etc.

A qualidade que vamos tratar neste trabalho está circunscrita a produtos industriais, ou seja, estaremos estudando a qualidade de produtos industriais.

De modo geral, os autores que tratam do tema Gestão da Qualidade reconhecem a dificuldade de definir, precisamente, o que seja o atributo qualidade. Como vimos, a qualidade de produto pode assumir diferentes significados para diferentes pessoas e situações: seja um consumidor, um produtor ou um órgão governamental normativo ou regulador. A qualidade também assume diferentes significados para cada área de uma empresa, seja Marketing, Projeto, Fabricação ou Assistência Técnica. E, muitas vezes, busca-se uma definição única que dê conta de todos esses pontos de vista, o que acaba tornando o conceito da qualidade excessivamente abrangente e analiticamente muito heterogêneo e, portanto, um conceito de pouca aplicação operacional.

Em que pese o fato da qualidade ter assumido significados diferentes ao longo do tempo, a mesma sempre foi avaliada sob dois pontos de vista: objetivo e subjetivo. Em suma, conforme SHEWHART (1931), sempre existiram duas dimensões associadas à qualidade. Uma **dimensão objetiva**, ou qualidade primária, que se refere à qualidade intrínseca da substância - ou seja, dos aspectos relativos às propriedades físicas -, impossível de ser separada desta e independente do ponto de vista do ser humano. Uma **dimensão subjetiva**, ou qualidade secundária, que se refere à percepção que as pessoas têm das características objetivas e subjetivas, ou seja, está associada à capacidade que o ser humano tem de pensar, sentir e de diferenciar em relação às características do produto.

Pode-se dizer que até essa época, década de 30 e 40, principalmente em nível de técnicos e engenheiros, o conceito da qualidade de produto sempre esteve mais próximo da idéia de "perfeição técnica", que está associada a uma visão objetiva da qualidade, do que da idéia de "satisfação das preferências do mercado", que por sua vez está associada a uma visão subjetiva.

Nas décadas de 50 e 60 intensificaram-se as publicações na área de Controle da Qualidade, a partir de novos autores que focaram sua atenção nos campos da Administração e Engenharia da Qualidade. A maioria dos autores que hoje são chamados de "gurus da qualidade" (Juran, Deming, Feigenbaum e Ishikawa) publicaram suas obras básicas nessa época. Essas publicações representaram um marco na mudança do conceito da qualidade, aproximando-a mais da satisfação do consumidor e distanciando-se da visão, até então predominante, de "perfeição técnica".

As definições de qualidade dos principais teóricos da área eram praticamente iguais e seguiam a mesma tônica de satisfação do consumidor:

Deming(1950): qualidade de produto como a máxima utilidade para o consumidor.

FEIGENBAUM(1951): qualidade como o perfeito contentamento do usuário.

JURAN(1954): qualidade como a satisfação das necessidades do cliente.

ISHIKAWA(1954): qualidade efetiva é a que realmente traz satisfação ao consumidor.

FEIGENBAUM(1961): qualidade como a maximização das aspirações do usuário.

A partir da década de 70, observam-se três vertentes de definição da qualidade de produto. A **primeira** tem como principal expoente a definição da qualidade de JURAN(1974) como **adequação ao uso** (*fitness for use*). Essa talvez seja a definição mais difundida e empregada até os dias atuais. A **segunda** segue a definição de CROSBY(1979), que associa qualidade

a **conformidade com requisitos** (*conformance to requirements*). A **terceira** é representada pela definição de TAGUCHI(1979) que conceitua qualidade como "**a perda, mensurável e imensurável, que um produto impõe à sociedade após o seu embarque(após deixar a empresa), com exceção das perdas causadas por sua função intrínseca**". Uma quarta vertente, que poderíamos considerar, é a visão da qualidade de produto como **satisfação total do cliente**, apregoada pela filosofia japonesa de Gerência da Qualidade Total, entretanto consideramos que, a nível conceitual, esta visão representa uma extensão do conceito de adequação ao uso e, portanto, não será tratada isoladamente.

A primeira vertente, ou seja a noção de qualidade como adequação ao uso, sugere que qualidade é o grau com que o produto atende satisfatoriamente às necessidades do usuário, durante o uso. Essa capacidade do produto caracteriza a sua propriedade de ser adequado ao uso. A qualidade passa a ser uma propriedade da relação do objeto com o usuário e com o uso pretendido, descrevendo a capacidade de um dado objeto satisfazer uma dada necessidade e não uma propriedade inerente que se afirma ou se nega de um produto.

A figura 2.1 representa a relação entre o usuário e o produto.

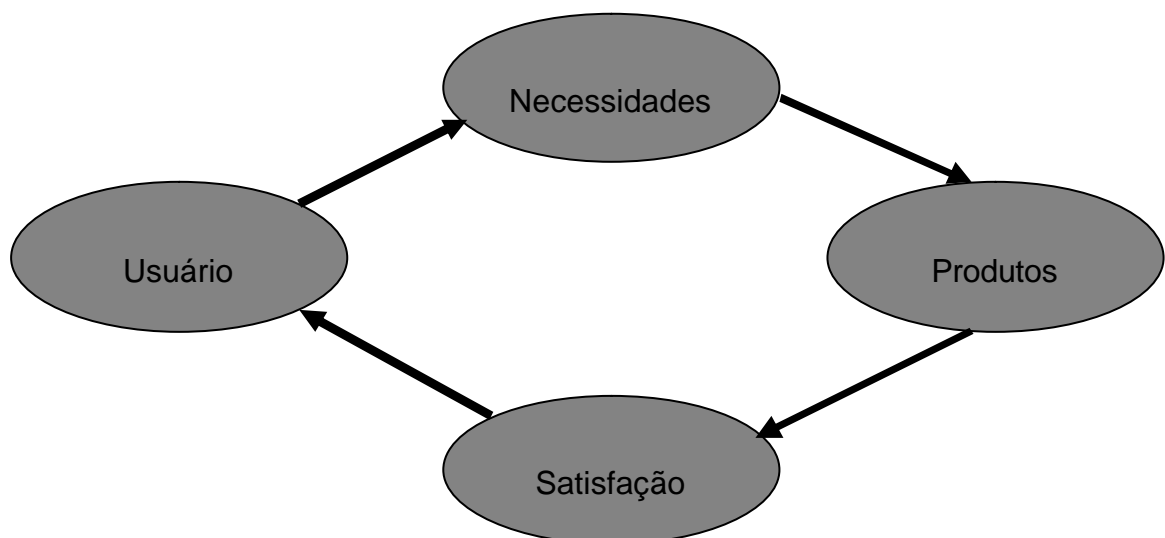


Fig. 2.1 - Relação entre produto e usuário

Admitindo-se como válido o pressuposto da soberania do consumidor, por essa vertente a qualidade seria definida pelo ponto de vista do mercado. Entretanto, esse pressuposto nem sempre é uma boa aproximação do que ocorre na prática, onde se observa que, para alguns tipos de produtos, a lógica do consumo segue muito mais a lógica da geração e imposição de necessidades do que da autonomia das necessidades. De qualquer forma não pretendemos entrar nessa discussão aqui.

Essa noção da qualidade, ao contrário da idéia de perfeição técnica, torna-a mais assimilável pela alta administração à medida em que esta passa a relacioná-la com o desempenho mercadológico e econômico da empresa. Ou seja, a qualidade passa a ter sentido comercial e competitivo. Portanto, torna-se um conceito operacional e que permite a sua incorporação ao nível estratégico das empresas.

As necessidades do mercado podem ser tanto claramente expressas, como imprecisas ou implícitas -além de evoluírem no tempo- uma vez que, para um mesmo produto, diferentes clientes podem ter necessidades, hábitos e condições de uso peculiares. Assim, por essa definição, não faz sentido pensar a qualidade em termos absolutos. Ela é relativa, não pode ser vista dissociada do preço que o cliente está predisposto a pagar e não pode ser confundida com perfeição técnica ou sofisticação. Por exemplo, um copo de plástico pode ser considerado, em termos absolutos, de qualidade inferior em relação a um copo de cristal. Entretanto, pelo enfoque da adequação ao uso podem existir copos de plástico de boa ou de má qualidade e copos de cristal de boa ou de má qualidade, dependendo do uso que se pretende fazer do mesmo. Para um vendedor de refrigerante em copo, um copo de plástico pode ter a qualidade adequada para o uso (em função da sua facilidade de operação e preço). Por outro lado, caso se pretenda usar esse copo para servir bebidas quentes (como café ou chá) o mesmo, sem um dispositivo para segurá-lo, não

teria a qualidade adequada para o uso, dada a sua condutividade térmica que causaria incômodo ao usuário.

A segunda vertente supõe que somente é possível pensar qualidade de produto, de um ponto de vista prático, se houver um conjunto de especificações previamente definidas. A qualidade seria avaliada pelo grau de conformidade do produto real com suas especificações de projeto. Tomando o exemplo do copo de plástico, teríamos um conjunto de especificações (de materiais, dimensionais, propriedades físicas, etc) que caracterizariam o copo. Um copo produzido terá qualidade se estiver de acordo com as especificações. Essa conformidade pode ser vista de forma binária (a unidade do produto está conforme ou não) ou através do grau de conformidade (está conforme para algumas características e não para outras, portanto tem um grau de conformidade). Para o caso de um lote de copos, a qualidade seria avaliada pela porcentagem de unidades em conformidade com as especificações.

