

# JIDOKA: MAIS DO QUE “PILAR DA QUALIDADE”

Paulo Ghinato, Ph.D.  
Diretor da Lean Way Consulting  
ghinato@leanway.com.br

## 1. INTRODUÇÃO

É notório, e hoje parte do registro histórico da evolução econômica e industrial, que as condições concorrenciais que se abateram sobre o mercado mundial nas últimas duas décadas impuseram severas restrições aos ganhos decorrentes da produção em larga escala (produção em massa). Contudo, esta foi uma das condições fundamentais para que a Toyota Motor Co. emergisse como detentora de um poderoso e eficaz sistema de gerenciamento da produção, perfeitamente sintonizado com as novas regras de um mercado de fronteiras crescentemente difusas.

A urgência na redução dos custos de produção fez com que todos os esforços fossem concentrados na identificação e eliminação das perdas. Este passou a ser o fundamento sobre o qual está estruturado todo o sistema de gerenciamento da Toyota.

O Just-In-Time (JIT) tem a surpreendente capacidade de traduzir operacionalmente o princípio da redução dos custos através da completa eliminação das perdas. Talvez, por seu impacto sobre os tradicionais métodos de gerenciamento, tenha se criado uma identidade muito forte com o próprio TPS (Toyota Production System). No entanto, interpretar o TPS como sendo essencialmente o JIT demonstra um entendimento limitado de sua verdadeira abrangência e potencialidade. O JIT é nada mais do que uma técnica de gestão incorporada à estrutura do TPS que, ao lado do Jidoka (autonomação), ocupa a posição de pilar de sustentação do sistema.

As publicações dedicadas a analisar o TPS invariavelmente dirigem o foco para o JIT, relegando o Jidoka a um papel secundário. Em vista disso, pretende-se neste artigo apresentar algumas considerações acerca dos mal-entendidos envolvendo o JIT, concentrando-se numa análise mais detalhada sobre o Jidoka e os mecanismos que viabilizam sua prática: a separação homem-máquina, os sistemas poka-yoke, a inspeção na fonte e o feedback e ação imediata.

## 2. JUST-IN-TIME (JIT): UMA RÁPIDA REVISÃO CONCEITUAL

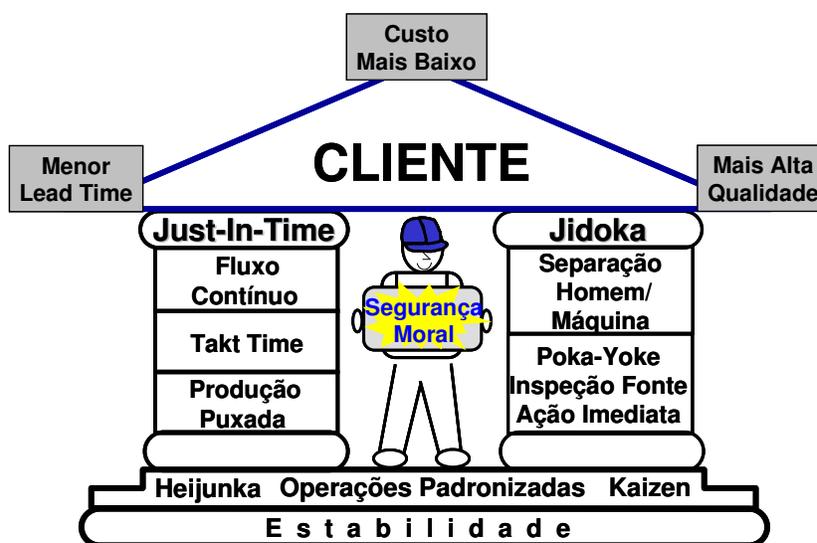
O TPS é um sistema de gestão que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização (ver figura 1).

O Just-In-Time (JIT) é certamente um dos mais discutidos e estudados elementos da moderna administração industrial. "Uma verdadeira revolução" e "mudança de paradigma" são expressões comumente associadas ao JIT, que traduzem o impacto exercido sobre as práticas gerenciais. Centenas de livros e milhares de artigos publicados em periódicos especializados dão uma medida aproximada do interesse que o JIT tem despertado na comunidade acadêmica e industrial. Contudo, apesar da profusão de obras tratando a respeito do assunto, o que se percebe é que as definições de JIT são muito distintas e, às vezes, contraditórias.

