



Revista Produção Online  
v.11, n.1, mar. 2011

ISSN: 1676 - 1901  
[www.producaoonline.org.br](http://www.producaoonline.org.br)



## PROPOSTA DE MÉTODO DE PRIORIZAÇÃO DE PROCESSOS A SEREM MONITORADOS NO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO: UMA APLICAÇÃO EM TROCADOR DE CALOR

### PROPOSED METHOD OF PRIORITIZING PROCESSES TO BE MONITORED IN STATISTICAL PROCESS CONTROL: AN APPLICATION IN HEAT EXCHANGER

Eduardo Freitas da Silveira\*[engenheiro.eduardo@terra.com.br](mailto:engenheiro.eduardo@terra.com.br)  
Liane Werner\*[liane@producao.ufrgs.br](mailto:liane@producao.ufrgs.br)  
\*Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Resumo:** As empresas visam se solidificar no mercado, para tanto é primordial aumentar a qualidade de seus produtos e serviços. A implementação do controle estatístico do processo tem sido utilizada para atingir este objetivo, porém para obter eficiência é necessário priorizar os processos a serem monitorados. A fim de determinar quais as características do processo devem ser monitoradas buscou-se suporte na função de desdobramento da qualidade, de onde se obtém índices para determinar a prioridade de ação. Após aplicou-se estes índices na Janela de Johari que indicou quais as características fáceis de implementar e que são de alta prioridade. Para elucidar este procedimento foi realizada uma aplicação na fabricação de trocador de calor, de onde se observaram características tais como: comprimento da bengala, acabamento da brasagem, altura do pescoço, que devem ser priorizadas no monitoramento do controle estatístico do processo.

**Palavras-chave:** Priorização de processos. Controle estatístico do processo. Trocador de calor.

**Abstract:** The companies aim to solidify the market for both is essential to increase the quality of their products and services. The implementation of statistical process control has been used to achieve this goal, but for efficiency it is necessary to prioritize the processes to be monitored. In order to determine which features of the process should be monitored sought to support of quality function deployment, where index is obtained to determine the priority of action. After was applied these indices in the Johari window that indicates which features easy to implement and which are of high priority. To elucidate this procedure was carried through an application in the manufacture of heat exchanger, where observed characteristics such as length of the stick, finishing brazing, high neck, that should be prioritized in the monitoring of statistical process control.

**Key-words:** Prioritization processes. Statistical process control. Heat exchanger

## 1 INTRODUÇÃO

O constante crescimento da competitividade no meio industrial, o alto desenvolvimento tecnológico atual e a globalização fazem com que as empresas busquem excelência em todos os seus processos. O objetivo a ser alcançado pelas

empresas é obter mais qualidade e eficiência em seus produtos e serviços, aumentando as chances de se solidificarem no mercado.

Para Montgomery (2008), a qualidade é antagônica à variabilidade, pois, para a obtenção da qualidade, é necessário reduzir a variabilidade das características de qualidade do produto e, para tanto, pode-se recorrer à utilização de técnicas de controle estatístico da qualidade. O Controle Estatístico do Processo (CEP) é um instrumento que visa à estabilidade do processo e garante uma melhora efetiva e contínua da qualidade, contribuindo para o aumento da produtividade e redução dos custos.

Oakland (2008) vai além e afirma que o CEP é uma estratégia para a redução da variabilidade, devendo ser adotado por todos os níveis da corporação. Nesse sentido, a gerência tem um papel importante e indelegável. O compromisso e envolvimento com o processo de melhoria da qualidade é o componente essencial para o sucesso potencial do CEP, não dependendo somente da cultura estatística da organização (BROCKA e BROCKA, 1995; MONTGOMERY, 2008).

A implantação do CEP demanda um custo relativamente alto, principalmente com treinamento de pessoas e, sobretudo, no acompanhamento de todo o processo durante a curva de aprendizagem. Essa etapa, segundo Pires (2000), requer investimentos em recursos e mudança na filosofia da empresa, exigindo um empenho de todos os envolvidos, deste a alta gerência até os funcionários que atuam no processo produtivo, incluindo o corpo técnico da empresa.

O desafio se traduz na melhoria de produtos e processos, pois, conforme Xie et al. (1995), um problema na aplicação de técnicas de CEP é que, geralmente, existem muitos processos envolvidos na produção e para alguns deles deve ser dada alta prioridade. Considerando as limitações de recursos, ter processos estabilizados e centralizados proporciona: menos problemas na manufatura, menos gargalos, menos eventos imprevistos, menor retrabalho, redução da pressão por produção, menos emergências de produção e menor frustração. Dessa maneira é possível aperfeiçoar a utilização de recursos como: pessoas, máquinas e tempo.

A escassez de recursos associada à necessidade de aumentar a produtividade com menos recursos financeiros e humanos torna clara a necessidade de priorizar ações que agreguem valor à empresa. Para tanto, os clientes exercem papel fundamental, já que são eles a razão de existir do negócio. A fim de satisfazê-

los, é preciso entender o que exatamente eles desejam (GALICINSKI, 1999). Uma forma de entender os clientes é escutar a chamada “voz do cliente”, permitindo que estes, indiretamente, participem do processo. Se os clientes participam do processo, a escolha e priorização dos processos a serem controlados estatisticamente são importantes e requerem uma atenção especial.

Face ao exposto, o objetivo deste artigo é propor uma ferramenta de priorização para a escolha das características de qualidade na implementação do CEP, mais especificamente na implementação dos gráficos de controle. Para atingir esse objetivo, se tem como objetivos específicos apresentar a interação entre as técnicas que compõem a metodologia proposta, a saber: a função desdobramento da qualidade, a janela de Johari e o próprio CEP; e também aplicar a ferramenta proposta em um estudo de caso do processo de trocador de calor.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Vários são os conceitos atribuídos ao termo Qualidade. Quando se tem em mente o foco no cliente, atendendo e satisfazendo, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo as suas necessidades, tem-se a visão de Deming (CARVALHO e PALADINI, 2005). Em uma abordagem mais atual, Montgomery (2008) define a qualidade como sendo inversamente proporcional à variabilidade nos processos e produtos. Ainda segundo o autor, a qualidade sempre fez parte de praticamente todos os produtos e serviços. Porém, a consciência da importância e a utilização de métodos formais para controle e melhoria da qualidade têm evoluído gradativamente.

