

CAPÍTULO 1

História

Partes intercambiáveis

Paris, França, julho de 1785. A Guerra Revolucionária Americana havia terminado há 18 meses e ainda faltavam 4 anos para o início da Revolução Francesa. A necessidade de armas estava presente na mente de todos quando Honoré Blanc convidou militares do alto escalão e alguns diplomatas a visitarem seu ateliê de armas em Paris. Ele havia separado 50 mecanismos de disparo (chamados de travas) e colocado as peças em caixas separadas. Espantados, os visitantes pegavam aleatoriamente as peças das caixas, montavam os mecanismos de disparo e adicionavam os mesmos aos mosquetes, observando que as partes se integravam perfeitamente. Pela primeira vez, ficava claro que era possível construir armas a partir de peças intercambiáveis.

Thomas Jefferson, o futuro presidente dos Estados Unidos que atuava como diplomata em Paris naquela época, estava presente na demonstração e viu uma maneira de resolver um grande problema que seu jovem país enfrentava: a escassez de armas diante da necessidade de defesa de suas terras e expansão de suas fronteiras. Ele observou que se partes intercambiáveis podiam ser facilmente produzidas, então trabalhadores relativamente desqualificados podiam montar uma grande quantidade de armas a um baixo custo. Isto seria um trunfo para um país emergente que não tinha nem dinheiro para comprar armas, nem artesãos para construí-las.

O desafio de criar um processo de produção suficientemente preciso para construir partes intercambiáveis para a montagem de armas foi assumido por Eli Whitney, engenheiro que patenteou o descaroçador de algodão. Em 1798, o governo norte-americano concedeu a Whitney um contrato para a produção de 10.000 armas em dois anos. Após dez anos e vários estouros de orçamento, ele finalmente conseguiu entregar as armas, só que com suas partes não sendo totalmente intercambiáveis. Mesmo assim, Whitney é considerado uma figura central no desen-

volvimento do “Sistema Americano de Produção”, um sistema de manufatura no qual trabalhadores semiqualeificados utilizam ferramentas e moldes para construir partes padronizadas que serão montadas para se transformarem em produtos.

Durante o século XIX, os Estados Unidos cresceram drasticamente como uma potência industrial, atribuindo-se um grande crédito a este novo sistema de produção. Enquanto isso, a Europa testemunhava uma grande resistência na substituição da produção artesanal. Na França, o trabalho de Honoré Blanc foi encerrado por um governo que temia perder o controle da produção caso trabalhadores não regulamentados também pudessem montar os mosquetes. Na Inglaterra, os inventores de máquinas que automatizaram a fiação e a tecelagem foram atacados por multidões furiosas que receavam perder seus empregos. Nos Estados Unidos, porém, o trabalho era escasso e havia pouca tradição artesanal, de tal forma que o novo modelo industrial de peças intercambiáveis criou raízes e floresceu.

Pessoas intercambiáveis

Detroit, Estados Unidos, janeiro de 1914. Henry Ford iniciou a linha de montagem de seu modelo T aumentando os salários de seus trabalhadores de US\$ 2,40 por 9 horas/dia para US\$ 5,00 por 8 horas/dia. Naquela época, a imprensa sugeriu que ele estivesse louco, mas isso não passou de uma jogada astuta de Ford. Ele havia reduzido em mais de 85% o trabalho para fabricar um carro, motivo pelo qual poderia gastar o dobro nos salários de seus funcionários. Ele já havia diminuído o preço do carro radicalmente. Agora ele aumentava os salários e diminuía a jornada de trabalho, ajudando a criar uma classe média com tempo e dinheiro para comprar automóveis.

Costumava-se levar mais de 12 horas para montar um automóvel, agora levava-se em torno de 90 minutos. O que aconteceu com todo aquele tempo? Quando os gerentes de Ford projetaram os postos de trabalho da linha de produção, eles aplicaram as ideias de eficiência do especialista Frederick Winslow Taylor. Taylor acreditava que a maioria dos trabalhadores de salário fixo gastava seu tempo tentando descobrir como trabalhar lentamente, uma vez que ser eficiente não resultava em remuneração adicional e ainda poderia ameaçar o próprio emprego. Sua abordagem consistia em dividir o trabalho da linha de montagem em tarefas muito pequenas e cronometrar suas execuções para descobrir a “melhor forma” de realizar cada etapa.

Trabalhar na linha de montagem era uma atividade monótona, repetitiva e rigorosamente controlada. Era mostrado aos trabalhadores exatamente como executar suas tarefas e quanto tempo era necessário para completá-las. Eles podiam ser treinados em dez minutos e também substituídos em dez minutos. Da mesma forma que as partes intercambiáveis do século anterior, os trabalhadores intercambiáveis se tornaram o centro de um novo modelo industrial: o da produção em massa.