Os problemas conceituais que envolvem o JIT revelam-se claramente em diversas publicações onde ele aparece definido como “filosofia”, “estratégia”, “sistema”, “projeto”, “abordagem”, “técnica” e “programa”. JIT, no entanto, não é uma Ciência, colocando-se muito mais no campo do Conhecimento Técnico, cujo objetivo é a transformação da realidade mediante

uma relação de caráter normativo com os fenômenos que a compõem. O JIT é, única e exclusivamente, uma técnica que se utiliza de várias normas e regras para modificar o ambiente produtivo, isto é, uma técnica de gerenciamento, podendo ser aplicada tanto na área de produção como em outras áreas da empresa. O que se pode dizer é que o JIT é uma “técnica de gestão”, componente do Sistema Toyota de Produção.

A expressão em inglês "Just-In-Time" foi adotada pelos japoneses, mas não se consegue precisar a partir de quando ela começou a ser utilizada. Fala-se do surgimento da expressão na indústria naval, sendo incorporada, logo a seguir, pelas indústrias montadoras. No entanto, Ohno afirma que o conceito JIT surgiu da idéia de Kiichiro Toyoda de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas no momento exato de sua utilização. Aqui aparece a definição precisa e clara do JIT: uma técnica de gestão que estabelece que o fornecedor atenda seu cliente produzindo exatamente o item certo, na quantidade certa, no momento certo. Um conceito que, ao lado do Jidoka, sustenta e dá equilíbrio ao Sistema Toyota de Produção.



**Figura 1** – Um Modelo Simplificado para o Toyota Production System (TPS)

### 3. JIDOKA (AUTONOMAÇÃO)

É impressionante o quanto se fala em JIT, kanban, heijunka, kaizen e outras tantas técnicas quando a palavra de ordem é a otimização da produtividade e capacidade competitiva das organizações. Surpreende, no entanto, que o Jidoka não seja alvo das mesmas atenções, uma vez que a própria Toyota reconhece-o como sustentáculo de seu Sistema de Produção – o TPS.

Os modelos que se propõem a representar o TPS apresentam o Jidoka como um de seus dois pilares, tendo a “separação homem-máquina” e os mecanismos “poka-yoke” como seus principais elementos. No entanto, é importante considerar que qualquer ferramenta de modelagem, ainda que extremamente efetiva como recurso para compreensão do funcionamento de um sistema de produção, apresenta algum grau de abstração e algumas aproximações grosseiras. Assim, sendo o Sistema Toyota de Produção algo dinâmico, qualquer tentativa de representar sua estrutura é mera aproximação. Mesmo a idéia de Ohno de atribuir ao JIT e ao Jidoka a posição de pilares do TPS guarda certa distância da realidade. A analogia que Ohno faz é uma tentativa de traduzir a estreita relação entre estes dois elementos e o princípio fundamental

da completa eliminação das perdas.

De qualquer forma, é inegável que o JIT e o Jidoka têm uma posição estrutural que assegura o equilíbrio do sistema. Tratando-se o TPS de uma estrutura dinâmica, poderia-se dizer que eles são muito mais estabilizadores do que pilares do sistema.

Quando Sakichi Toyoda começou a desenvolver um tear auto-ativado (automático), no início dos anos 1900, ele não imaginava os profundos desdobramentos desta sua iniciativa. De fato, em 1926 ele conseguiu fabricar um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha rompessem. Assim, ele conseguiu dispensar a atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversas máquinas. Esta inovação revolucionou a tradicional e centenária indústria têxtil, tendo Sakichi vendido sua patente em 1930 para a Platt Brothers da Inglaterra e aplicado todo o dinheiro nas pesquisas para a fabricação de automóveis.

Em 1932, o recém-formado engenheiro mecânico Taiichi Ohno integrou-se à Toyoda Spinning and Weaving, onde permaneceu até ser transferido para a Toyota Motor Company em 1943. Atendendo ao desafio lançado por Kiichiro Toyoda (filho de Sakichi) de alcançar a América em 3 anos, Ohno começou a introduzir mudanças nas linhas da fábrica Koromo da Toyota. Ohno sabia que havia duas maneiras de aumentar a eficiência na linha de fabricação: aumentando a quantidade produzida ou reduzindo o número de trabalhadores. Em um mercado discreto como o mercado doméstico japonês há época, era evidente que o incremento na eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores.

A partir daí, Ohno procurou organizar o lay-out das máquinas, de maneira que um trabalhador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo com isso, aumentar a eficiência da produção de 2 a 3 vezes.

A implementação deste novo arranjo só foi possível após Ohno compreender que as máquinas na Toyota Motor teriam que estar preparadas para detectar anormalidades no processamento e paralisar ao menor sinal delas, capacidade esta presente nos teares desenvolvidos por Sakichi Toyoda e utilizados na Toyoda Têxtil. A este conceito – derivado das idéias de Sakichi Toyoda – Ohno chamou de Jidoka, ou seja, **facultar ao operador ou à máquina a autonomia de paralisar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade**.