O controle da qualidade moderno, incluindo a utilização de métodos estatísticos e sua aplicação na melhoria da qualidade, teve seu início na década de 20 do último século (WERKEMA, 1995; MONTGOMERY, 2008). Em 1924, Walter Shewhart propôs o uso de gráfico de controle para análise de dados resultantes de inspeção, com ênfase no estudo e prevenção dos problemas relacionados à qualidade e não mais na detecção e correção de produtos defeituosos. O objetivo era impedir que os produtos defeituosos fossem manufaturados (WERKEMA, 1995).

Para mudar da filosofia de inspeção para prevenção é necessário um planejamento da implementação do CEP. Segundo Hradesky (1989), o

planejamento da implementação dos gráficos de controle deve seguir alguns cuidados como: aplicação em processos críticos e utilização de poucos gráficos de controle como uma ferramenta estratégica de melhoria. Os gráficos de controle, uma das sete ferramentas da qualidade a serem implementadas, podem ser aplicados ao Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*), exercendo papel de instrumentos para a coleta, processamento e disposição das informações necessárias para manter e melhorar os resultados dos processos de uma empresa. O Ciclo PDCA, além de ser um método gerencial, também é uma ferramenta utilizada para priorizar problemas onde houver necessidade de concentração de esforços.

Outros métodos também podem ser utilizados para obter uma priorização nesse sentido. Definição do projeto, planejamento da implementação do CEP, treinamento, implementação efetiva e acompanhamento, e consolidação são as cinco etapas propostas por Pires (2000), que estabelecem uma abordagem sistemática para a implementação de CEP. Dessas cinco etapas, a segunda: “planejamento da implementação do CEP”, aborda técnicas para priorização. Nessa etapa é importante a participação das pessoas envolvidas no processo de manufatura, assim, elas irão sentir-se como parte do processo de melhoria, comprometendo-se com o projeto. Ainda nessa etapa, visando à priorização, é necessário definir três pontos: características da qualidade importantes para o cliente, processos nos quais as características de qualidade são formadas e as variáveis a serem controladas em cada processo. A utilização da Função Desdobramento da Qualidade, em inglês *Quality Function Deployment* (QFD), é recomendada para definir esses três pontos.

O QFD é uma metodologia estruturada, desenvolvida por Yoji Akao e Shigeru Mizuno, que permite integrar as necessidades expressas pelos clientes ao desenvolvimento do produto e processos (AKAO, 1990; FERNANDES e REBELATO, 2006). Conforme AKAO (1996), o QFD é uma metodologia que converte as necessidades ou exigências dos clientes em características da qualidade e, a partir delas, se estabelece um desenho de qualidade para produto ou serviço, desenvolvendo um desdobramento sistemático de matrizes relacionadas entre necessidades e características. Cheng e Melo Filho (2007) seguem a linha de utilização do QFD visando à satisfação do cliente, apresentando três finalidades específicas: garantir a qualidade pela inspeção, auxiliar o desenvolvimento do

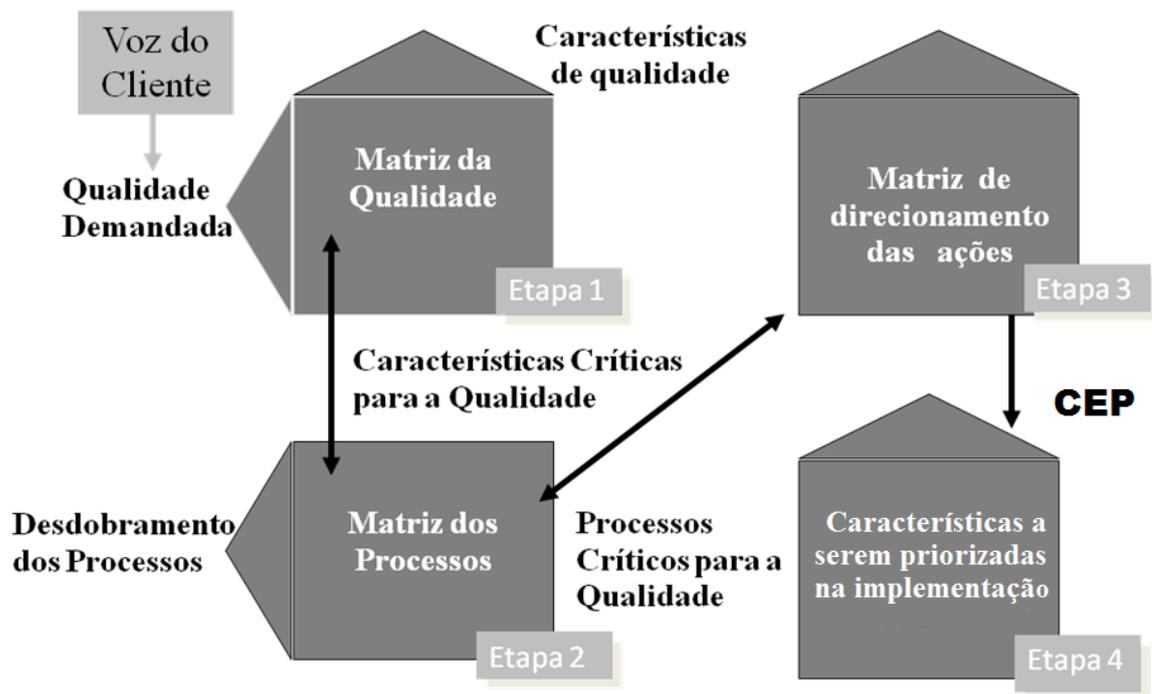
produto interpretando as necessidades e desejos do cliente, e garantir qualidade durante o processo de desenvolvimento do produto.