Entre os profissionais da área, essa vertente da qualidade é geralmente associada a Philip Crosby, exposta em seu livro *Quality is Free*. Entretanto, é preciso deixar claro que Crosby, na realidade, define qualidade como "conformidade com requisitos" (*conformance to requirements*) e não como conformidade com especificações. Para esse autor, a conformidade com especificações seria um meio para se atingir a conformidade com requisitos, e esta, por sua vez, seria a qualidade final pretendida.

A definição dos requisitos do produto, obviamente, exige a consideração do mercado, o que acaba aproximando, num certo sentido, as visões de Crosby e de Juran. Vale a pena mencionar que Juran também leva em conta a conformidade com especificações e a considera como uma das características necessárias para se atingir a adequação ao uso.

Essa observação tem o intuito apenas de esclarecer o real entendimento da qualidade para Crosby. Entretanto, essa possível proximidade entre as concepções de Juran (*fitness for use*) e Crosby (*conformance to*

requirements) não significa uma aproximação entre as duas vertentes aqui apresentadas.

Nas publicações internacionais da área de Controle da Qualidade já houve um certo debate sobre essas duas vertentes não levando a maiores conclusões.

A definição de FEIGENBAUM(1983), num certo sentido, pode ser vista como uma síntese dessas duas vertentes. A qualidade de produto é definida como **o composto de características de engenharia e de manufatura que determinam o grau com que o produto em uso satisfará as expectativas do usuário.**

Na norma ISO 8402 (Quality Management and Quality Assurance - Vocabulary), versão de 1992, parte-se do pressuposto de que "adequação ao uso" e "conformidade com especificações" representam apenas certos aspectos da qualidade. A qualidade é definida como **a totalidade de características de uma entidade que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas.**

A terceira vertente, representada por TAGUCHI(1979), enfoca a questão pelo lado da não-qualidade (ou da falta de qualidade). A qualidade é definida como sendo a perda, em valores monetários, que um produto causa à sociedade após sua venda. Quanto maior a perda associada ao produto, menor a sua qualidade.

No âmbito desta definição, as perdas se restringem a dois tipos:

- i) perdas causadas pela variabilidade da função básica intrínseca do produto;
- ii) perdas causadas pelos efeitos colaterais nocivos do produto.

Essas perdas são consideradas durante a fase de uso do produto. O primeiro tipo se refere às perdas causadas pela variabilidade da função básica do produto, durante a sua vida útil. O segundo se refere aos efeitos colaterais nocivos associados ao uso do produto. Por exemplo, um motor que operasse

sempre a uma velocidade constante especificada, sem variabilidade, a despeito da variação das condições ambientais e do desgaste dos componentes, seria considerado perfeito em relação à qualidade funcional, ou seja, não causaria perdas pela variabilidade da sua função básica. Entretanto, se, em funcionamento, gerasse, por exemplo, grande quantidade de ruído, vibração e energia dissipada, o mesmo seria classificado como de baixa qualidade no que diz respeito aos efeitos colaterais nocivos.

Voltando ao exemplo do copo de plástico, pelo enfoque de Taguchi esse copo poderia impor dois tipos de perdas à sociedade:

- os custos que o usuário incorre devido à variabilidade na conformação dos copos, que dificulta o uso e impõe perdas de unidades;
- os custos para descarte adequado do produto ou o custo associado ao impacto no meio ambiente devido a um descarte não adequado.

Essa vertente é muito mais uma forma de se avaliar a qualidade, que chama a atenção pelo lado dos efeitos e custos da não-qualidade, do que uma concepção da qualidade propriamente dita.

Quanto às duas primeiras vertentes, a nosso ver, elas representam enfoques distintos e complementares para a qualidade dentro da atividade produtiva. O primeiro enfoque é dado pelo ponto de vista do mercado e o segundo pelo ponto de vista da produção. Esses enfoques, portanto, não deveriam concorrer entre si, uma vez que estão associados a pontos de vista e a segmentos específicos do ciclo de produção, conforme será visto no item 2.3.

Adotaremos, ao longo deste trabalho, a definição de qualidade de produto como **uma propriedade síntese de múltiplos atributos do produto que determinam o grau de satisfação do cliente**. O produto é entendido aqui como envolvendo o produto físico e o produto ampliado. Ou seja, além do produto físico envolve também a embalagem, orientação para uso, imagem, serviços pós-venda e outras características associadas ao produto.

Essas vertentes, descritas anteriormente, refletem a visão de pontos de vista distintos em relação à qualidade de produto. Nesse sentido, a seguir, abordaremos as possíveis visões ou enfoques para a qualidade.

2.2 Enfoques para a qualidade

Como já mencionado, na literatura e entre os profissionais da área, coexistem diversos conceitos sobre qualidade. Além disso, tradicionalmente, a qualidade tem sido estudada nas áreas de Economia, Marketing, Engenharia de Produção e Administração. Cada uma dessas áreas se volta para um aspecto específico da qualidade, o que também acaba implicando diferentes visões sobre o assunto, conforme será visto adiante.

GARVIN(1984) elaborou uma importante contribuição sistematizando os enfoques existentes para a qualidade, os quais são, de modo geral, originários das áreas de conhecimento acima. O autor identifica cinco enfoques principais para se definir qualidade:

- enfoque transcendental
- enfoque baseado no produto
- enfoque baseado no usuário
- enfoque baseado na fabricação
- enfoque baseado no valor

A seguir apresentamos um resumo de cada um desses enfoques, baseado em GARVIN(1984) e GARVIN(1988).

Enfoque transcendental

Segundo este enfoque, qualidade é sinônimo de "excelência nata". Ela é absoluta e universalmente reconhecível. Entretanto, a qualidade não poderia

ser precisamente definida, pois ela é uma propriedade simples e não analisável, que aprendemos a reconhecer somente através da experiência. A qualidade de um objeto sómente poderia ser conhecida após uma extensiva aplicação do mesmo, mostrando suas reais características ao longo do tempo e para muitos usuários. Em suma, a qualidade de um objeto seria melhor expressa pelo próprio objeto e por sua história.

Está implícito neste enfoque que alta qualidade, ou excelência nata, é um atributo permanente de um bem e que independe de mudanças em gostos ou estilos.

De um ponto de vista prático, este enfoque é pouco operacional. Entretanto, tentando aproximá-lo da realidade que nos interessa, poderíamos supor que, para uma dada família de produtos, a qualidade transcendental seria aquela associada a uma marca tradicional reconhecida pela maioria dos usuários e especialistas como tendo qualidade superior e excelência.

Se fizéssemos uma pesquisa junto a usuários de automóvel, e com especialistas na área, perguntando qual o veículo de melhor qualidade, provavelmente haveria uma convergência de opiniões para uma determinada marca como, por exemplo, o Rolls-Royce, o qual representaria a qualidade transcendental para a classe de produto automóvel. A qualidade do Rolls-Royce é melhor expressa pelo próprio produto, através da sua história, da imagem criada e da experiência que se tem com ele.

Enfoque baseado no produto

Por este enfoque a qualidade é definida como uma variável precisa, mensurável e dependente do conteúdo de uma ou mais características do produto. As diferenças na qualidade entre produtos concorrentes seriam reflexo de diferenças qualitativas e quantitativas nas características destes produtos,

não no sentido da variedade de características mas do valor intrínseco da característica.

Esse enfoque permite a definição de uma dimensão vertical ou hierarquizada da qualidade para que produtos concorrentes possam ser classificados segundo as características desejadas que possuem. Assim, a qualidade do produto leite, por exemplo, poderia ser definida por características como a "quantidade de nutrientes" e a "quantidade de impurezas". Quanto maior a quantidade de nutrientes e menor a quantidade de impurezas, melhor a qualidade do produto. Portanto, dadas diferentes marcas de leite de determinado tipo, por exemplo tipo B, seria possível hierarquizar essas marcas objetivamente em relação à qualidade.

Essa visão tem dois pressupostos básicos que a diferenciam das demais. Primeiro, que a qualidade é um atributo intrínseco ao produto e pode ser avaliada objetivamente. Segundo, que uma melhor qualidade tende a ser obtida a custos maiores, uma vez que a qualidade reflete a quantidade e o conteúdo de alguma característica que o produto contém e, como as características são elementos que custam para produzir, os produtos com qualidade superior seriam mais caros.

O enfoque baseado no produto tem origem em pesquisas na área de Economia enfocando a qualidade. Do ponto de vista de estudos econômicos, é desejável que as diferenças em qualidade possam ser tratadas como diferenças em quantidade, uma vez que isso simplifica a incorporação da qualidade nos modelos econométricos.

A avaliação objetiva da qualidade por esse enfoque, entretanto, tem limitações. Uma delas é dada pelo fato de que esse tipo de classificação de produtos sómente tem sentido se as características em questão forem igualmente valoradas e priorizadas pelos consumidores. Quando as características de qualidade são referentes a estética ou gosto, também se torna difícil a aplicação do enfoque, dado o caráter subjetivo das mesmas.

Além disso, a correspondência biunívoca entre atributos específicos do produto e qualidade nem sempre existe.