Na verdade, a palavra jidoka significa simplesmente automação. "*Ninben no tsuita jidoka*" ou "*Ninben no aru jidoka*" expressam o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano. No entanto, dentro do contexto de engenharia industrial da Toyota, jidoka consagrou-se como sinônimo de "automação com toque humano".

As primeiras traduções do japonês para o inglês enfrentaram a dificuldade de expressar o significado de jidoka, uma vez que, embora com a mesma leitura, dependendo da grafia, ou seja, do tipo de ideograma (kanji) utilizado, jidoka poderia assumir simplesmente o significado de “automação” ou “automação com toque humano (automação da função controle)”. Assim, utilizou-se o artifício de introduzir-se a sílaba “**no**” na palavra “*automation*”, de forma que ficasse evidente tratar-se de um conceito diferente da clássica “automação”. Daí a expressão “*autonomation*”, hoje também consagrada, e diretamente traduzida para o português como “**autonom**ação”, sinônimo, portanto, do “jidoka da Toyota” – “a automação da função controle”.

Ainda que jidoka esteja freqüentemente associada à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No TPS, jidoka é ampliado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anormalidade for detectada.

A idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o

processamento ou o operador pára a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e a sua supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha.

A ação imediata do supervisor ou dos engenheiros de produção, após a parada da linha ou da máquina, é obtida através de um sistema de informação visual conhecido como "Andon", que consiste, via de regra, em um painel luminoso fixado em posição de visibilidade total em cada linha. Neste painel, sinais luminosos (às vezes acompanhados de sinais sonoros) indicam a condição da linha e, em caso de parada, apontam exatamente qual o posto que requer assistência.

A paralização da máquina ou da linha, com a imediata pesquisa para levantamento e correção das causas, é o procedimento chave na obtenção dos índices de qualidade superiores das fábricas da Toyota em relação as outras montadoras de veículos.

Conforme Ohno mesmo costumava dizer:

*"Nós paramos as linhas com o objetivo de não termos mais que pará-las novamente."*

*"[...] para nós, parar a linha significa garantir que ela se tornará uma linha mais forte, que não terá que ser paralizada novamente pelo mesmo motivo."*

*"Supervisores que nunca dizem "Pare a linha" são falhos. Assim como também aqueles que param a mesma linha duas ou três vezes pelo mesmo motivo."*

*"[...] a linha que nunca pára é uma linha extraordinária ou é absolutamente terrível."*

Quando Ohno iniciou suas experiências com o jidoka, as linhas de produção paravam a todo instante, mas a medida que os problemas iam sendo identificados, o número de erros começou a diminuir vertiginosamente. Atualmente, o rendimento das linhas nas fábricas da Toyota aproxima-se de 100%, ou seja, as linhas raramente param.

### **3.1 O Significado da Separação Homem-Máquina**

Ainda que eventualmente exista alguma associação prática entre jidoka e automação, são conceitos completamente diferentes. A mecanização é outro conceito que aparece relacionado aos dois anteriores e que, também, é alvo de algumas confusões.

Conforme já definido, jidoka consiste em conceder autonomia ao operador ou à máquina para paralisar o processamento ao menor sinal de anormalidade. Por sua vez, um sistema automatizado deve ser capaz de detectar qualquer anormalidade, decidir sobre a forma de correção adequada e aplicá-la. Um sistema com estas características é normalmente definido como "plenamente automatizado".

Em manufatura, um sistema é considerado plenamente automatizado quando é capaz de desempenhar as seguintes funções:

- executar a transformação desejada dos "inputs" em "outputs";
- manter o processamento em uma velocidade desejada;
- alimentar o processamento com matéria-prima e remover o produto após conclusão do processamento;
- detectar anormalidades e parar caso sejam encontradas;
- corrigir as anormalidades e retomar o processamento.

Por último, a mecanização consiste na transferência do trabalho manual, executado pelo homem, para o trabalho mecânico, executado pela máquina.

Observando e comparando estes conceitos, percebe-se que o jidoka surge como um estágio anterior à automação plena, pois a detecção da anormalidade é função da máquina, enquanto a decisão sobre a forma adequada de correção e sua aplicação é atribuição do operador.

É importante notar que o conceito de **jidoka tem muito mais identidade com a idéia de autonomia do que com automação**. Enquanto a autonomia para a interrupção da linha é condição fundamental, a automação desempenha um papel secundário, nem sempre presente.