De uma maneira genérica, as matrizes do QFD são constituídas por duas partes. Nas linhas são dispostos os itens “o quê” e seus respectivos pesos de importância, já nas colunas são inseridos os itens “como”. As intersecções entre linhas e colunas são analisadas e mensuradas, utilizando escalas numéricas para mensurar esses relacionamentos quanto ao impacto de cada cruzamento de item (FARIAS, 2004).

Conforme Ferreira (1997), outros autores como Bob King, Hauser e Clausing apresentaram modelos com abordagem diferente do precursor Yoji Akao. A abordagem do QFD realizada por Bob King é muito semelhante à de Akao, porém, reorganizada para facilitar a implementação. Ele agrupou todas as 22 matrizes propostas por Akao em uma única matriz chamada de Matriz das Matrizes (RUFFONI, 2000; FARIAS, 2004).

Conforme Farias (2004), o modelo QFD proposto por Hauser e Clausing, o mais difundido devido à sua simplicidade, possui quatro fases distintas, denominadas matrizes, sendo elas: Matriz 1 – Casa da Qualidade; Matriz 2 – Desdobramento das Partes; Matriz 3 – Planejamento do Processo; e a Matriz 4 – Planejamento da Produção. Primeiramente é realizado o levantamento dos atributos do consumidor, após são desdobradas as Características de Engenharia, montando-se a Casa da Qualidade (primeira matriz). As Características de Engenharia priorizadas são a informação de entrada na segunda matriz (Desdobramento das Partes), cuja saída gera informações de entrada para a terceira matriz (Planejamento do Processo) e, por fim, as entradas da quarta matriz (Planejamento da Produção) consistem das informações provenientes da Matriz de Planejamento do Processo.

Na figura 1 encontra-se a ilustração das etapas do QFD para a implantação do CEP. O método QFD é eficaz na identificação de processos críticos. Essa característica o credencia para a identificação de processos que necessitem de implementação do CEP.



**Figura 1** - Esquema das etapas do planejamento da implementação do CEP  
**Fonte:** Adaptado Echeveste (1997)

Schissatti (1998), em seu estudo de uma metodologia de implantação de cartas de Shewhart para o controle de processos, analisou as diferentes abordagens de implementação de CEP, levando em consideração os modelos da Motorola e de autores como: Breyfogle, Montgomery e Owen. Essa comparação entre modelos confirma a importância do planejamento na implementação do CEP e apresenta as diferentes etapas consideradas por cada modelo. O quadro 1 apresenta o resumo da análise realizada por Schissatti (1998).

Snee (2002) acredita na importância de focar em métodos de implementação e identificação utilizando a simplicidade, já que na maioria dos processos o comportamento é determinado por 3 a 6 variáveis chaves, que quando descobertas possibilitam melhor controle e otimização do processo.

### 3 MÉTODO DE PRIORIZAÇÃO PROPOSTO

O método proposto estabelece um índice de priorização para as características de qualidade demandada a serem implementadas no CEP. A proposta consiste em uma ferramenta que leva em consideração as características de qualidade, características de processo, custo envolvido na garantia e grau de

dificuldade na implementação do CEP. O método contempla a utilização da metodologia QFD e técnicas de priorização.

<b>Etapas</b>	<b>Motorola</b>	<b>Breyfogle</b>	<b>Montgomery</b>	<b>Owen</b>
1ª	Priorizar oportunidades de melhoria	Fornecer educação em metodologias estatísticas	Escolher a carta de controle apropriada	Obter compromisso
2ª	Selecionar o time de trabalho	Identificar e otimizar processos chaves e parâmetros do produto	Determinar quais características a serem controladas e onde alocar as cartas de controle	Formular uma política (diretriz)
3ª	Descrever o processo total	Definir tolerâncias dos parâmetros chaves	Executar ações para promover a melhoria dos processos	Indicar um facilitador
4ª	Análise de desempenho do(s) sistema(s) de medição	Planejar a construção de cartas de controle e planejar a avaliação da capacidade dos processos	Selecionar sistemas de coleta de dados e softwares computacionais	Definir uma estratégia de treinamento
5ª	Identificar/descrever as etapas críticas do processo	Implementar CEP e um sistema gerencial que garanta a melhoria		Treinar gerentes e supervisores
6ª	Isolar e verificar os processos críticos	Avaliar a capacidade de processos		Informar os operadores
7ª	Estudar a capacidade dos processos	Transferir a responsabilidade da melhoria para manufatura		Envolver fornecedores
8ª	Implementar condições ótimas de operação			Coletar dados
9ª	Monitorar processo			Elaborar um plano de ação para os sinais de falta de controle
10ª	Reduzir causas comuns de variação			Rever os processos de avaliação da qualidade
11ª				Estruturar a administração do CEP
12ª				Treinar os operadores
13ª				Implementar as cartas de controle
14ª				Melhorar os processos

**Quadro 1** – Abordagens de implementação do CEP

Fonte: Adaptado de Schissatti (1998)

O objetivo da ferramenta proposta é permitir uma classificação das características de qualidade a serem implementadas no CEP quanto ao seu custo de garantia e dificuldade de implementação de uma forma simplificada. Essa classificação permitirá estabelecer ações prioritárias para investimentos e melhorias focando a maximização dos resultados.

Na figura 2 observa-se a estrutura do método proposto para priorização de implementação do CEP. Ele foi construído com base nas ideias apresentadas nos modelos de Echeveste (1997) e de Ribeiro et al. (2001). O modelo de priorização proposto é composto de nove etapas que estão detalhadas na sequência.

