

# A FUNÇÃO de PERDA de TAGUCHI

Victor Paulo Gomes da Silva, Professor Auxiliar do Departamento de Organização e Gestão de Empresas da Universidade Aberta

As características da qualidade podem ser:

1. quantificáveis, ou seja, medidas em escala contínua, podendo aqui distinguir-se as seguintes situações:
  - 1.a. existe um valor-objectivo para essas características, diferente de zero e de infinito (por exemplo, cada barra de metal que é fabricada na empresa deve ter um determinado comprimento);
  - 1.b. o valor-objectivo para essas características é zero (exemplo típico é o ruído dos maquinismos industriais, que deve ser inexistente);
  - 1.c. o valor-objectivo para essas características é, tendencialmente, infinito (exemplo típico é a resistência de uma soldadura – quanto mais resistente ela for, tanto melhor);
2. classificáveis por atributos, ou seja, medidas em escala discreta, o que sucede, por exemplo, com a aparência do vestuário;
3. dinâmicas, provenientes da resposta de um sistema a situações com que o mesmo se vê confrontado, por exemplo, a força de tracção de um veículo automóvel.

Ora, a degradação das características da qualidade traduz-se numa redução da utilidade do produto – logo, numa perda – para os consumidores e para a sociedade em geral, englobando-se nesta o próprio produtor, cujos proveitos futuros poderão ser prejudicados pela atitude de rejeição dos consumidores. Esta socialização do conceito "perda", efectuada por Genichi Taguchi, merece ser relevada e valorizada positivamente face ao tradicional conceito "perda" – restrito ao imediato e à empresa produtora – que parece satisfazer muitos dirigentes empresariais.

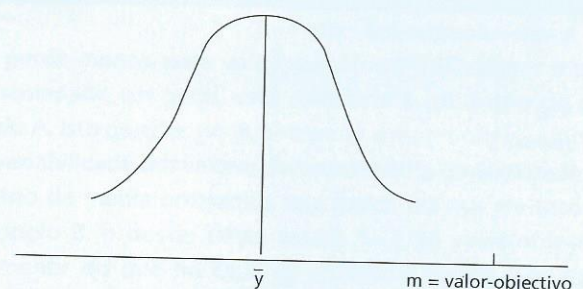
Um produto do trabalho humano, bem ou serviço, para ser considerado "mercadoria" deve ter valor de uso, ou seja, deve ter aptidão para satisfazer necessidades humanas, sejam estas provenientes do corpo ou do espírito. O estatístico japonês Genichi Taguchi traduziu esta formulação económica genérica para a perspectiva da Qualidade, dizendo que um produto deve ter determinadas características que o tornem útil aos consumidores e à sociedade em geral, as quais são geralmente designadas por *características da qualidade*.

Reportando exclusivamente às características quantificáveis e considerando uma distribuição normal dos valores da característica da qualidade (por exemplo, do comprimento das barras de metal referidas em 1.a), a perda para os consumidores e para a sociedade em geral advém de qualquer das seguintes situações básicas:

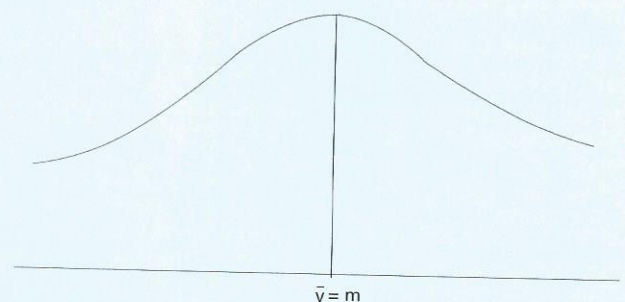
**situação 1** - do desvio da média dos valores da característica ( $\bar{y}$ ) face ao valor-objectivo ( $m$ );