Na maioria dos casos, as máquinas ditas "automatizadas" não têm a capacidade de detectar anormalidades e corrigi-las. Portanto, é necessário manter um operador acompanhando o processamento para desempenhar estas funções. Na verdade, estas máquinas estão ainda no estágio da mecanização e muito distante do estágio da "plena automação". Em síntese, a diferença entre mecanização e automação é estabelecida pela existência ou não da função de detecção de anormalidades proporcionada por dispositivos acoplados à máquina.

A vinculação do operador à máquina durante a execução do processamento, não é tão fácil de ser rompida, pois é uma prática sustentada pelo senso comum de que o operador é responsável pelo processamento e seu resultado, garantidos através de atenta observação do processamento. No entanto, o aprimoramento de dispositivos capazes de detectar anormalidades promoveu a separação entre a máquina e o homem e contribuiu para o desenvolvimento de funções inteligentes nas máquinas (automação com funções humanas).

A grande diferença e vantagem do Sistema Toyota de Produção sobre os sistemas convencionais é que **para a Toyota é mais importante que a máquina tenha a capacidade de detectar qualquer anormalidade e parar imediatamente mesmo antes de poder executar automaticamente as funções de fixação/remoção da peça e de acionamento**.

Parece óbvio o extraordinário benefício de ter-se máquinas "plenamente automatizadas", habilitadas a desempenhar todas as funções, inclusive detecção e correção de anormalidades. No entanto, a implementação generalizada da "Plena Automação" esbarra em restrições técnicas e econômicas impostas pela dificuldade de capacitar a máquina para decidir sobre o método de correção e sua aplicação quando uma anormalidade é detectada. A alternativa racional é, então, a **separação entre a detecção da anormalidade e a solução (correção) do problema**. Assim, a detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a correção do problema continua como responsabilidade do homem.

### 3.2 Mecanismos para a Garantia da Qualidade

É praticamente uma unanimidade o fato de o TPS provocar forte impacto sobre os fatores competitivos de custo, rapidez no atendimento, flexibilidade e qualidade. As discussões acerca do modelo normalmente aprofundam-se em técnicas e mecanismos associados à redução do custo, redução do lead time e aumento da flexibilidade, tais como JIT, kanban, takt time, nivelamento, seqüenciamento e sincronização de fluxo, entre outros. Entretanto, é relativamente precário o entendimento a respeito das práticas e mecanismos centrais para a garantia da qualidade dentro do TPS.

O Jidoka está para a "garantia da qualidade" assim como o JIT (e seus principais elementos associados: fluxo contínuo, takt time e produção puxada) está para a "redução do lead time". Não é a toa que no modelo (fig. 1) os dois pilares aparecem junto a seus fatores competitivos de maior impacto: O pilar JIT próximo ao vértice "menor lead time" e o pilar Jidoka próximo ao vértice "mais alta qualidade".

No TPS a garantia da qualidade não é um programa, mas resultado da aplicação de uma abordagem científica capaz de eliminar a ocorrência de defeitos através da identificação de suas causas, aplicação de mecanismos capazes de detectar anormalidades na operação e ação imediata quando estes desvios são detectados.

A garantia da qualidade "on line" praticada no TPS está estruturada sobre quatro pontos fundamentais:

1. Utilização da inspeção na fonte. Este método de inspeção tem caráter preventivo,

capaz de eliminar completamente a ocorrência de defeitos pois a função controle é aplicada na origem e não sobre os resultados.

2. Utilização de inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem.
3. Redução do tempo decorrido entre a detecção de uma anormalidade e a aplicação da ação corretiva.
4. Reconhecimento de que os trabalhadores não são infalíveis. Aplicação de dispositivos à prova-de-falhas ("Poka-Yoke") cumprindo a função controle junto à execução.

Na Toyota, o controle é aplicado na detecção de erros antes que se tornem efetivamente defeitos. Assim, procura-se eliminar qualquer custo associado à ocorrência da anormalidade.

São comuns as polêmicas sobre a viabilidade do "zero defeitos". Alguns consideram-no intangível, válido somente como "norte" mas não como objetivo real. Shingo, pelo contrário, acredita que o zero defeitos possa ser alcançado como resultado de uma abordagem científica que se desdobra em um processo de aprimoramento contínuo, sempre sintonizado com a eliminação de todo e qualquer desperdício, exatamente a abordagem desenvolvida e praticada no TPS.