Etapa 1 – Escolha de uma linha de produtos para análise dos processos;

Etapa 2 – Levantamento dos requisitos da qualidade demandada do produto;

Etapa 3 – Levantamento das características de saída por processo;

Etapa 4 – Elaboração da Matriz 1 de priorização das características;

Etapa 5 – Levantamento do custo das falhas do produto em campo (índices de garantia);

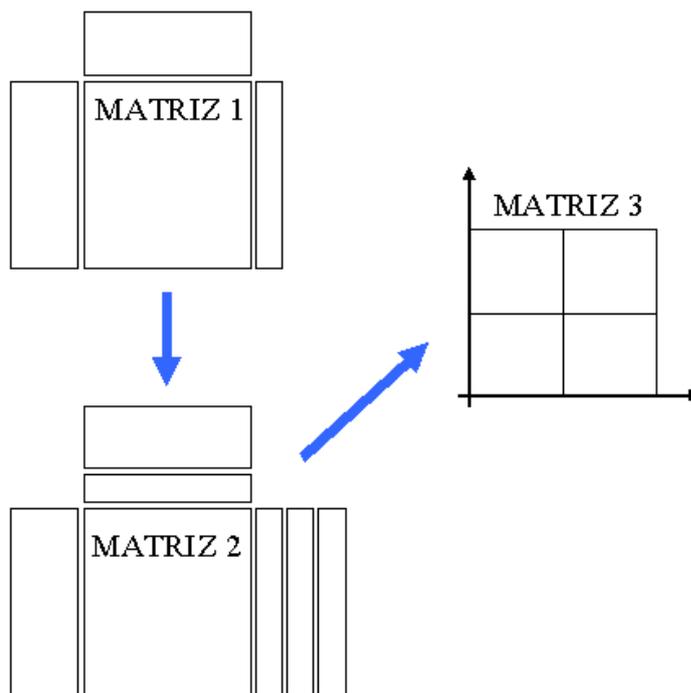
Etapa 6 – Estipular índice de custo de garantia;

Etapa 7 – Elaboração da Matriz 2 de priorização das características em função dos dados de garantia;

Etapa 8 – Levantar as dificuldades de implementação de CEP em cada processo;

Etapa 9 – Elaboração da Matriz 3 de priorização das características.

A elaboração da Matriz 1 de priorização compreende as três primeiras etapas do método proposto. Na primeira etapa é definida a linha de produto para a análise dos processos. É preciso que seja levada em consideração a estratégia da empresa sobre a linha de produto a ser analisada. O produto necessita ter uma expectativa de ciclo de vida razoável, ter importância em uma fatia de faturamento da empresa e apresentar oportunidades de redução de custos da “não qualidade”, sejam eles de processos, sucata ou garantia. O levantamento dos requisitos da qualidade demandada do produto, realizado na segunda etapa, é dado pelas características da qualidade definidas no projeto do produto. Na terceira etapa são analisados os processos envolvidos, com o auxílio de um mapa de processo, por exemplo, com o objetivo de identificar as características de saída por processo.

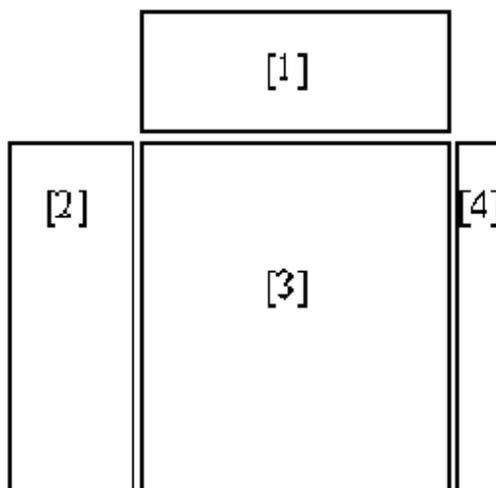


**Figura 2** - Estrutura do método proposto para priorização de implementação do CEP  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

A Matriz 1 de priorização é elaborada a partir do cruzamento entre os itens dos requisitos da qualidade demandada do produto e as características de saída dos processos. Essa etapa deve ser realizada por um grupo envolvendo: manufatura; engenharia de produto; engenharia de processos; qualidade; cadeia de suprimentos, sendo que os participantes devem ter conhecimento nos processos envolvidos. A figura 3 apresenta a Matriz 1 de priorização, onde as linhas são compostas pelas características de saída dos processos [2]. As colunas da matriz são formadas pelos requisitos da qualidade demandada do produto [1]. No corpo da matriz [3] é expressa a intensidade dos relacionamentos entre as características de saída dos processos e a qualidade demandada do produto. As relações são classificadas e ponderadas na seguinte escala: (i) forte atribui-se peso 9, (ii) média atribui-se peso 3, (iii) fraca atribui-se peso 1 e (iv) para quando não houver relação peso 0. O objetivo da elaboração da Matriz 1 de priorização é obter um índice de priorização das características de saída dos processos [4], obtido por meio do somatório dos pesos de relacionamento entre as características de saída dos processos e a qualidade demandada do produto, conforme a equação (1).

$$IPCP = \sum IR \quad (1)$$

onde: *IPCP* é o Índice de Priorização das Características dos Processos; *IR* é a Intensidade de Relacionamento entre as características de saída dos processos e a qualidade demandada do produto.



**Figura 3** - Esquema da Matriz 1 de priorização  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

O Índice de Priorização das Características dos Processos (*IPCP*) é um dado de entrada para a elaboração da Matriz 2 de priorização. Como segundo dado de entrada é necessário realizar o levantamento do custo das falhas do produto em campo e, a partir desses dados, estipular um índice ponderado conforme o custo de garantia. A ponderação é obtida através da porcentagem relativa de cada falha relacionada ao custo total de garantia em uma determinada linha de produto, sendo esse valor adotado como índice em uma escala de 0 a 100. Por exemplo, se o primeiro grande custo de falha de um produto representa 43% do valor total, o índice adotado será 43.

A figura 4 apresenta a Matriz de priorização 2, que é elaborada a partir do cruzamento entre as falhas do produto em campo e as características de saída dos processos, levando em consideração o Índice do Custo de Garantia (*ICG*) e o Índice de Priorização das Características dos Processos (*IPCP*). Para a elaboração dessa matriz e atribuição dos índices de relacionamento, é necessária também a participação de um grupo de pessoas de diferentes áreas, com conhecimento e domínio dos processos envolvidos. As linhas da matriz são compostas pelas características de saída dos processos [7] e as colunas são formadas pelas falhas

do produto em campo [5]. Para cada falha é estipulado o *ICG* [6] que é considerado para estabelecer a intensidade dos relacionamentos entre as características de saída dos processos e as falhas do produto em campo, apresentados no interior da matriz [8]. As relações de intensidade são atribuídas e ponderadas conforme a Matriz 1 de priorização, seguindo a escala anteriormente citada. O Índice de Priorização em função da Garantia (*IPG*) [9] é expresso por meio da soma do produto entre o Índice do Custo de Garantia (*ICG*) e a intensidade das relações atribuídas no interior da matriz dada, conforme a equação (2).