Enfoque baseado no usuário

Este enfoque parte da premissa, oposta à anterior, de que a qualidade está nos olhos do consumidor. A qualidade estaria associada a uma visão subjetiva, baseada em preferências pessoais. Supõe-se que os bens que melhor satisfazem as preferências do consumidor são por ele considerados como tendo alta qualidade.

Essa visão subsidia alguns conceitos associados à qualidade nas áreas de Marketing, Economia, Administração e Engenharia de Produção. No Marketing, tem-se o conceito de "pontos ideais" (*ideal points*), que se refere a combinações adequadas de atributos do produto que oferecem a máxima satisfação ao consumidor. Na Economia, tem-se o conceito de que as diferenças em qualidade se refletem nas mudanças na curva de demanda do produto. E na Administração e Engenharia de Produção, está associada ao conceito de qualidade como adequação ao uso.

O enfoque baseado no usuário enfrenta o problema básico de como agregar preferências individuais bastante diferenciadas, para cada consumidor, de maneira a obter uma configuração adequada da qualidade do produto a ser oferecido ao mercado.

Esse problema é resolvido ignorando-se os pesos diferentes que cada indivíduo atribui a uma característica de qualidade, assumindo-se que existe um consenso de desejabilidade em relação a certos atributos do produto e que os produtos considerados de alta qualidade são aqueles que melhor satisfazem as necessidades da maioria dos consumidores.

Mesmo características perfeitamente objetivas são sujeitas a diferentes interpretações por parte dos consumidores. A durabilidade do produto, por

exemplo, que é uma característica de qualidade objetiva, não é por todos associada com melhor qualidade.

Enfoque baseado na fabricação

O enfoque baseado na fabricação identifica qualidade como "conformidade com especificações". Uma vez que uma especificação de projeto tenha sido estabelecida, qualquer desvio significa redução na qualidade. Por este enfoque identifica-se excelência em qualidade com o atendimento de especificações e "fazer certo a primeira vez", ou seja, atender as especificações sem a necessidade de retrabalho ou recuperação.

Com as especificações estando claramente definidas uma não conformidade detectada representa ausência de qualidade. Assim, os problemas de qualidade passam a ser problemas de não conformidade e a qualidade torna-se quantificável e possível de ser controlada. A qualidade é definida de maneira a simplificar a sua aplicação a nível do projeto do produto e do controle da produção.

Um produto obtido conforme as especificações seria considerado de boa qualidade, independente do conteúdo, ou qualidade intrínseca, da especificação. Nesses termos um Rolls-Royce e um Fusca(VW) produzidos conforme as especificações teriam ambos a mesma qualidade.

Embora esse enfoque reconheça o interesse do consumidor pela qualidade - uma vez que um produto que se desvia das especificações é provavelmente mal acabado e de baixa confiabilidade, fornecendo menor satisfação do que um produzido em conformidade -, seu foco de atenção principal é interno à empresa. Existe pouca preocupação com a associação que o consumidor faz entre a qualidade e outras características do produto além da conformação.

De acordo com o enfoque baseado na fabricação, as melhorias na qualidade, que são equivalentes a reduções na porcentagem de produtos não conforme às especificações, levam a custos de produção menores, uma vez que os custos para prevenir a ocorrência de não conformidades são considerados, e comprovados na prática, como menores do que os custos com retrabalhos e refugos.

Assim, enquanto o enfoque baseado no usuário está voltado para as preferências do consumidor, o enfoque da fabricação volta-se para as atividades práticas de controle da qualidade durante a fabricação. Esse controle visa assegurar que o nível de qualidade planejado seja atingido e ao menor custo possível. Além da confiabilidade e do controle estatístico de processo, também aplica-se a esse enfoque os estudos de capacidade do processo e de custos da qualidade.

Nesse sentido o enfoque baseado na fabricação aproxima a qualidade do conceito de eficiência técnica na produção e, portanto, da produtividade.

É importante registrar a existência de duas abordagens distintas para a conformação.

A primeira iguala conformação com atendimento a especificações. Todos os produtos envolvem especificações de algum tipo e geralmente estas incluem um valor central (ou valor nominal) e uma amplitude de variação ou tolerância permissível. Desde que as dimensões reais caiam dentro da margem de tolerância, a qualidade é aceitável. Por essa abordagem, uma boa qualidade de conformação significa estar dentro das especificações, tendo pouco interesse se a dimensão central foi atingida ou não, ignorando-se portanto a dispersão dentro dos limites de especificação.

Um problema em relação a essa abordagem ocorre quando peças ou partes são combinadas. Neste caso a dimensão relativa das peças dentro da faixa de tolerância determina quão bem elas se ajustarão e, conseqüentemente, o desempenho e a durabilidade do conjunto. Por exemplo,

se a dimensão de uma peça está próxima do limite superior e a da outra próxima do limite inferior, a montagem poderá ser de difícil ajuste e a ligação entre elas poderá se desgastar mais rapidamente do que, por exemplo, se as peças tivessem as dimensões centrais. Nesse caso poderão ser afetados o desempenho, a confiabilidade e a durabilidade do conjunto.

A segunda abordagem para conformação tem origem a partir da visão de TAGUCHI(1979). Enquanto a primeira abordagem entende conformação como estar dentro das especificações, a visão de Taguchi a entende a partir do grau de variabilidade em torno do valor nominal. Assim, a variação dentro dos limites de especificação é explicitamente admitida pela segunda abordagem.

A figura 2.2 ilustra a diferença entre as duas visões. Suponhamos que a especificação para uma determinada característica de qualidade seja $1,40 + 0,05$ mm e que existam dois processos alternativos (processo 1 e processo 2), com média e dispersão diferentes.

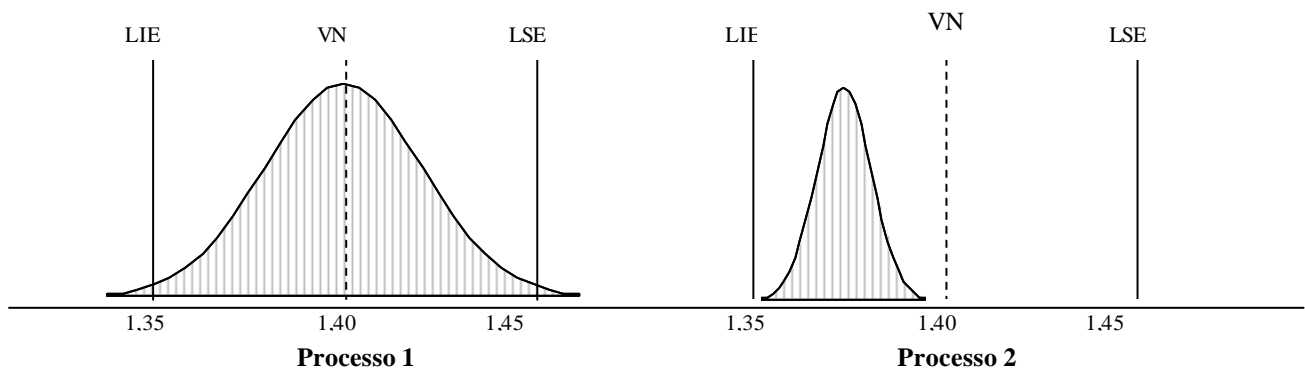


Fig. 2.2 - Distribuições de processos utilizando diferentes abordagens para conformação.

fonte: SULLIVAN. L.P. Reducing variability: a new approach to quality. **Quality Progress**, ASQC, July 1984, p.16.

A abordagem tradicional tende a preferir o processo 2 uma vez que, embora as dimensões estejam afastadas do valor nominal, todas caem dentro dos limites de especificação e nada é rejeitado por falha de conformação. Já a visão de

Taguchi opta pelo processo 1, uma vez que, de acordo com o conceito de função de perda quadrática, o mesmo implicará em menores perdas durante a aplicação do produto. Embora no primeiro caso alguns itens sejam rejeitados, por estarem fora dos limites de tolerância, a maioria estaria concentrada em torno do valor nominal, resultando em menos problemas durante a aplicação. E em virtude da dependência entre confiabilidade e conformação, a perda global associada ao processo 1 seria menor.

Numa determinada situação prática, se é a abordagem tradicional que está sendo utilizada, os dados da porcentagem de defeituosos são suficientes para o monitoramento do processo. Caso seja a abordagem de Taguchi, há necessidade de indicadores mais elaborados que representem o comportamento do processo, tais como os índices de capacidade e a posição da média do processo em relação ao valor nominal da especificação.

Enfoque baseado no valor

Aqui define-se qualidade em termos de custos e preços. De acordo com esse enfoque, um produto de qualidade é aquele que no mercado apresenta o desempenho esperado a um preço aceitável, e internamente à empresa apresenta conformidade a um custo aceitável.

Assim, um produto extremamente caro, em relação ao poder de compra do mercado, não importando quão bom ele é, não poderia ser considerado um produto de qualidade. Um nível de conformação quase perfeito, a um custo de produção extremamente elevado, também não poderia ser considerado como tendo qualidade adequada.