A meta desta abordagem não é somente a fabricação de um produto isento de defeitos, mas a **"garantia" de que um sistema seja capaz de produzir "consistentemente" produtos livres de defeitos**. Na Toyota este conceito é aplicado a todas as atividades de forma que cada elemento seja planejado considerando todas as possibilidades de falha. Esta postura preventiva evita a execução sob condições anormais (erros) que gerariam o defeito.

Um produto complexo como um automóvel, por exemplo, é o resultado da combinação de diversos processos e operações e é realmente difícil se esperar que uma linha de montagem seja capaz de produzir todos os automóveis livres de qualquer defeito. No entanto, se esta abordagem for aplicada a cada passo do ciclo de produção é razoável esperar que o resultado final seja sensivelmente melhor.

De fato, comparando-se o índice de defeitos de montagem da Toyota (Takaoka) com o índice alcançado pela GM (Framingham), por exemplo, constata-se que a Toyota apresenta um desempenho quase 3 vezes superior. Como a melhoria contínua (kaizen) é parte integrante do sistema, é razoável supor que esta diferença amplie-se ainda mais em favor da Toyota.

### 3.2.1 A Inspeção como Função Essencial na Garantia da Qualidade

Por maiores que sejam os esforços dirigidos ao desenvolvimento do produto, por maior que seja a sua robustez, continuarão existindo possibilidades de ocorrência de falhas na execução que acarretem danos ao objeto (produto), aos agentes de produção (homem, máquinas, instalações,...), ao planejamento estabelecido (tempo, quantidades,...) ou ainda, o que é pior, ao cliente externo e/ou ambiente.

Para eliminar completamente os defeitos é necessário, além de um projeto bem elaborado, atuar junto à execução de forma a evitar o processamento sob condições anormais.

Na Toyota, a confiança da operação de inspeção ao próprio operador que executa o processamento é um passo decisivo e planejado em direção a eliminação completa das perdas. Nesta linha, o próximo passo é a eliminação (através da incorporação à execução) da própria operação de inspeção, disponibilizando o tempo do trabalhador para operações necessárias e que agreguem valor.

A inspeção é o processo de medição, exame, teste ou qualquer outra comparação do produto/serviço com os requisitos aplicáveis. Qualquer divergência entre estes requisitos e o resultado da verificação pode ser considerada uma anormalidade.

A caracterização destas anormalidades é importante para a clara identificação dos objetivos, bem como para a determinação dos métodos de inspeção aplicáveis. Assim, as

anormalidades detectadas na inspeção podem ser consideradas erros ou defeitos.

Um defeito é "o distanciamento de uma característica de qualidade de seu nível ou estado desejado que ocorre com uma severidade suficiente para levar um produto ou serviço a não satisfazer requisitos de uso normalmente desejados ou razoavelmente previsíveis." Um defeito, portanto, é normalmente interpretado como um dano ocorrido ao objeto de produção (produto/serviço).

Um erro, por sua vez, pode ser definido como a execução imperfeita de alguma atividade, capaz de gerar dano ao objeto, aos fatores de produção ou ao planejamento do fluxo de atividades.

Existe uma relação muito forte de causa e efeito entre erros e defeitos. Normalmente os defeitos são o efeito da utilização incorreta de algum (ou vários) dos fatores de produção. Portanto, **o erro pode ser interpretado como um "defeito em potencial"**.

A esmagadora maioria dos erros presentes em um processo de fabricação são erros humanos. Portanto, "quase todos os defeitos são causados por erros humanos."

O objetivo da inspeção está intimamente relacionado com a natureza da anormalidade a ser detectada. As inspeções para descobrir ou para reduzir defeitos são programadas para a identificação de defeitos como resultado de um processamento anormal. Já a inspeção para eliminar defeitos depende da detecção de erros no processamento e sua imediata correção, evitando que dêem origem a defeitos.

Nos métodos de inspeção desenvolvidos com os objetivos de descobrir ou reduzir defeitos é comum a classificação dos defeitos de acordo com a severidade. Na essência desta classificação está a idéia de que certos tipos de defeitos podem ser tolerados de acordo com sua severidade de dano ao produto.

Nos métodos de inspeção desenvolvidos com o objetivo de eliminar defeitos não existe a necessidade de classificação dos defeitos pois eles não podem ser considerados toleráveis. Somente a classificação dos erros é necessária para identificar a sua natureza e as melhores alternativas de prevenção.