**situação 2** - da variabilidade dos valores da característica ( $y$ ) em torno do valor-objectivo ( $m$ ).

Situação 1

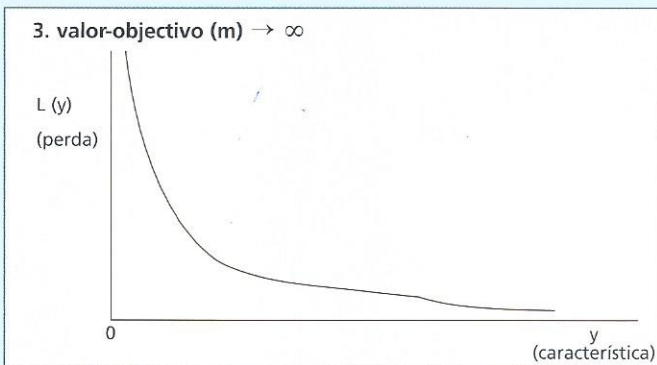
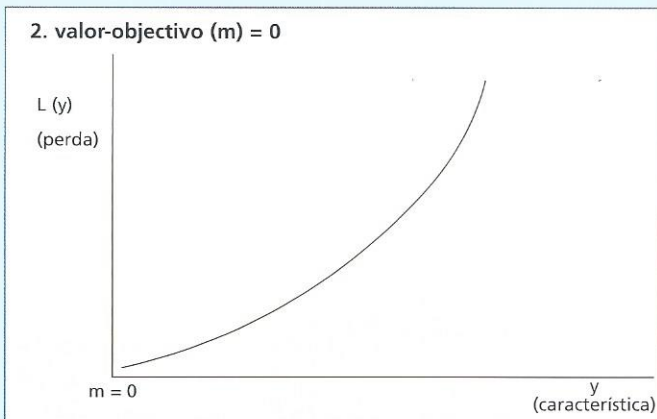
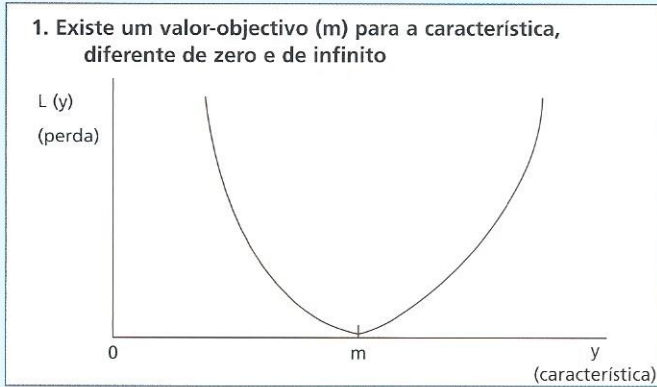


Situação 2



Neste caso, a média dos valores da característica coincide com o valor-objectivo, mas há grande variabilidade em torno do valor-objectivo.

Graficamente, a **função de perda de Taguchi** representa-se do seguinte modo:



A perda para os consumidores e para a sociedade em geral [L(y)] representa-se em valor monetário.

Em expressão matemática, a **função de perda de Taguchi** representa-se do seguinte modo:

	<b>Perda por unidade de produto</b>
Existe valor-objectivo, diferente de zero e de infinito	$L(y) = k * (y - m)^2$
$m = 0$	$L(y) = k * y^2$
$m \rightarrow \infty$	$L(y) = k * (1 / y^2)$

	<b>Perda média por unidade de produto</b>
Existe valor-objectivo, diferente de zero e de infinito	$L = k * [\sigma^2 + (\bar{y} - m)^2]$
$m = 0$	$L = k * (\sigma^2 + \bar{y}^2)$
$m \rightarrow \infty$	$L = k * (1 / \bar{y}^2) [1 + (3 * \sigma^2 / \bar{y}^2)]$

Sendo:

L (y) = perda económica, por unidade de produto, quando o valor da característica da qualidade é igual a y;

L = perda económica por unidade de produto, em termos médios;

y = valor da característica da qualidade;

$\bar{y}$  = média aritmética dos valores da característica da qualidade =  $\Sigma (n_i * y_i) / N$  ou  $\Sigma f_i * y_i$

m = valor-objectivo;

$\sigma^2$  = variância =  $\Sigma (y_i - \bar{y})^2 / N$ ;

K = constante de proporcionalidade; a qual depende do grau de tolerância dos consumidores face à falta de qualidade e da consequência económica dessa falta de qualidade. Assim:

	<b>Fórmula de determinação de k</b>
Existe valor-objectivo, diferente de zero e de infinito	$k = A_0 / \Delta_0^2$
$m = 0$	$K = A_0 / y_0^2$
$m \rightarrow \infty$	$k = A_0 * y_0^2$

Sendo:

$A_0$  = custo médio da reparação, da substituição, da indemnização, ... ou seja, a consequência económica para a sociedade proveniente da falta de qualidade;

$\Delta_0$  = metade da tolerância dos consumidores (NOTA: entende-se por "tolerância dos consumidores" o valor da característica da qualidade a partir do qual 50% dos consumidores considera que o produto é inútil);

$y_0$  = valor superior ou inferior da tolerância dos consumidores, consoante  $m = 0$  ou  $m \rightarrow \infty$

Não se discute aqui se os valores da característica da qualidade (por exemplo, do comprimento das barras de metal referidas em 1.a) se enquadram, ou não, dentro dos limites de tolerância que foram definidos pelos responsáveis da empresa fabricante: esta lógica, tão disseminada entre os técnicos da indústria no espaço euro-atlântico, não está subjacente à formulação teórica de Genichi Taguchi. De acordo com a lógica deste, para os consumidores e para a sociedade em geral existe perda se  $\bar{y} \neq m$  (valor-objectivo) e se há dispersão em torno do valor-objectivo, ou seja, qualquer afastamento face à perfeição implica perda.