Na realidade este enfoque não oferece uma visão alternativa da qualidade, como é o caso dos enfoques anteriores, mas sim uma medida monetária da qualidade e que poderia ser aplicada a qualquer das visões anteriores. Se o valor for medido pela razão entre preço e qualidade ele

representaria quanto custa para o consumidor cada unidade de qualidade de determinado produto. Essa visão se aproxima, portanto, de conceitos como segmentação de mercado, baseada num equilíbrio adequado entre o preço e a qualidade oferecida pelo produto, e utilidade marginal, que representa o máximo que o consumidor está disposto a pagar por um produto (entendendo por produto a sua qualidade). Supõe, portanto, que o consumidor escolheria o produto com base na maximização do valor (combinação de preço e qualidade) e não apenas numa comparação isolada de qualidade ou preço.

Os enfoques da qualidade que se aplicam mais intensamente na atividade produtiva são os do usuário, do produto, da fabricação e do valor. Estabelecer uma hierarquia de importância para esses enfoques seria uma atividade bastante complexa. Todos devem ser vistos como importantes, complementares e estão associados a pontos de vista de áreas específicas da empresa e a segmentos do ciclo de produção. Na área de Marketing, tende a prevalecer o enfoque do usuário, na área de Desenvolvimento e Projeto, o enfoque do produto e na área de Produção, o enfoque da fabricação. São complementares pois, de um ponto de vista global, o produto deve satisfazer o cliente, ter qualidade intrínseca, qualidade de conformação e preço compatível com o poder de compra do mercado.

A seguir discutiremos as etapas do ciclo de produção e a contribuição de cada uma para a qualidade final do produto.

2.3 Etapas do ciclo de produção e a qualidade

O **ciclo de produção** desempenhado pelas empresas se dá em quatro etapas básicas a saber:

- desenvolvimento do produto
- desenvolvimento do processo
- produção propriamente dita (ou fabricação)

- atividades pós-venda

A qualidade final de um produto é resultante do conjunto de atividades que são desenvolvidas ao longo de todo o seu ciclo de produção. Mais especificamente, é resultante da qualidade de cada uma das etapas do ciclo de produção.

O **desenvolvimento do produto** pode ser visto como compreendendo todas as atividades que traduzem o conhecimento das necessidades do mercado e as oportunidades tecnológicas em informações para produção. Nesta etapa são definidos os conceitos, o desempenho e as especificações esperadas do produto.

Os produtos são projetados tendo em mente o nicho de mercado a que se destinam. A existência de diferentes nichos dá origem a "padrões" ou "gradações" intencionais de variação na qualidade do produto. Portanto, cada padrão, ou graduação, é obtido como resultado do desenvolvimento de produto para um nicho específico de mercado.

De modo geral a literatura sobre gerência de produto (PESSEMIER (1982), CLARK; FUJIMOTO (1991), WHEELWRIGHT; CLARK (1992)) estabelece que as atividades principais no desenvolvimento de produto são:

1. Identificação das necessidades do mercado. É o resultado das pesquisas de mercado, identificando o que o consumidor deseja.

2. Geração e escolha do conceito do produto. É a tradução das necessidades do mercado em um conjunto escrito de conceitos do produto. Portanto, é uma resposta às necessidades identificadas.

3. Planejamento do Produto. Corresponde à definição, a partir do conceito do produto, das metas para desempenho, custo e estilo.

4. Engenharia do Produto. É o detalhamento das metas do produto em um conjunto de especificações. Essa atividade dá origem ao "desenho no papel".

Para cada uma dessas quatro atividades podemos associar um tipo particular de qualidade.

A primeira é a qualidade da pesquisa de mercado, que se refere ao nível em que a adequação ao uso identificada corresponde às reais necessidades do usuário.

A segunda, a qualidade de concepção ou de conceito, se refere ao nível com que as características pretendidas para o produto, ou seja o conceito do produto, atende a adequação ao uso identificada. Está associada, portanto, à escolha de uma concepção do produto que atenda às necessidades do usuário. Um importante parâmetro de medida desta qualidade é a aceitação do produto e a sua permanência no mercado. Por este parâmetro, o automóvel Fusca(VW) pode ser considerado como um produto de excelente qualidade de concepção, para a sua faixa de mercado, já que este modelo teve uma aceitação e permanência no mercado brasileiro por mais de 30 anos sem alterações na sua concepção básica, numa indústria que se caracteriza pela constante diferenciação e alteração dos modelos.

A terceira se refere à qualidade do planejamento do produto e avalia o grau com que as metas estabelecidas para desempenho, custo e estilo correspondem ao conceito do produto.

A quarta, a qualidade de especificação, se refere ao quanto as especificações estão de acordo com o planejamento do produto. Portanto, descreve a qualidade da tradução do conceito escolhido para o produto em um conjunto detalhado de especificações que, se executadas, atenderão o que o consumidor deseja.

Usando uma terminologia já consagrada na área, podemos chamar a qualidade associada à etapa de desenvolvimento do produto (que envolve a identificação de necessidades, a concepção, o planejamento e as especificações do produto) de qualidade de projeto do produto.

A qualidade nesta etapa do ciclo de produção é, portanto, a qualidade de projeto do produto, a qual é definida pela estratégia de mercado - ou seja, pelo nicho de mercado-, e é determinada pela capacitação mercadológica e tecnológica da empresa, ou seja, pela sua capacidade de definição das necessidades do mercado e de realização de projeto.

A segunda etapa consiste no desenvolvimento do processo. Ocorre quando especificações do projeto do produto são traduzidas em projeto do processo em vários níveis tais como fluxograma do processo, layout, projeto de ferramentas e equipamentos, projeto do trabalho, etc.

É importante ressaltar que existem duas situações distintas de desenvolvimento de processo. Uma primeira ocorre quando se trata de processo para uma planta nova ou para uma planta existente que terá um processo novo específico para o produto desenvolvido. A segunda ocorre quando o processo será desenvolvido a partir da base técnica já instalada na empresa. Essa distinção deve ser feita, uma vez que as condições de produção, os coeficientes técnicos e a capacidade do processo no primeiro caso são definidas a partir da tecnologia disponível no mercado e no segundo caso a partir da tecnologia já instalada na empresa.

Em ambos os casos deve existir uma forte interação entre as etapas de desenvolvimento do produto e de desenvolvimento do processo, de maneira a assegurar a manufaturabilidade (facilidade de produzir e montar, qualidade de conformação, produtividade do processo, etc) a partir do próprio projeto do produto.

As informações do projeto do processo são então transferidas para os recursos reais do processo produtivo, tais como as ferramentas, os equipamentos e a qualificação da mão-de-obra, utilizando-se para tanto as experiências de produção piloto.

A qualidade aqui é a de projeto do processo, a qual está estreitamente vinculada à capacitação tecnológica e de engenharia da empresa.

Após essa etapa, ocorre a produção propriamente dita, da qual resultam as unidades reais do produto. A produção engloba o suprimento de matérias-primas, a fabricação e o gerenciamento da produção (controle da qualidade, planejamento e controle da produção, manutenção, etc).

Nesta etapa, busca-se atingir as especificações do projeto do produto e de produtividade do processo, definidas, respectivamente, nas etapas de desenvolvimento do produto e do processo.

Assim como o projeto do produto deve refletir as necessidades do consumidor, o produto real (o produto fabricado) deve estar de acordo com as especificações de projeto. O grau com que o produto real está de acordo com o projeto (ou o grau de tolerância com que o produto é reproduzido em relação ao projeto) é chamado de qualidade de conformação.

A qualidade, nesta etapa, é a de conformação e tem como principais determinantes a qualidade do processo (definida durante o desenvolvimento do processo) e a capacidade gerencial e de utilização dos recursos de produção (qualidade de gestão da produção).

A qualidade de conformação pode assumir duas conotações distintas. Uma que se refere à propriedade de uma unidade ou lote de produto estar conforme ou não as especificações. Outra que se refere a uma medida do desempenho da atividade de produção realizada, uma vez que a gerência da produção deve se orientar por três objetivos: atingir as especificações de projeto do produto, a produtividade do processo e a um mínimo custo de produção. Obviamente, a segunda conotação engloba a primeira, uma vez que o bom desempenho do processo supõe que os produtos foram fabricados conforme as especificações.

A etapa final é a de comercialização e das atividades pós-venda. Esta etapa envolve atividades de venda, marketing e, dependendo do tipo de produto, atividades tais como instalação do produto, orientação quanto ao uso e assistência técnica.

Nesta etapa podemos pensar em duas qualidades: a de comercialização e a de serviços pós-venda. A qualidade de comercialização não consiste num atributo do produto, mas sim da gestão da empresa. Já a qualidade de serviços pós-venda é um atributo associado ao produto e se refere ao nível dos serviços de instalação, de orientação de uso e de assistência técnica oferecidos aos clientes.

A partir desta etapa o produto está à disposição do mercado e passa a ser consumido. Nessa etapa a qualidade experimentada pelo mercado é uma síntese de atributos do produto que foram incorporados ao longo de todo o seu ciclo de produção, incluindo o apoio durante o uso do produto (instalação, orientação, assistência técnica, etc).

A qualidade do produto seria, portanto, resultante do desempenho em todas as etapas do ciclo de produção. Ou seja, resultante da qualidade de projeto do produto, da qualidade de projeto do processo, da qualidade de conformação e da qualidade dos serviços pós-venda. A figura 2.3 representa a qualidade de produto como resultante dessas quatro categorias da qualidade.