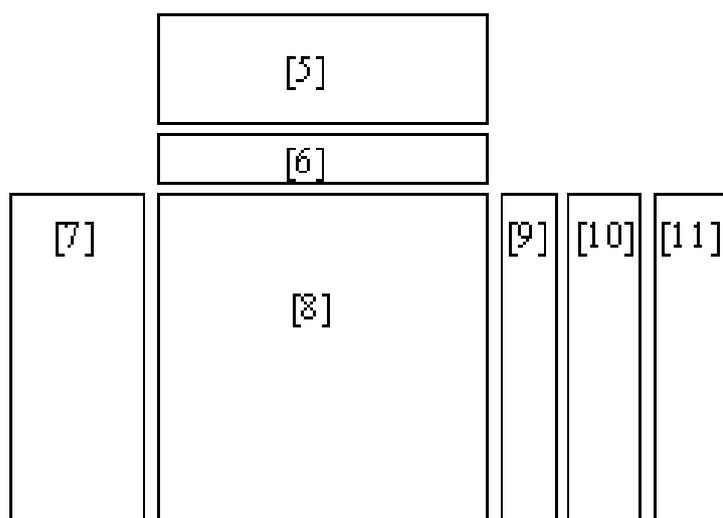
$$IPG = \sum ICG \times IRPG \quad (2)$$

onde: *IPG* é o Índice de Priorização em função da Garantia; *ICG* é o Índice do Custo de Garantia e *IRPG* é a Intensidade de Relacionamento entre as características de saída dos processos e as falhas do produto em campo.

O Índice de Priorização em função do Processo e Garantia (*IPPG*) [11], apresentado na equação (3), consiste do produto entre o Índice de Priorização das Características dos Processos (*IPCP*) [10], dado de saída da Matriz 1, e o Índice de Priorização em função da Garantia (*IPG*) [9].

$$IPPG = IPG \times IPCP \quad (3)$$

onde: *IPPG* é o Índice de Priorização em função do Processo e Garantia; *IPG* é o Índice de Priorização em função da Garantia e o *IPCP* é o Índice de Priorização das Características dos Processos.

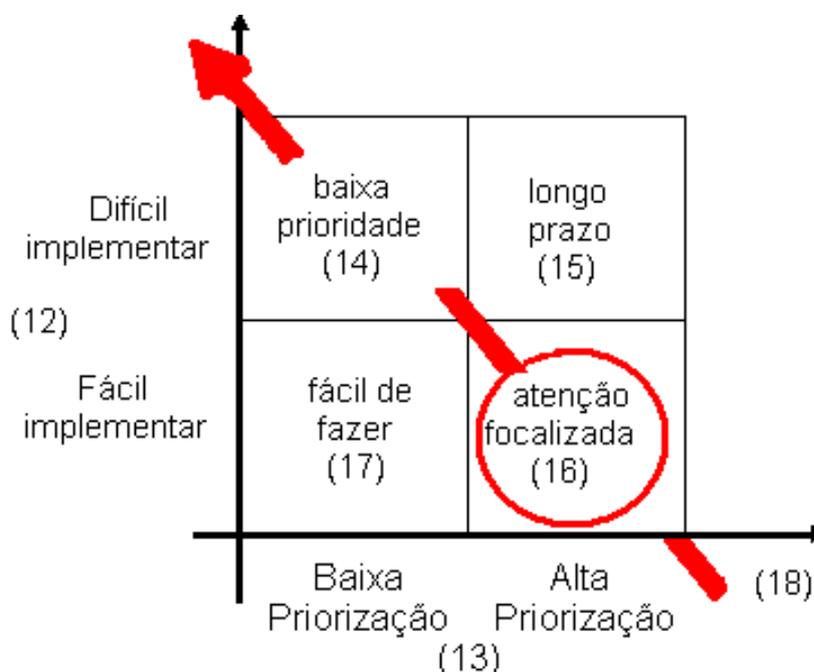


**Figura 4** - Esquema da Matriz 2 de priorização  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

A Matriz 2 de priorização tem o objetivo de obter um índice de priorização das características de saída dos processos considerando o custo de garantia do produto. Esse índice é utilizado na elaboração da última matriz de priorização, a Matriz 3.

Para a elaboração da Matriz 3 de priorização, o primeiro passo é estipular o grau de dificuldade de implementação de CEP para cada característica de saída do processo. É importante que essa etapa seja realizada por um grupo multifuncional com conhecimento nos processos envolvidos, atribuindo graus de dificuldade utilizando-se de uma escala de 1 a 10. Com as características de saída do processo ordenadas através do grau de dificuldade de implementação, é possível traçar a Matriz 3 de priorização, conforme figura 5. A Matriz 3 é baseada na Janela de Johari modificada (RICHARD, 2000).

No eixo das abscissas (13) são listadas as características de saída dos processos ordenados através do índice de priorização, considerando baixa prioridade à esquerda do gráfico e aumentando na direção do eixo das abscissas. Da mesma forma são listadas as mesmas características no eixo das ordenadas (12), levando em consideração a ordem em relação à dificuldade de implementação, com a graduação “zero” iniciando na parte inferior à esquerda do gráfico e aumentando na direção do eixo das ordenadas.