### 3.2.2 Inspeção na Fonte e a Aceleração do Feedback e Ação

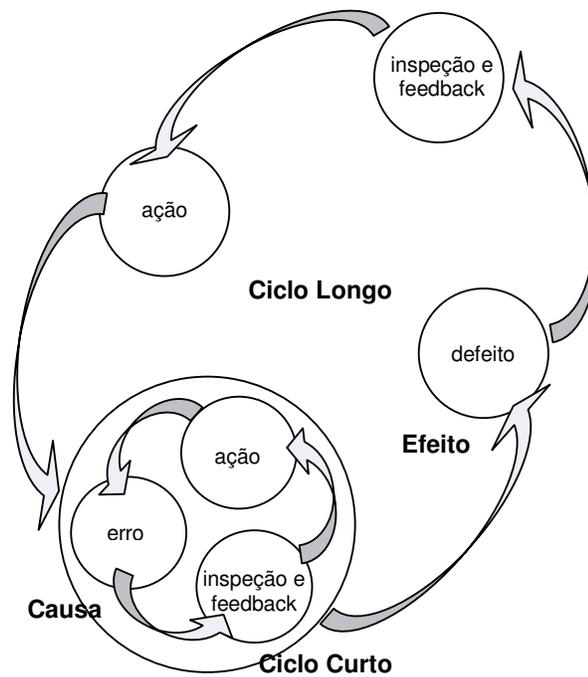
A inspeção na fonte é aplicada sobre a operação, de forma a identificar e neutralizar erros de execução, impedindo que dêem origem a defeitos no produto.

A idéia central deste método é identificar e manter sob controle as causas geradoras dos defeitos. Ou seja, os erros, normalmente humanos, são detectados e corrigidos rapidamente de maneira que as condições para a ocorrência de um defeito sejam completamente eliminadas. Portanto, **a utilização eficaz da inspeção na fonte depende do reconhecimento da existência da relação de causa-e-efeito entre erros e defeitos, da identificação dos tipos de erros possíveis e da aplicação de técnicas capazes de neutralizá-los.**

As maiores diferenças e vantagens da inspeção na fonte sobre as inspeções por julgamento e informativa podem ser apreciadas do ponto de vista da função controle, conforme representado na Figura 2.

O ciclo de controle (alça de feedback) dos métodos de inspeção por julgamento e inspeção informativa desdobra-se de acordo com os seguintes passos (veja Fig. 2):

- o erro (causa) ocorre mas não é percebido;
- um defeito (efeito) ocorre como consequência e é detectado;
- realiza-se o "feedback";
- a ação corretiva é implementada.



**Figura 2** – O ciclo de controle e os métodos de inspeção  
 Fonte: Shingo, 1986; 1988

Na inspeção na fonte a função controle ocorre num ciclo muito menor, concentrando-se sobre a causa dos defeitos (veja Fig. 2):

- o erro (causa) acontece e é detectado;
- o "feedback" é realizado ainda no estágio do erro;
- a ação corretiva adequada é implementada.

Portanto, levando o ciclo de controle a atuar no nível das causas, as ações corretivas são sempre dirigidas ao processamento em si (aos agentes) e não ao produto (sujeito de produção), como ocorre nos ciclos longos de controle das inspeções por julgamento e informativa. Esta abordagem viabiliza, de fato, o atingimento do zero defeitos.

### 3.2.3 Sistemas Poka-Yoke (à prova de falhas)

A garantia da qualidade com o foco no “zero defeitos” começou a ser construída no início da década de 1960 quando Shingo lançou a idéia de incorporar uma lista de verificação às operações sujeitas a falhas humanas. Esta forma de evitar erros não intencionais, cometidos sobretudo por falta de atenção ou esquecimento, foi logo denominada "baka-yoke", que significa à prova de tolos ("foolproofing"). Anos depois, após tomar conhecimento de um incidente na Arakawa Auto Body Co., quando uma funcionária se revoltou contra a utilização de mecanismos à prova de tolos em seu posto de trabalho, resolveu-se adotar um termo menos ofensivo e mais adequado. Estes dispositivos passaram então a se chamar "Poka-Yoke" ("mistake-proofing") ou dispositivos à prova de erros (ou falhas).

O dispositivo "poka-yoke" é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. Na verdade, o "poka-yoke" é mais do que apenas um mecanismo de detecção de erros ou defeitos; é um recurso

utilizado com o principal objetivo de apontar ao operador (ou à máquina) a maneira adequada de realizar uma determinada operação. É, em resumo, uma forma de bloquear as principais interferências (normalmente erros humanos) na execução da operação.

Os dispositivos "poka-yoke" são, em sua grande maioria, utilizados para garantir um processamento livre de falhas mas podem também ser aplicados com muito sucesso acoplados às operações de transporte, inspeção e até estocagem.