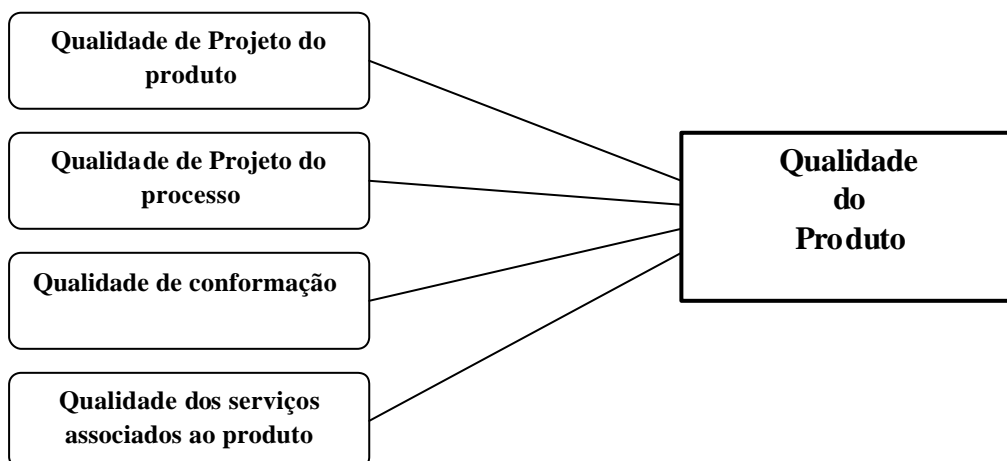


Fig. 2.3 - Qualidade do produto

Tendo em vista essas quatro categorias da qualidade é possível observar que a qualidade enquanto "adequação ao uso" está associada à

capacidade da empresa servir ao mercado e a qualidade enquanto "conformidade com especificações" está associada à correta execução dos procedimentos técnicos envolvidos no processo produtivo, ou seja à capacidade produtiva da empresa. Assim, as atividades de qualidade na primeira e quarta etapas, que constituem a pré e a pós- produção, estariam voltadas para a adequação ao uso e a segunda e terceira etapas, que constituem os estágios produtivos, estariam concentradas na conformidade com especificações.

É importante registrar que essas quatro etapas do ciclo de produção não são necessariamente estanques ou sequenciais como apresentado aqui. A forma de articulação entre elas são diferentes conforme o tipo de sistema produtivo, ou seja, se se trata de uma produção em unidades por encomenda, ou produção em massa ou ainda um processo contínuo.

Quanto aos enfoques da qualidade, descritos no item 2.2 deste trabalho, podemos dizer que, na etapa de desenvolvimento do produto, tendem a prevalecer os enfoques baseados no usuário e no produto. No desenvolvimento do processo, prevalece o enfoque baseado na fabricação. Na etapa de produção, o enfoque baseado na fabricação. Na etapa de atividades pós-venda, o enfoque baseado no usuário.

Como vimos, a qualidade do produto, que é experimentada pelo usuário, é uma síntese de múltiplos atributos (ou de qualidades parciais), do produto físico e dos serviços associados ao produto, que são geradas ao longo de todo o ciclo de produção.

A seguir apresentamos o conceito de qualidade total do produto e abordamos as múltiplas dimensões que compõem essa qualidade.

2.4 Parâmetros e dimensões da qualidade total do produto

De um modo genérico, característica de qualidade é definida como qualquer propriedade ou atributo de produtos, materiais ou processos, necessária para se conseguir a adequação ao uso. Essas características podem ser de ordem tecnológica, psicológica, temporal, contratual ou ética (JURAN, 1974, p.2.8).

As características de qualidade que nos interessam aqui são as de produto, as quais estão presentes fisicamente no produto ou estão associadas ao mesmo.

Como visto no início deste capítulo, a qualidade de um produto é representada pela característica, ou conjunto de características, que determinam a natureza do mesmo. Pode-se pensar assim que um produto tem qualidades e não uma qualidade, uma vez que existe uma qualidade para cada característica do produto. E a qualidade global do produto pode ser vista como uma resultante de todas as qualidades parciais.

Se para cada característica de qualidade (c_j) do produto existe uma qualidade (q_j), a qualidade global, que passaremos a chamar de qualidade total do produto (QTP)¹, seria resultante de uma função dessas qualidades q_j . Assim tem-se que:

$$QTP = f(q_1, q_2, \dots, q_n; a_1, a_2, \dots, a_n)$$

onde q_j é a qualidade de cada característica e os a_j são os parâmetros da função.

¹ O conceito de QTP foi apresentado em TOLEDO, J.C.; ALMEIDA, H.S. A qualidade total do produto, **Revista Produção**, v.2, n.1, p.21-37, 1990.

Entretanto, as características de qualidade do produto são muitas e de diversos tipos. Para efeito de simplificação é conveniente agrupá-las em parâmetros da qualidade perceptíveis para o usuário.

Chamaremos de parâmetros da qualidade de produto a características específicas ou conjunto de características do produto que compõem um determinado aspecto da qualidade. E chamaremos de dimensão um agrupamento, ou composição, de parâmetros da qualidade, em função da similaridade de sua contribuição para a qualidade total do produto. Por exemplo: diversas características de qualidade de projeto e de conformação compõem o parâmetro confiabilidade do produto. Este parâmetro, por sua vez, em conjunto com outros - como a disponibilidade e a manutenibilidade - compõe uma dimensão da qualidade que representa a qualidade de características funcionais temporais do produto. Essa dimensão procura refletir a qualidade de funcionamento do produto ao longo do tempo.

Tendo como ponto de partida o trabalho de GARVIN (1984), propomos o agrupamento dos parâmetros da qualidade nas seguintes dimensões:

a) qualidade de características funcionais intrínsecas ao produto:

Parâmetros:

- Desempenho técnico ou funcional
- Facilidade ou conveniência de uso

b) qualidade de características funcionais temporais (dependentes do tempo):

Parâmetros:

- Disponibilidade²

² Um conceito associado a esta dimensão da qualidade e que vem sendo difundido é a **dependabilidade**. Entretanto, esta não será considerada aqui, uma vez que trata-se de uma derivação do conceito de **disponibilidade**. A norma ISO 8402 define dependabilidade como "termo coletivo para descrever o desempenho quanto a disponibilidade e seus fatores de influência: confiabilidade, manutenibilidade e logística de manutenção".

- Confiabilidade
- Manutenibilidade
- Durabilidade

c) qualidade de conformação:

Parâmetro:

- Grau de conformidade do produto

d) qualidade dos serviços associados ao produto:

Parâmetros:

- Instalação e orientação de uso
- Assistência técnica

e) qualidade da interface do produto com o meio:

Parâmetros:

- Interface com o usuário
- Interface com o meio ambiente (impacto no meio ambiente)

f) qualidade de características subjetivas associadas ao produto:

Parâmetros:

- Estética
- Qualidade percebida e imagem da marca

g) custo do ciclo de vida do produto para o usuário

O custo do ciclo de vida do produto, para o usuário, compreende a soma dos custos de aquisição, de operação, de manutenção e de descarte do produto.

O conjunto dessas dimensões e parâmetros compõem o que estamos chamando de qualidade total do produto. A qualidade total do produto representa, portanto, a qualidade experimentada e avaliada pelo consumidor, objetiva ou subjetivamente, na etapa de consumo do produto e em todas as suas dimensões, sejam intrínsecas ou associadas ao produto.

A seguir detalhamos os parâmetros associados a cada uma dessas dimensões da qualidade.

a) qualidade de características funcionais intrínsecas ao produto

Desempenho

Antes de entrarmos na discussão de desempenho é preciso entender os conceitos de missão e função do produto.

Todo produto é concebido tendo em vista uma missão ou conjunto de missões fundamentais, também chamadas de funções básicas ou primárias. A partir das missões fundamentais obtem-se a definição das funções para todos os subsistemas e componentes do produto.

O desempenho se refere à adequação do projeto às missões fundamentais, desde que o produto seja operado apropriadamente. É, portanto, concernente à capacidade inerente do produto para realizar sua missão quando em operação.

É importante ressaltar que o desempenho é independente de qualquer categoria de tempo em que o sistema possa ser classificado, ao contrário de outros parâmetros tais como a confiabilidade e a durabilidade que se referem à qualidade no tempo, conforme será visto adiante.

O desempenho do produto é avaliado através de medidas que quantificam, para cada função básica, a extensão em que se atinge os requisitos operacionais associados às mesmas. Essa avaliação deve ocorrer quando o produto está realizando sua missão em um ambiente para o qual foi projetado, ou outro ambiente satisfatoriamente simulado. Entretanto, o desempenho pode ser estimado quando o produto ainda encontra-se nas fases de concepção e de desenvolvimento, através de avaliações pertinentes.

Embora o desempenho seja uma característica objetiva do produto, a associação entre desempenho e qualidade é dependente das circunstâncias. Ou seja, as diferenças de desempenho interprodutos são percebidas (ou não) como diferenças de qualidade, dependendo das preferências de cada usuário.

Facilidade e conveniência de uso

Esse parâmetro é referente às características funcionais secundárias que suplementam o funcionamento básico do produto. Estão associadas com o funcionamento básico mas não representam diretamente a missão básica. Portanto, elas não determinam diretamente o desempenho do produto e passam a ser inúteis caso a função básica falhe.