**Figura 5** - Esquema da Matriz 3 de priorização  
**Fonte:** Adaptado de Richard (2000)

A Matriz 3 de priorização é dividida em quatro quadrantes que indicam como agir conforme são enquadradas as características de saída dos processos. O quadrante “Atenção Focalizada” (16) é onde vão se enquadrar a maioria das características de saída dos processos que são fáceis de implementar e com maior índice de priorização. São essas características que precisam ter a implementação do CEP priorizada. O quadrante “Fácil de Fazer” (17) é quando as características de saída dos processos são fáceis de implementar o CEP, porém com um baixo grau de priorização. O quadrante “Objetivo a Longo Prazo” (15) são características com alto grau de priorização, mas também com alto grau de dificuldade; já o quadrante “Baixa Prioridade” (14) são características com baixo grau de priorização e alto grau de dificuldade de implementação. Com o auxílio da seta de priorização (18) identifica-se de maneira simples a ordem das características de saída dos processos a serem implementados no CEP.

#### **4 ESTUDO DE CASO**

O estudo de caso apresenta a aplicação do método proposto na produção de um trocador de calor, componente de um condicionador de ar do tipo “*Split*”, especificamente a unidade condensadora (aparelho instalado na parte externa do ambiente a ser climatizado). Esse exemplo serve para ilustrar o desenvolvimento e as vantagens da metodologia proposta neste artigo.

A primeira etapa consiste na escolha de uma linha de produto para a análise dos processos. A fabricação do trocador de calor utilizado nos condicionadores de ar tipo “*Split*” foi definida a partir de dois fatores: a linha de produto é relevante no faturamento da empresa e indicadores de retrabalho.

O levantamento dos requisitos da qualidade demandada do produto faz parte da segunda etapa. As características da qualidade consideradas foram as definidas no projeto do produto. São elas: dimensional, acabamento, eficiência e estanqueidade (ausência de vazamento).

A terceira etapa compreende o levantamento das características de saída por processo. Com o auxílio de um mapa de processo é possível identificar as características de saída. O trocador de calor em estudo possui seis processos: estampagem de aletas, conformação de bengalas, montagem do pacote, expansão

do pacote, solda por brasagem e dobra. As características de saída associadas a cada processo são apresentadas na tabela 1 (Matriz 1 de priorização).

**Tabela 1 - Matriz 1 de priorização para o trocador de calor**

Etapa	Característica de saída	Requisitos da qualidade				Índice de Priorização
		DIMENSIONAL	ACABAMENTO	EFICIÊNCIA	ESTANQUEIDADE	
Estampagem de aletas	Altura do colar	1	1	9		11
	Diâmetro do furo		1	9		10
	Diâmetro do Reflair		1	3		4
	Uniformidade		1			1
	Livre de rebarba		1			1
	Livre de amassamento		9	3		12
Conformação de bengalas	Peg-Leg	3	3	1	9	16
	Comprimento da bengala	3	3	1	9	16
	Deformação parede da curva		3		3	6
	Livre de rebarba		3		1	4
	Ovalização		1			1
	Livre de amassamento		3		1	4
	Livre de enguramento		3		1	4
Mtg pacote	Nº. de aletas	3	3	9		15
	Circuitagem		3	9		12
	Comprimento do pacote	9		9		18
	Planicidade	3	3			6
	Aletas livre de amassamento		3	3		6
	Bengalas livre de amassamento		3		1	4
Expansão do pacote	Distância entre laterais	9		9		18
	Paralelismo de laterais	3	3			6
	Perpendicularismo		1			1
	Altura do pescoço	3	1		9	13
	Diâmetro da boquilha	3	1		9	13
	Ruptura da boquilha	3	1		9	13
	Aletas livre de amassamento		3	3		6
	Bengalas livre de amassamento		3		1	4
	União aleta tubo		1	9		10
	Geometria do Bullet	3	1	9	9	22
FPI	1	3	9		13	
Brasagem	Acabamento da brasagem		9		3	12
	Planicidade da lateral		9			9
	Livre de Vazamento		3	9	9	21
	Livre de Residual		3	9		12
	Bengala livre de amassamento		3		1	4
	Aspecto das aletas		3	3		6
Dobra	Dimensões	9	1			10
	Bengala livre de amassamento		3		1	4
	Aleta livre de amassamento		3	3		6
	Ângulo da dobra	9	1			10

Fonte: Elaborado pelos autores

Depois de concluídas as três primeiras etapas, é possível elaborar a Matriz 1 de priorização. A matriz foi construída seguindo a diretriz de alocar nas linhas as características de saída de cada processo e nas colunas os requisitos da qualidade. Essa etapa foi realizada por uma equipe multifuncional com domínio de conhecimento dos processos envolvidos e utilizando os critérios já mencionados para classificar a intensidade das relações.

Para elaborar a Matriz 2 de priorização, foi realizado o levantamento do custo das falhas do trocador em campo. Foram considerados os dados relativos ao período de 12 meses. Nessa análise também foi estipulado o índice ponderado com base no custo de garantia, obtido através da porcentagem relativa de cada falha relacionada ao custo total de garantia. Os custos das falhas e os índices ponderados estipulados pelo departamento de Garantia estão descritos na tabela 2.

A Matriz 2 de priorização das características em função dos dados de garantia também foi elaborada por uma equipe multifuncional com domínio de conhecimento dos processos. Nas colunas da matriz foram inseridos os custos das falhas e seus respectivos índices ponderados. As linhas alocam as características de saída de cada processo. O Índice de Priorização das Características dos Processos (*IPCP*), resultado da Matriz 1 de priorização, é um dado de entrada para a elaboração da Matriz 2 de priorização. O Índice de Priorização em função do Processo e Garantia (*IPPG*) é obtido através do produto entre o Índice de Priorização das Características dos Processos (*IPCP*) e o Índice de Priorização em função da Garantia (*IPG*).