Os dispositivos "poka-yoke" são o principal meio de operacionalizar o “zero defeitos” e o conceito do Jidoka. A inspeção na fonte, a inspeção 100%, o "feedback" e ação instantânea e a utilização de dispositivos "poka-yoke" são os elementos que servem de base para o “zero defeitos”. Analisando estes quatro elementos percebe-se que o "poka-yoke" viabiliza a inspeção 100% e o "feedback" e ação imediata. Sendo assim, pode-se dizer que o “zero defeitos” é sustentado basicamente pela inspeção na fonte e pela utilização de dispositivos "poka-yoke", pois o "feedback" imediato é uma decorrência do "poka-yoke" e não haveria sentido em utilizá-lo de outra forma que não fosse em regime de inspeção 100%.

Com a aplicação de dispositivos "poka-yoke", a inspeção 100% pode ser incorporada ao processamento, otimizando o processo de fabricação, de forma que o "feedback" e ação corretiva possam ser executados instantaneamente após a detecção de uma anormalidade.

Os baixos custos normalmente envolvidos na implementação dos poka-yokes indicam que a grande maioria dos dispositivos empregados são simples, requerendo muito mais engenhosidade e criatividade do que recursos sofisticados e complexos. Os dispositivos poka-yoke são tão baratos que as máquinas de algumas linhas da Toyota Motor Co. têm em média 12 destes mecanismos acoplados (veja alguns exemplos em Shingo, 1986).

O desenvolvimento da indústria de dispositivos (sensores) e mecanismos de medição e controle tem ampliado as possibilidades de utilização destes recursos nos sistemas "poka-yoke". Existem diversos tipos de dispositivos de detecção e medição que podem ser utilizados na construção dos sistemas "poka-yoke". Dentre estes destacam-se células limitadoras ("limit switches"), micro-células ("micro-switches"), células de contato, células fotoelétricas, sensores de posicionamento, sensores de vibração, detectores de metais, contadores, termopares e temporizadores.

Os sistemas "poka-yoke" podem apenas sinalizar (apitos, buzinas, sinais luminosos) a ocorrência de uma anormalidade, apontando a necessidade de correção sem paralisar a linha. O perfil de funcionamento do sistema "poka-yoke" é determinado em função do objetivo de sua utilização. Isto é, os resultados obtidos dependem da combinação do sistema "poka-yoke" com o método de inspeção selecionado.

O ideal para o atingimento do "zero defeitos" é a aplicação do sistema "poka-yoke" na detecção de erros antes de se tornarem defeitos, eliminando-os por completo. Neste caso o "poka-yoke" deve ser combinado com o sistema de inspeção na fonte.

O sistema "poka-yoke" combinado com o método de inspeção informativa (inspeção sucessiva e auto-inspeção) (veja Shingo, 1986 ou Ghinato, 1996 para maiores detalhes) é aplicado para a detecção e redução de defeitos. O "feedback" e ação ocorre após ter sido detectado um defeito. Estas associações não são adequadas para o atingimento do “zero defeitos”, pois dirigem o foco do controle sobre os efeitos (defeitos) do processamento e não sobre as causas (erros). Recomenda-se que estas combinações sejam limitadas a casos em que haja sérias restrições técnicas e econômicas para a aplicação da inspeção na fonte.

Os sistemas poka-yoke, em função de suas características, podem ser classificados de acordo com o propósito e técnicas utilizadas.

De acordo com o propósito, o sistema poka-yoke pode, após detectada uma anormalidade, bloquear o processamento ou apenas avisar a ocorrência da anormalidade, dependendo da gravidade, frequência e/ou conseqüências do problema.

De acordo com as técnicas utilizadas, o sistema poka-yoke pode ser classificado como

“de contato”, “do conjunto” ou “das etapas” (veja detalhes em Shingo, 1986 ou Ghinato, 1996).

A implementação dos sistemas "poka-yoke" é tremendamente facilitada quando algumas regras básicas simples são consideradas:

- 1- Tomar um processo piloto e fazer uma lista dos erros mais comuns cometidos pelos trabalhadores;
- 2- Priorizar os erros em ordem de frequência;
- 3- Priorizar os erros em ordem de importância;
- 4- Projetar dispositivos "poka-yoke" para impedir os erros mais importantes das duas listas;
- 5- Sempre analisar a frequência de ocorrência dos erros e o custo antes de decidir se devem ser eliminados através do sistema "poka-yoke" ou por inspeção convencional. Sempre que economicamente possível, preferir a aplicação dos dispositivos "poka-yoke" em substituição a outros métodos de inspeção.