Podemos pensar em três tipos de características funcionais secundárias:

a) características que contribuem para a realização da missão básica do produto. Um exemplo é o controle adequado da temperatura e da umidade do ar no compartimento do refrigerador destinado a conservação de verduras e legumes. Esse controle permite uma melhor conservação de verduras e legumes e, conseqüentemente, contribui para a realização da missão básica do refrigerador: a conservação de alimentos.

b) características que elevam a conveniência e facilidade de uso do produto. Exemplos: o sistema *frost-free* que dispensa o degelo do refrigerador, o controle remoto de um televisor, etc.

c) funções adicionais, ou funções adquiridas, que são incorporadas ao produto e que oferecem outros serviços ao usuário, além das funções básicas. Na realidade este terceiro tipo não se refere a características que apoiam a realização da função básica e nem que facilitam o uso do produto, mas trata-se sim de novas funções introduzidas ao produto. É o caso, por exemplo, das funções de calculadora e de despertador que são incorporadas ao relógio de pulso tradicional.

A linha divisória entre as funções básicas e as funções secundárias muitas vezes é difícil de ser delimitada.

A facilidade e conveniência de uso (características funcionais secundárias), assim como o desempenho (características funcionais básicas), envolvem atributos objetivos e mensuráveis do produto e combinam elementos dos enfoques da qualidade baseados no usuário e no produto. A sua tradução em diferenças de qualidade é igualmente afetada por preferências individuais, ou seja enquanto podem ser avaliadas objetivamente a sua associação com qualidade é subjetiva.

b) qualidade de características funcionais temporais

No caso de bens duráveis, parâmetros de qualidade funcionais associados com o tempo se tornam particularmente importantes. É o caso de parâmetros como a disponibilidade, a confiabilidade, a manutenibilidade e a durabilidade dos bens, os quais trataremos a seguir.

A disponibilidade se refere ao requisito de máximo tempo de operação disponível que se exige de um equipamento ou bem de consumo durável. Ela avalia, portanto, a capacidade ou aptidão de que um bem esteja operando satisfatoriamente ou esteja pronto a ser colocado em operação quando solicitado.

A preocupação com a disponibilidade remonta ao início da era industrial. Entretanto, foi somente a partir da segunda guerra mundial, com o advento dos primeiros equipamentos eletrônicos, que a disponibilidade, enquanto conjunto de conceitos e de métodos de previsão e avaliação, se consolidou como uma disciplina da Engenharia.

Partindo-se do pressuposto de que um equipamento pode falhar e, portanto, entrar em estado de não disponibilidade, e que, conseqüentemente, será necessário um intervalo de tempo para realização de atividades de

manutenção, a disponibilidade passa a ser função da taxa de falhas do equipamento e do tempo necessário para manutenção corretiva. A taxa de falhas está associada ao conceito de confiabilidade e o tempo de manutenção ao conceito de manutenibilidade.

A primeira grande questão consistia em compreender em que momento se podia contar com um equipamento e quando se corria o risco do mesmo entrar em pane. As primeiras contribuições nesse sentido vieram do desenvolvimento do conceito de confiabilidade.

A formalização do conceito de disponibilidade passou pela formalização dos conceitos de confiabilidade e de manutenibilidade. Assim, primeiramente, apresentamos esses dois conceitos para, em seguida, podermos detalhar o conceito de disponibilidade.

Confiabilidade

A confiabilidade é a característica de um bem expressa pela probabilidade de que o mesmo realize uma função requerida, durante um certo intervalo de tempo e sob determinadas condições de uso para o qual foi concebido. Normalmente é representada com base em parâmetros médios de número de falhas ou do intervalo de tempo entre falhas. Procura representar, portanto, a confiança que se pode ter no desempenho dos produtos (JURAN; GRZYNA, 1980).

A preocupação com a confiabilidade de equipamentos data de princípios do século XX, principalmente a partir do desenvolvimento da indústria aeronáutica. Entretanto, como já mencionado, foi a partir da segunda guerra que se passou a estudar o problema da confiabilidade com base em técnicas mais avançadas, dando origem à chamada Teoria da Confiabilidade.

O conceito de confiabilidade se aplica tanto para sistemas complexos como, por exemplo, um computador, um automóvel ou uma aeronave bem

como para os componentes desses sistemas. A confiabilidade de um componente ou sistema depende diretamente dos princípios técnicos que estão sendo aplicados. Os equipamentos eletrônicos, por exemplo, são mais confiáveis que os eletromecânicos.

Retomando o conceito de confiabilidade podemos destacar três aspectos:

- desempenho adequado (sem falhas) de uma função especificada;
- por um período de tempo; e
- sob condições especificadas de uso.

O desempenho adequado não significa, necessariamente, que o equipamento deva funcionar segundo um esquema binário do tipo "funciona - não funciona", uma vez que podem existir vários estados de funcionamento adequados, em maior ou menor grau. O período de tempo para medição da confiabilidade deve ser limitado, uma vez que o tempo de vida pode afetar significativamente as características do sistema que está sendo avaliado. Por último, é necessário destacar que o ambiente e as condições de operação interferem decisivamente no desempenho.

Assim, a maneira de se conhecer a confiabilidade de um sistema é submetê-lo a desempenho sob condições especificadas e medir seu tempo de funcionamento até que falhe.

A formalização quantitativa da confiabilidade pode se apresentar de diversas formas. Todas elas, entretanto, têm um ponto em comum que é o desempenho ao longo do tempo. Os principais parâmetros de quantificação da confiabilidade são:

a) TMEF - Tempo Médio Entre Falhas. Refere-se ao tempo médio entre sucessivas falhas de um sistema reparável.

b) TMAF - Tempo Médio Até a Falha. Refere-se ao tempo médio até a falha de um sistema não reparável ou até a primeira falha de um sistema reparável.

c) Taxa de Falhas. Refere-se à quantidade de falhas por unidade de tempo.

A partir do conhecimento do TMEF é possível prever as falhas do equipamento e planejar as atividades de manutenção, desde que conhecido o tempo necessário de intervenção. Dai a emergência e o desenvolvimento do conceito de manutenibilidade.

Mantenabilidade (manutenibilidade)

O conceito de manutenibilidade se desenvolveu tendo em vista que durante uma parcela considerável de tempo um equipamento pode estar indisponível, seja por estar num estado de manutenção ou por estar esperando uma atividade de manutenção.

A manutenibilidade está intuitivamente associada à noção de "facilidade de executar a manutenção" de um equipamento ou sistema. Seu objetivo é facilitar, agilizar e baratear a manutenção. Essa facilidade dependerá de fatores tais como: o projeto do sistema e sua acessibilidade para reparos; os recursos para diagnóstico das falhas; os recursos disponíveis para reparação; a disponibilidade e acesso a materiais de reposição; o índice de falhas; etc. Pode ser definida como uma característica inerente ao projeto e instalação de um equipamento, que se relaciona com a facilidade, economia, segurança e precisão no desempenho das ações de manutenção. Está relacionada com os tempos de manutenção, com as características de receber manutenção próprias do projeto e com os custos de manutenção (JURAN et al., 1974)

Assim, enquanto a manutenibilidade é a aptidão de um equipamento receber manutenção, esta, por sua vez, se constitui em uma série de ações a serem tomadas para retornar, ou manter, um determinado equipamento ao estado operacional.

A quantificação da manutenibilidade requer a definição de dois tipos de parâmetros: um parâmetro temporal que expresse o período durante o qual as condições de operação devem ser restabelecidas e um parâmetro probabilístico que represente a probabilidade de se atingir esse parâmetro temporal. A manutenibilidade pode ser vista então como sendo a probabilidade de que um sistema será colocado em condições de operação satisfatória, ou será restaurado às condições de especificação, dentro de um certo período de tempo, desde que as ações de manutenção se realizem de acordo com procedimentos e recursos previstos. Esse valor é obtido a partir do TPMR- Tempo Médio Para Reparar (JURAN et al., 1974).

Existem várias outras medidas de tempo, além do TPMR, pelas quais os requisitos operacionais podem ser traduzidos, tais como:

- Tempo inativo médio. Tempo médio durante o qual um sistema não está em condições de operar por qualquer razão.
- Tempo médio de manutenção corretiva ativa.
- Tempo médio de manutenção preventiva ativa.
- Tempo máximo de manutenção.

Disponibilidade

Como mencionado a disponibilidade avalia a capacidade de que um bem esteja operando satisfatoriamente ou esteja pronto a ser colocado em operação quando solicitado. Pode ser definida como uma combinação de parâmetros de confiabilidade e de manutenibilidade: a capacidade de um bem (por diversas combinações de suas qualidades em confiabilidade, manutenibilidade e manutenção) realizar uma função requerida em um instante determinado ou durante um tempo específico.