**Tabela 2** - Custos das falhas e os índices ponderados

Tipo de Defeito	Ocorrências	Custo total (R\$)	Índice ponderado
COND. BAIXA VAZÃO FLUIDO /POUCA PASSAGEM	3	207,98	1,8
COND. C/ ALETAS AMASSADAS	5	190,34	1,7
COND. C/ BENGALAS AMASSADAS	1	47,73	0,4
COND. FURADO POR CORROSÃO	10	1.323,78	11,5
CONDENSADOR COM CIRCUITO OBSTRUÍDO	10	2.131,99	18,5
ENTUPIAMENTO INTERNO COND.	3	320,60	2,8
TUBULACAO ALTA COND. RACHADA	6	214,01	1,9
VAZAMENTO INTERNO CONDENSADOR	38	3.845,43	33,4
VAZAMENTO NA SOLDA COND.	39	2.287,22	19,9
VAZAMENTO SAIDA/CAPILAR CONECTOR	18	940,20	8,2
	<b>Total =&gt;</b>	<b>11.509,28</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelos autores

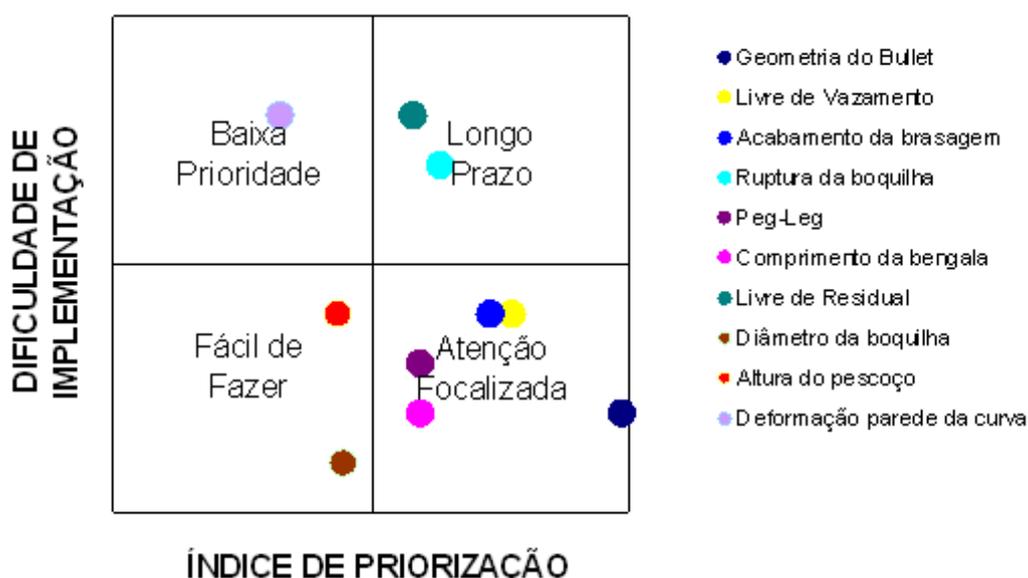
O Índice de Priorização em função da Garantia (*IPG*) é dado pelo somatório do produto do Índice do Custo de Garantia (*ICG*), pela intensidade das relações

atribuídas no interior da matriz. Foram seguidos os mesmos passos da Matriz 1 para atribuir a intensidade das relações. A tabela 3 apresenta a Matriz 2 de priorização.

A Matriz 3 de priorização das características, elaborada por uma equipe multidisciplinar, considera o levantamento das dificuldades de implementação de CEP em cada processo e o Índice de Priorização em função do Processo e Garantia (IPPG), dados de saída da Matriz 2. A figura 8 apresenta a aplicação da Matriz 3 de priorização.

Foram consideradas somente as dez primeiras características de saída do processo priorizadas. Em um primeiro momento, são essas as características indicadas para serem implementadas no CEP, optando-se por passar antes pela fase de maturação desses dez primeiros processos, para posteriormente trabalhar em sua totalidade.

A ordem das características a serem implementadas no CEP gerada foi: geometria do *bullet* (ferramenta de expansão), comprimento da bengala, livre de vazamento, acabamento da brasagem, *peg-leg* (diferença de comprimento de cada tubo da bengala), diâmetro da boquilha (expansão da junta união do tubo de cobre), altura do pescoço, ruptura da boquilha, livre de residual e deformação da parede da curva.



**Figura 8** - Matriz 3 de priorização para trocador de calor  
**Fonte:** Elaborado pelos autores

**Tabela 3 - Matriz 2 de priorização para trocador de calor**

		Falhas do produto em campo									Índice de priorização (garantia)	Índice de priorização (processo)	Índice de priorização (processo e garantia)			
		Baixa vazão do fluido	Aletas amassadas	Bengalas amassadas	Furo por corrosão	Condensador obstruído	Entupimento interno	Tubulação alta rachada	Vazamento interno	Vazamento na solda				Vazamento saída		
		Índice ponderado custo de garantia =>	1,8	1,7	0,4	11,5	18,5	2,8	1,9	33,4				19,9	8,2	
Característica de saída	Estampagem de aletas	Altura do colar		1									0,4	11	4,6	
		Diâmetro do furo												0,0	10	0,0
		Diâmetro do Reflair		1										0,4	4	1,7
		Uniformidade		1										0,4	1	0,4
		Livre de rebarba												0,0	1	0,0
		Livre de amassamento		9										3,7	12	44,8
	Conformação de bengalas	Peg-Leg	3		3		3	3				9	3	126,9	16	2030,8
		Comprimento da bengala	3		3		3	3				9	3	126,9	16	2030,8
		Deformação parede da curva	3		9		3	3		9				301,3	6	1807,6
		Livre de rebarba												0,0	4	0,0
		Ovalização									9			73,5	1	73,5
		Livre de amassamento	3		9		3	3						122,4	4	489,7
		Livre de enguramento								9				178,9	4	715,4
	Mtg pacote	Nº. de aletas		9										3,7	15	56,0
		Circuitagem	9				9							40,0	12	479,5
		Comprimento do pacote		9										3,7	18	67,2
		Planicidade		3										1,2	6	7,5
		Aletas livre de amassamento		9										3,7	6	22,4
		Bengalas livre de amassamento	3		9		3	3						122,4	4	489,7
	Expansão do pacote	Distância entre laterais		3										1,2	18	22,4
		Paralelismo de laterais		3										1,2	6	7,5
		Perpendicularismo bengala/lateral												0,0	1	0,0
		Altura do pescoço	1	1	3		3				9			118,5	13	1539,9
		Diâmetro da boquilha	1		3		3	3			9			123,6	13	1607,0
		Ruptura da boquilha	3				9	3			9			109,1	13	1418,7
		Aletas livre de amassamento		9										3,7	6	22,4
		Bengalas livre de amassamento	3		9		3	3						122,4	4	489,7
		União aleta tubo		1		3								56,0	10	559,9
		Geometria do Bullet	1		3	3				9				270,6	22	5952,9
	FPI (fins per inch)		3		3								56,8	13	738,6	
	Brasagem	Acabamento da brasagem				3	9				9	9		154,2	12	1850,0
		Planicidade da lateral									3			24,5	9	220,6
		Livre de Vazamento	3						9		9	9		379,2	21	7962,9
Livre de Residual					9					9	9		240,2	12	2882,9	
Bengala livre de amassamento		3		9		3	3						122,4	4	489,7	
Aspecto das aletas			9										3,7	6	22,4	
Dobra		Dimensões		3	3									35,7	10	357,5
	Bengala livre de amassamento	3		9		3	3						122,4	4	489,7	
	Aleta livre de amassamento		9										3,7	6	22,4	
	Ângulo da dobra		9	9					3				166,9	10	1668,7	