Apresentada a função de perda de Taguchi, nada melhor do que um caso concreto para visualizar a sua lógica e aplicabilidade. O caso em apreço reporta a um equipamento muito específico que tem como função lançar um determinado líquido dentro de um recipiente. Pretende-se que a quantidade de líquido lançada, em cada utilização do equipamento, seja de 0,2 litros.

A tolerância dos consumidores, em valor absoluto, é de 0,05 litros, ou seja, de acordo com um inquérito efectuado por iniciativa do fabricante, se a quantidade de líquido lançada se afastar (para mais ou para menos) em 0,05 litros do valor objectivo, 50% dos utilizadores do equipamento considera que a mistura que se forma dentro do recipiente está inutilizada.

O custo da mistura é de € 500.

O fabricante do equipamento, preocupado com as reclamações dos clientes, resolveu testar dois modelos do mesmo – que designamos por A e B – a fim de determinar o mais fiável, que será, doravante, o único fabricado.

Para simplificar o cálculo, admitamos que apenas foram efectuadas cinco experiências com cada modelo, tendo-se obtido as seguintes quantidades de líquido (em litros), lançadas dentro do recipiente:

- Modelo A: 0,2; 0,25; 0,13; 0,23; 0,16;
- Modelo B: 0,25; 0,24; 0,19; 0,14; 0,25.

Estamos, assim, perante um caso em que existe valor-objectivo para a característica da qualidade (a precisão no lançamento do líquido), diferente de zero e de infinito. Efectivamente, o líquido dentro do recipiente deve ser 0,2 litros, logo  $m = 0,2$  litros.

A média aritmética dos valores da característica da qualidade ( $\bar{y}$ ) ou seja, a média aritmética das quantidades de líquido lançadas dentro do recipiente, é de:

- Modelo A: 0,194 litros;
- Modelo B: 0,214 litros.

Constatamos, portanto, que o desvio da média face ao valor-objectivo ( $m = 0,2$  litros) é menor no caso do modelo A. De acordo com esta perspectiva, este modelo seria o preferível.

A variância em torno da média ( $\sigma^2$ ) é de:

- Modelo A: 0,001944;
- Modelo B: 0,001864.

Constatamos, portanto, que a variabilidade dos valores da característica da qualidade em torno da média aritmética é menor no caso do modelo B. De acordo com esta perspectiva, este modelo seria o preferível.

O custo de substituição da mistura – ao fim e ao cabo, o custo da mistura que é inutilizada – é de € 500, logo a consequência económica da falta de qualidade é  $(A_0) = € 500$ .

A tolerância dos utilizadores é de 0,10 litros (= 0,05 litros abaixo do valor-objectivo e +0,05 litros acima do valor-objectivo). Metade da tolerância ( $\Delta_0$ ) é, portanto, 0,05 litros.

Considerando os elementos referidos nos dois parágrafos anteriores, a constante de proporcionalidade ( $k$ ) é de € 200.000.

Finalmente, aplicando a função de perda de Taguchi às situações correspondentes aos modelos A e B, obtemos a seguinte perda económica, em termos médios ( $L$ ):

- $LA = € 396$ ;
- $LB = € 412$ .

A perda menor, para os consumidores/utilizadores e para a sociedade em geral, está associada à utilização do modelo A. Isto porque, no que respeita a este modelo, embora a variabilidade dos valores da característica da qualidade em torno da média aritmética seja maior do que no caso do modelo B, o desvio desta média face ao valor-objectivo é menor do que no caso do modelo B e esta vantagem mais do que compensa a desvantagem em termos de variância. Assim sendo, deverá ser fabricado o modelo A do equipamento.

#### BIBLIOGRAFIA:

- Taguchi, Genichi (1986), *Introduction to quality engineering – designing quality into products and processes*, Tokyo, Asian Productivity Organization, pp. 191.
- Taguchi, Genichi et alii (1989), *Quality engineering in production systems*, Singapore, McGraw-Hill, pp. 173.
- Taguchi, Genichi (1992), *Taguchi methods – research and development*, ("Quality Engineering Series – volume 1"), Dearborn (Michigan), American Supplier Institute, pp. 351.
- Ross, Phillip J. (1991), *Aplicações das técnicas Taguchi na engenharia da qualidade*, São Paulo, Makron Books do Brasil e McGraw-Hill, pp. 333.