Existem três indicadores básicos para a disponibilidade:

- disponibilidade operacional

- disponibilidade alcançada ou atingida
- disponibilidade inerente

A disponibilidade inerente mede o limite superior e a disponibilidade operacional mede o limite inferior das disponibilidades. A disponibilidade operacional (DO) é conceituada como a probabilidade de que um sistema, quando usado sob determinadas condições, em uma situação de apoio logístico real (não ideal), deverá operar satisfatoriamente em qualquer instante de tempo arbitrado (escolhido aleatoriamente). A disponibilidade alcançada (DA) é conceituada como a probabilidade de que um sistema, quando usado sob condições pré-estabelecidas, e sob condições ideais de apoio logístico, possa operar satisfatoriamente em qualquer instante de tempo. Em consequência, são desconsideradas as categorias de tempo logístico, administrativo e de não-operação. A disponibilidade inerente (DI) é a probabilidade de que um sistema quando usado sob condições pré-estabelecidas, sem consideração de qualquer esforço de manutenção preventiva, e sob condições de apoio logístico ideal (ou seja, sem restrições de ferramentas, peças sobressalentes e de mão-de-obra), possa operar satisfatoriamente em qualquer instante de tempo. Em consequência, são desconsideradas as categorias de tempo logístico, administrativo, não-operando e em manutenção preventiva. A disponibilidade inerente representa o melhor que o usuário pode esperar, já a disponibilidade operacional é muito mais uma medida da eficácia de um sistema (incluindo o equipamento, a logística e a administração) do que uma indicação combinada da confiabilidade e manutenibilidade do equipamento (JURAN et al., 1974).

Durabilidade

A durabilidade é uma medida da vida do produto e tem duas dimensões: uma econômica e outra técnica.

Do ponto de vista técnico, a durabilidade pode ser definida como a quantidade de uso, em termos de tempo ou de desempenho, que se obtém de um produto antes que o mesmo se deteriore fisicamente. Existem produtos que falham uma única vez e "morrem", não tendo mais possibilidade de realizar sua função básica. É o que acontece, por exemplo, com a lâmpada incandescente que falha uma única vez. Neste caso é relativamente fácil determinar a durabilidade do produto.

A durabilidade técnica depende basicamente da qualidade de projeto do produto, da qualidade dos materiais e componentes e das condições de uso do produto.

É importante diferenciar aqui dois conceitos relativos a durabilidade: a vida útil média e a longevidade. A vida útil média se refere ao tempo de vida médio, ou esperado, de um produto ou sistema. Já a longevidade se refere ao tempo até o desgaste total de uma unidade do produto. Assim, a vida útil média seria obtida a partir da determinação da longevidade das diversas unidades de um mesmo tipo de produto.

Quando é possível o reparo do produto a durabilidade adquire uma dimensão econômica, além da técnica, uma vez que neste caso irá depender de mudanças no gosto do consumidor e nas condições econômicas do produto ao longo do tempo. A durabilidade passa a ser, portanto, a quantidade de uso que se obtém de um produto até o instante que o mesmo falha e a substituição, por um novo, se torna economicamente mais vantajosa. Assim, a vida do produto é determinada mais por fatores como os custos de reparo, as inconveniências pessoais, os custos associados com o tempo de parada, as mudanças de moda e tecnológicas e os custos de substituição do produto, do que pela qualidade dos componentes e materiais.

Neste segundo caso pode-se observar um estreito relacionamento entre durabilidade e a confiabilidade, uma vez que um produto que falha

frequentemente tenderá a ser substituído mais rapidamente do que um de maior confiabilidade.

GARVIN(1988), observa que algumas vezes pode ocorrer aumento da durabilidade do ponto de vista econômico exclusivamente em função de mudanças na conjuntura econômica e não em função de um correspondente melhoramento técnico do produto. É o que estaria acontecendo com os automóveis nos EUA, cuja vida média aumentou significativamente nas décadas de 70 e 80 em função da elevação dos custos de combustíveis e da crise econômica. A mudança da conjuntura econômica americana tem feito com que os usuários reduzam a quilometragem média percorrida por ano e tenham maior interesse em prolongar a posse do produto.

c) Qualidade de conformação

A qualidade de conformação pode ser vista para cada característica de qualidade do produto. Ou seja, cada característica do produto real pode estar conforme, ou não, à sua especificação.

Assim, dada uma unidade de produto real ela pode estar conforme as especificações para uma(ou algumas) característica(s) e não conforme para outra(ou outras) característica(s).

A qualidade de conformação geralmente é vista de forma binária, ou seja, uma característica do produto real pode estar conforme ou não- conforme à especificação. Entretanto, é possível se avaliar também o quanto uma característica está dentro ou fora das especificações.

Um critério para se avaliar a qualidade de conformação de uma unidade de produto, de múltiplas características, é através da análise de quantas e quais características estão dentro e fora das especificações.

Tendo-se um critério para avaliar a conformidade de cada característica e do conjunto de características, tem-se, portanto, um critério para avaliação

de uma unidade de produto. Já a qualidade de conformação de um lote de produto seria avaliada pela porcentagem de unidades conforme as especificações.

É importante registrar que a "não-conformidade" não implica, necessariamente, na "não adequação ao uso" do produto. É possível que um produto esteja fora das especificações e, mesmo assim, após uma avaliação, seja considerado adequado ao uso.

Em relação a esse parâmetro, o consumidor não experimenta a qualidade de conformação enquanto qualidade do processo de produção - ou desempenho do processo -, mas sim a conformidade do produto, que se traduz num desempenho conforme o esperado e numa conformidade que não prejudique a aparência e o uso do produto. O que é indesejável para o consumidor são os defeitos e falhas do produto no campo e não os defeitos, refugos e retrabalho durante a produção propriamente dita.

d) Qualidade dos serviços associados ao produto

O apoio oferecido ao usuário para instalação do produto, a orientação para uso bem como os serviços de assistência técnica constituem importante dimensão da qualidade associada a muitos tipos de produtos.

Antes de mais nada é preciso deixar claro a diferença entre manutenibilidade e qualidade dos serviços associados ao produto. A manutenibilidade, como já visto, se refere à facilidade de realizar a atividade de manutenção e depende do projeto do produto e da sua confiabilidade. Já a qualidade dos serviços associados ao produto está relacionada à velocidade, cortesia e competência de atendimento dos serviços de instalação e de assistência técnica.

Obviamente ao usuário interessa que o produto não falhe, ou seja que tenha alta confiabilidade e disponibilidade. Entretanto, os usuários estão

preocupados não somente com a parada por quebra de um equipamento, mas também com o tempo gasto até que o mesmo seja restabelecido, a rapidez com que as solicitações de serviços são atendidas, a frequência com que os serviços são solicitados para um mesmo tipo de reparo e com a natureza do relacionamento com o pessoal de assistência técnica.

Algumas dessas variáveis podem ser medidas objetivamente, enquanto outras refletem preferências pessoais quanto ao que seria um nível de serviço aceitável. A competência técnica, por exemplo, pode ser avaliada pela incidência de chamadas de serviços requerida para corrigir um mesmo tipo de problema. Muitos consumidores associam reparo mais rápido e tempo de parada reduzido com alta qualidade e, portanto, esses componentes da qualidade da assistência técnica são menos sujeitos a interpretações pessoais do que aqueles envolvendo avaliações de cortesia ou padrões de comportamento dos profissionais. Nos casos onde as solicitações de serviço dos clientes não são atendidas imediatamente, e entram em uma fila, a política e os procedimentos de atendimento da empresa provavelmente também afetarão a avaliação que o cliente faz desta dimensão da qualidade.

Em alguns mercados, como é o caso de máquinas e equipamentos industriais, a oferta de um serviço superior pode ser uma estratégia de diferenciação da qualidade bastante poderosa. Isso pode ser feito através de uma política de pronto atendimento, disponibilidade imediata de peças e componentes ou mesmo do oferecimento de um equipamento substituto enquanto se realiza os serviços de assistência técnica.

e) Qualidade da interface do produto com o meio

Essa dimensão da qualidade pode ser desagregada em dois parâmetros: qualidade da interface do produto com o usuário e qualidade da interface com o meio ambiente.

Em relação ao usuário podemos pensar em dois tipos de interface com o produto: uma primeira que se refere ao grau de facilidade de operação e manuseio do produto (que em parte se confunde com o parâmetro "facilidade e conveniência de uso") e uma segunda que diz respeito aos danos à saúde e aos riscos de acidente impostos pelo produto.

A facilidade de operação e manuseio depende de fatores ergonômicos do produto. Estes tratam das relações não emotivas entre o usuário e o produto e envolvem a adequação entre as dimensões, forma e textura das partes do produto às características anatômicas do usuário tais como força dos músculos, dimensão dos membros inferiores e superiores, etc. Envolve também a adequação entre os dispositivos de comunicação do produto e as características de percepção do ser humano, de tal forma que as informações necessárias para operação sejam claramente percebidas pelo órgão sensorial apropriado e interpretadas pela pessoa.

Os riscos de acidente associados ao produto estão afetos ao campo da segurança e dependem de aspectos da confiabilidade do produto.

O estudo da segurança do produto procura identificar os perigos latentes de agressão ao homem, ao meio ambiente e a si mesmo. A preocupação com a segurança do produto existe não só em função das consequências econômicas, ambientais, de risco de vida e de desgaste da imagem da empresa, como também em função de legislação governamental, existente em um número cada vez maior de países, que define os requisitos de segurança que o produto deve satisfazer e as responsabilidades civis a que o produtor está sujeito em casos de acidentes.