Fonte: Elaborado pelos autores

## 5 CONCLUSÕES

Realizar priorizações é necessário para a otimização de recursos na busca por resultados. Utilizando os conceitos da metodologia QFD e técnicas de priorização foi proposta, neste trabalho, uma ferramenta de priorização para a escolha das características de qualidade na implementação do CEP. O método proposto faz uso de operações matriciais que consideram as características de qualidade, características de processo, custo envolvido na garantia e grau de dificuldade na implementação aplicada de uma forma simplificada.

Foram criadas três matrizes com o objetivo de realizar as priorizações. A Matriz 1 tem como dados de entrada os requisitos de qualidade do produto, cruzados com as características de saída de cada processo. O índice obtido da Matriz 1 foi utilizado para ponderar os requisitos da qualidade na Matriz 2. Nessa etapa foram cruzados os custos das falhas do trocador em campo com as características de saídas de cada processo, avaliando o nível de relação entre eles. A Matriz 3 aplica o índice de priorização obtido na matriz anterior e o relaciona com a dificuldade de implementação do CEP.

No estudo de caso apresentado, foi aplicada a metodologia proposta em um processo de manufatura de um trocador de calor, componente de um condicionador de ar. A ordem das características a serem implementadas no CEP foi: geometria do *bullet*, comprimento da bengala, livre de vazamento, acabamento da brasagem, *peg-leg*, diâmetro da boquilha, altura do pescoço, ruptura da boquilha, livre de residual e deformação da parede da curva.

A utilização simples, o foco no cliente e a redução de custos são características que proporcionam vantagem no uso da ferramenta de priorização proposta. Ela permite uma otimização dos recursos, pois indica os processos de maior impacto que, conseqüentemente, terão retornos em um espaço reduzido de tempo, permitindo que a empresa alcance a excelência no atendimento ao cliente, em seus processos, utilização de recursos, rentabilidade do negócio, ou seja, que atinja a excelência competitiva.

## REFERÊNCIAS

- AKAO, Yoji. **Manual de aplicação do desdobramento da função qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- AKAO, Yoji. **Quality function deployment: integrating customer requirements into product design**. Cambridge, Productivity, 1990. 369p.
- BROCKA, Bruce e BROCKA, Suzanne. **Gerenciamento da qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- CARVALHO, Marly Monteiro de e PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro. Editora: Campus-Elsevier, 2005.
- CHENG, Lin Chih e MELO Filho, Leonel Del Rey de. **QFD: Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Blucher, 2007.
- ECHEVESTE, Márcia Elisa Soares. **Planejamento da otimização experimental de processos industriais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- FARIAS, Ana Thereza de Oliveira. **Desdobramento da função qualidade na prestação de serviços em uma empresa de remanufatura de autopeças**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- FERNANDES, José Márcio Ramos e REBELATO, Marcelo Giroto. Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 2, p. 245-259, maio./ago. 2006.
- FERREIRA, Ângela de Moura. **Desdobramento da qualidade em serviços: o caso da biblioteca da Escola de Engenharia da UFRGS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- GALICINSKI, Leslie M. **The SPC book: user's reference pocket book**. Qualitran, 2<sup>nd</sup> Edition, 1999.
- HRADESKY, John. **Aperfeiçoamento da qualidade e da produtividade: guia prático para a implementação do controle estatístico do processo**. São Paulo: McGraw-Hill, 1989.
- MONTGOMERY, Douglas. **Introduction to statistical quality control**. 6<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, 2008.

OAKLAND, John S. **Statistical process control**. 6<sup>th</sup> edition. Butterworth-Heineman, 2008.

PIRES, Verônica Tassinari. **A implantação do CEP em uma empresa de manufatura de óleo de arroz**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RIBEIRO, José Luis Duarte; ECHEVESTE. Márcia Elisa; DANILEVICZ, Ângela de Moura Ferreira. **A utilização do QFD na otimização de produtos, processos e serviços** : série monográfica produtos, processos e serviços. Porto Alegre: Fundação Empresa Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

RICHARD, Harry. Identify big payback TQM projects. **Quality Progress**, v.33, n. 3, p. 120, mar. 2000.

RUFFONI, Vitor Hugo. **Aplicação de uma metodologia de desenvolvimento de produto em uma empresa de médio porte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SCHISSATTI, Márcio Luiz. **Uma metodologia de implantação de cartas de Shewhart para o controle de processos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistema), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

SNEE, Ronald. Develop useful models. **Quality Progress**, v.35, n. 12, p. 94-98, dec. 2002.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995.

XIE, Min; GOH, Thong Ngee; XIE, Wen. Prioritizing processes for better implementation of statistical process control techniques. In: ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE. **Proceedings**, jun 1995.



Artigo recebido em 13/09/2009 e aceito para publicação em 27/01/2011.