O ambiente industrial está repleto de oportunidades pouco exploradas onde, por exemplo, o Controle Estatístico do Processo (C.E.P.) e outros sistemas de controle não se adaptam, ou seja, processos nos quais determinadas variáveis críticas não são passíveis de controle através dos métodos convencionais. A utilização dos sistemas "poka-yoke" nestas situações é, via de regra, a alternativa ideal (freqüentemente é a única aplicável).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao contrário do que muitos autores têm acreditado, o JIT nada mais é do que uma técnica de gerenciamento subordinada ao TPS. Ou seja, o JIT é somente um meio de realizar o verdadeiro objetivo do TPS, que é o de aumentar os lucros através da completa eliminação de perdas.

É fundamental perceber que o TPS tem no JIT e no jidoka dois elementos essenciais ao seu equilíbrio e que as interpretações centradas exclusivamente no JIT estão longe de representar sua real configuração.

Quanto ao jidoka, percebe-se que o conceito tem sido alvo de algumas confusões com automação e mecanização. A sua essência, no entanto, está muito mais ligada à idéia de autonomia de atuação.

A separação entre a máquina e o homem, que está por trás do conceito de jidoka, é o resultado da constante preocupação em identificar focos de perdas e eliminá-las por completo.

A Toyota Motor Co. investe prioritariamente na automação da função controle – essencialmente humana – relegando a um segundo plano a automação das funções de alimentação, descarte do produto e partida da máquina. Esta abordagem possibilitou à Toyota disseminar a aplicação do jidoka nos processos de fabricação.

Outra “reforma” de significativo impacto introduzida pela Toyota, diz respeito ao enfoque dirigido à mão-de-obra enquanto “recurso de produção”. A ampliação do papel do trabalhador e o novo padrão de relações “gerência-operador-máquina” são constituintes de um novo paradigma no gerenciamento da produção.

No âmbito da garantia da qualidade, o processo de inspeção ganha uma nova e ampliada dimensão, passando da aplicação como mero mecanismo de detecção de defeitos para uma atuação preventiva através da detecção de anormalidades (erros) no processamento. A chave para o atingimento do zero defeitos é exatamente esta mudança de foco. A partir daí, é necessária uma reavaliação dos métodos de controle utilizados, pois os sistemas poka-yoke na fonte podem ser aplicados com vantagem como instrumentos de controle dos processos de fabricação. Existem alternativas pouco exploradas de associar os sistemas Poka-Yoke a outros métodos (C.E.P., por exemplo), que surgem como promissoras e poderosas ferramentas para a prática do controle dos

processos.

É importante destacar, também, que a garantia da qualidade “zero defeitos” resgata a inspeção 100% como modalidade de controle. De fato, a utilização dos dispositivos poka-yoke integrou a inspeção 100% ao próprio processamento.

## REFERÊNCIAS

- Ghinato, Paulo. Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações. Ed.: Teixeira & Souza. Editora Universitária da UFPE, 2000.
- Ghinato, Paulo. Autonomia & Multifuncionalidade no Trabalho: Elementos Fundamentais na Busca da Competitividade. In: Série Monográfica Ergonomia – Ergonomia de Processo, Vol. 2, Ed.: Lia Buarque de Macedo Guimarães. PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 1999.
- Ghinato, Paulo. Quality Control Methods: Towards Modern Approaches Through Well Established Principles, Total Quality Management Journal, Volume 9, N. 6, Dezembro, 1998.
- Ghinato, Paulo. The Role of Mistake-proofing Systems in Zero-defect-oriented Environments, Anais do 2º Congresso Internacional de Engenharia Industrial - ENEGEP'96, Brasil, 1996.
- Ghinato, Paulo. Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-In-Time, Editora da Universidade de Caxias do Sul - EDUCS, Caxias do Sul, Brasil, 200 pags., 1996.
- Monden, Yasuhiro. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. Norcross, USA, Engineering & Management Press, 3<sup>rd</sup> Ed., 1993.
- Ohno, Taiichi. Toyota Production System: Beyond large-scale production. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.
- Productivity Press. Poka-yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects. Cambridge, Massachusetts, 1988.
- Robinson, Alan G. & Schroeder, Dean M. The limited role of statistical quality control in a zero-defect environment. Production and Inventory Management Journal, [S. l.], v. 31, n. 3, p. 60-65, 3<sup>rd</sup> quarter, 1990.
- Shingo, Shigeo. Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint. Tokyo, Japan Management Association, 1981.
- Shingo, Shingo. Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1986.
- Shingo, Shigeo. Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.
- Toyota Motor Corporation. Outline of Toyota. Toyota City, Japan, 1989.
- Womack, James P., Jones, Daniel T. & Roos, Daniel. A máquina que mudou o mundo. 2. ed. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.