A redução no nível de acidentes com produto pode ser obtida modificando-se tanto o comportamento humano no manuseio como melhorando o próprio produto e o ambiente em que o mesmo é usado. Em outras palavras isso significa: 1. incentivar o uso seguro de produtos; 2. projetar

com base em critérios de segurança; e 3. buscar a melhoria no ambiente de uso do produto.

Os produtos, assim, devem ser projetados tendo em mente o uso pretendido, outras aplicações potenciais bem como o perfil dos possíveis usuários. Considera-se que é mais provável que os usuários estejam inclinados a operarem o produto com os cuidados de segurança pertinentes se o mesmo é projetado considerando as suas necessidades e são adequados do ponto de vista ergonômico.

Seguro, em relação a qualquer bem, significa que não existem riscos, além daqueles reduzidos ao mínimo, de que durante a fabricação, montagem, armazenagem, posse ou uso o bem poderá causar a morte ou danos pessoais a qualquer pessoa, seja imediatamente ou após um período definido ou indefinido de tempo. Portanto, o requisito de ser "razoavelmente seguro" exige um compromisso de longo prazo do produtor para assegurar que o bem permanecerá neste estado durante a sua vida prevista.

Na fase de projeto de um bem os "modos de falhas de segurança" devem ser identificados e caso as consequências mais graves não podem ser eliminadas, a sua extensão ou severidade deverá ser minimizada e alertas adequados fornecidos onde e quando for apropriado. As técnicas da Teoria da Confiabilidade são auxiliares para quantificação e análise dos problemas de segurança de produto.

Em relação ao meio ambiente podemos pensar em dois tipos de interface do produto. Primeiro: o próprio processo de produção do produto pode causar impactos negativos sobre o ambiente. Segundo: é o impacto que ocorre durante a etapa de consumo, através de risco de acidente, de subprodutos e rejeitos poluentes do produto e de seu descarte. O descarte é o ponto terminal da etapa de consumo do produto e se constitui em outro momento de impacto ambiental. Em relação ao descarte o produto pode ser mais ou menos difícil de ser descartado, seu descarte pode causar maior ou

menor impacto no meio ambiente e, ainda, o produto pode ser possível de reaproveitamento e utilizar ou não recursos renováveis.

A dimensão ambiental da qualidade do produto passou a ser significativa nos países desenvolvidos. Segundo a revista *The Economist* (8 de setembro de 1990, página 70), na Inglaterra, no período de 1988 a 1990, subiu de 19 para 42 a porcentagem de consumidores que adquirem produtos com base no critério do impacto ambiental.

f) Qualidade de características subjetivas associadas ao produto

Estética

A estética se refere à percepção e interpretação que se tem do produto formada por julgamentos e preferências pessoais, a partir dos cinco sentidos do ser humano. Está diretamente relacionada à aparência do produto e é, assim, uma forma de expressão da sua qualidade. Sendo a aparência o primeiro contato que se tem com o produto, a mesma tem um efeito sobre o consumidor que se estende por um período de tempo.

Os atributos de estética tais como desenho, forma, cor, textura, gosto ou cheiro, podem adicionar atração ao produto aumentando, conseqüentemente, a sua preferência. São afetados pela moda, pela época e pelo local.

Nenhum produto pode ser dissociado, ao longo do seu ciclo de vida, da qualidade de aparência. Entretanto, a aparência é determinada não somente por razões estéticas, mas também reflete requisitos funcionais do produto. Assim, além da aparência refletir aspectos de estética adequados ao usuário e ao ambiente, ela deverá refletir a funcionalidade e não prejudicar o desempenho do produto.

Qualidade percebida e imagem da marca

A qualidade percebida e a imagem da marca se referem à reputação do produto no mercado, portanto dizem respeito à percepção que o usuário tem da qualidade do produto, a partir de seus sentidos próprios e da imagem já formada no mercado, seja através da publicidade ou da tradição associada à marca. A qualidade percebida pode ser definida como sendo a soma de todos os conhecimentos, crenças e impressões que o consumidor pode ter do produto (PANYGIRAKIS, 1986).

Essa dimensão da qualidade do produto é relevante uma vez que nem sempre os consumidores possuem informação completa sobre as propriedades e atributos do produto e, portanto, necessitam de indicadores indiretos para avaliar a qualidade e escolher entre as marcas oferecidas. Por exemplo, o corte e o feitiço de uma roupa podem ser avaliados no ato da compra, já a qualidade de um medicamento ou de um eletrodoméstico, só podem ser avaliadas após o uso. Neste último caso, a percepção, mais do que a própria realidade, determina a avaliação que se tem da qualidade.

Além da marca, o país de origem do produto também pode exercer importante influência como indicador da qualidade do produto. Alguns exemplos são as concepções comuns do tipo: "ferramenta boa é a alemã", "calçado bom é o italiano", "automóvel bom é o japonês" etc.

É importante ter claro que o uso da reputação como um indicador da qualidade tem como pressuposto que a qualidade das unidades ou lotes de produto produzidos atualmente por uma empresa mantém a mesma qualidade que os produzidos anteriormente ou que os novos produtos lançados pela empresa têm qualidade similar à dos produtos já consolidados. Como esse pressuposto implícito pode ser considerado válido para a maioria das pessoas, isso faz com que a reputação da marca tenha valor real como uma dimensão da qualidade.

g) Custo do ciclo de vida do produto para o usuário

A análise da qualidade do produto se reveste de pouco sentido prático se não for acompanhada da correspondente análise econômica do ponto de vista do usuário.

O usuário incorre em custos com o produto desde o instante em que o mesmo é adquirido até o descarte. A soma de todos os custos de responsabilidade do usuário, durante a vida útil do produto, é chamada de custo do ciclo de vida do produto.

Aqui o termo "vida" relaciona-se com o ponto de vista do usuário, isto é, por quanto tempo ele usará o produto. Esse conceito é diferente da "vida em garantia", em torno da qual o produtor estrutura muitos controles e decisões. Para o usuário os custos incorridos após o período de garantia são mais importantes do que durante a garantia, uma vez que agora ele responderá por todas as despesas.

Com o desenvolvimento tecnológico e a ampliação das possibilidades de aplicação de bens duráveis, tornou-se relevante o conceito de custo total para o usuário durante a vida do produto. Para os produtos de curta duração (bens de consumo imediato e semiduráveis), esse custo é pouco diferente do custo de aquisição, entretanto para os bens de maior durabilidade pode ser várias vezes maior.

Se um bem durável é adquirido para uso existem diversas categorias de custos presentes e futuros implícitos na compra. As categorias de custo aqui consideradas são desenvolvidas a partir de JURAN; GRZYNA, (1980).

A primeira dessas categorias é o **custo de aquisição**, que envolve o preço de compra, as taxas e impostos e os custos de transporte e instalação.

A segunda categoria são os **custos de operação**, que para muitos produtos é basicamente o custo de energia e para outros pode envolver também os custos de insumos e de mão-de-obra.

A terceira são os **custos de manutenção e reparo**. Estes incluem a manutenção rotineira enquanto o produto está operando normalmente e os custos de reparo quando o produto falha. Não inclui os custos durante a garantia, uma vez que estes estão incluídos no preço de compra.

A quarta categoria, **custos de descarte**, envolve os custos para se descartar o produto no final da sua vida útil. Para produtos de pequeno porte esse custo é praticamente nulo, mas poderá adquirir uma ordem de grandeza significativa para produtos de grande porte. Esse custo poderá se tornar mais relevante à medida que adquire maior importância os estudos dos impactos do produto no meio ambiente e se contabiliza os custos pertinentes. Em alguns casos o produto poderá ter um valor de mercado no final da sua vida, tornando o descarte um valor positivo e não um custo.

O uso do critério do custo do ciclo de vida do produto coloca em evidência o desempenho ao longo da sua vida útil, uma vez que esse custo é fortemente influenciado por parâmetros como a confiabilidade, a manutenibilidade, a durabilidade e a eficiência energética do produto. Por exemplo, um produto que tenha relativamente melhor confiabilidade, durabilidade e desempenho, poderá ter um custo de aquisição maior, mas o custo do ciclo de vida poderá ser significativamente menor.

A questão do uso desse critério está na viabilidade do consumidor ter acesso às informações sobre o custo do ciclo de vida do produto no ato da compra. Caso seja possível ao consumidor basear suas decisões de compra no custo esperado do ciclo de vida, isso poderá vir a transformar o processo de decisão modificando a tendência de uso do preço de aquisição como o critério econômico exclusivo.

Como conclusão pode-se dizer que a ausência de qualquer um desses parâmetros e dimensões pode prejudicar a qualidade do produto, mas a sua presença, isoladamente, não assegura que o produto seja competitivo.

Tendo em vista que a satisfação do consumidor é com a qualidade total do produto, esse conceito é útil à medida que permite visualizar, de forma global, as dimensões da qualidade do produto. Do ponto de vista de um produtor, essa estrutura pode ser um ponto de partida que auxilia na realização de análises para posicionar o seu produto em relação à concorrência em dimensões da qualidade perceptíveis pelo consumidor. Também auxilia o produtor na formulação de estratégias de concorrência e de mudança da qualidade do produto. Já para o consumidor o conceito pode ser útil na avaliação da qualidade e tomada de decisão para escolha entre alternativas de produto, ainda que alguns desses parâmetros sejam difíceis de avaliação objetiva antes do consumo.