Supunha-se que os altos salários compensariam a falta de variedade e de autonomia para os trabalhadores, e assim o foi por um tempo. E também por um

tempo as coisas correram muito bem para Ford, pois as vendas subiram e ele acabou tomando conta do mercado norte-americano de automóveis. Mas depois de algum tempo, o modelo T envelheceu e uma classe média cada vez mais próspera queria substituir seus carros antigos por sedãs mais elegantes. Ford foi lento na resposta, já que seu sistema de produção era mais eficiente quando se produzia apenas um tipo de carro. Em contrapartida, Alfred P. Sloan criava na General Motors uma organização estruturada para produzir vários modelos dirigidos a mercados segmentados. A demanda por uma variedade e complexidade de automóveis crescia e o sistema de produção de Ford padecia.

À medida que o tempo passava, os trabalhadores sentiam-se cada vez mais presos a uma condição de trabalho insustentável. Eles haviam se acostumado com o alto padrão de vida e foram incapazes de encontrar salários semelhantes em outros locais. A agitação trabalhista que tomou conta dos Estados Unidos na década de 1930 é frequentemente atribuída a um sistema de produção que apresentava pouco respeito pelos trabalhadores e os tratava como partes intercambiáveis.

Os Toyodas

Kariya, Japão, fevereiro de 1927. A empresa Toyoda Automatic Loom Works realizava um *workshop* com engenheiros têxteis a fim de mostrar o novo tear da companhia. Primeiro, os visitantes viram como os teares de Toyoda eram fabricados com ferramentas de alta precisão para, em seguida, serem levados num *tour* pelas instalações experimentais de fiação e tecelagem que continham 520 teares em operação. Os teares eram uma maravilha de serem observados dado que trabalhavam numa velocidade extremamente rápida de 240 batidas por minuto e eram operados por apenas 20 tecelões. Antecipando uma lei que abolia o trabalho noturno, as máquinas eram totalmente automáticas e podiam operar sem vigilância durante toda a noite. Quando uma lançadeira do tear estava para ficar sem linha, uma nova lançadeira a substituíria numa troca suave e confiável. E mesmo que uma das centenas de fios de urdume se rompesse ou se o fio da trama se acabasse, o tear parava imediatamente e indicava ao tecelão a necessidade de correção do problema.

Se você quiser compreender o Sistema Toyota de Produção¹ é importante perceber como foi difícil desenvolver e produzir o “tear perfeito”. Sakichi Toyoda construiu seu primeiro tear mecânico em 1896 e inventou um dispositivo de troca automática de lançadeira em 1903. Foi feito um teste para comparar 50 teares de Toyoda com mudança de lançadeiras com um número semelhante de teares mecânicos europeus mais simples. Os resultados foram decepcionantes para Toyoda. Seus primeiros teares eram máquinas complexas e de baixa precisão, teimosas e de difícil manutenção.

¹ O “d” no nome da família Toyoda foi substituído por “t” quando a empresa Toyota Motor Company foi fundada. Os caracteres japoneses são similares, mas Toyota leva duas pinceladas a menos que Toyoda.

Sakichi Toyoda recrutou empregados tecnicamente competentes e contratou um engenheiro norte-americano, Charles A. Francis, para trazer o sistema norte-americano de produção à sua empresa. Francis reprojeteu o equipamento de fabricação e construiu uma máquina de construção de ferramentas para produzi-lo. Ele desenvolveu especificações padrão, produziu manômetros e gabaritos padronizados, bem como reorganizou a linha de produção. Na mesma época, Sakichi Toyoda projetou teares mais amplos, todos de ferro, e em 1909 ele já havia patenteado um mecanismo superior de troca de lançadeira automatizado. Na década seguinte, enquanto a guerra distraía a Europa e a América, os teares concebidos por Sakichi Toyoda vendiam muito bem.

Embora Sakichi Toyoda tenha adotado prontamente o modelo de partes intercambiáveis de alta precisão, o negócio de fabricação de teares não tinha espaço para pessoas intercambiáveis. Os teares automáticos são máquinas complexas, de alta precisão, muito sensíveis a mudanças de materiais: é um grande desafio mantê-las em perfeito funcionamento. Assim, tecelões altamente qualificados se tornaram necessários para criar e manter 25 ou 30 máquinas rodando ao mesmo tempo. Se operar um tear exigia uma grande habilidade, havia ainda mais exigência na concepção e produção de um tear automático. Sakichi Toyoda tinha a reputação de contratar alguns dos mais capazes engenheiros treinados nas universidades japonesas. Ele mantinha sua equipe de desenvolvimento intacta mesmo quando abria novas empresas, pois dependia dela para a condução de pesquisas em projeto e produção de teares.

Em 1921, Kiichiro, filho de Sakichi Toyoda, se juntou ao pai e concentrou-se no aprimoramento da automação do tear. Em 1924, eles patentearam um mecanismo melhorado de troca automática de lançadeiras. A equipe de pesquisa também desenvolveu métodos para detectar problemas e parar o tear automaticamente a fim de evitar danos, fazendo com que pudessem operar à noite sem o monitoramento humano.

Kiichiro Toyoda supervisionava a construção e o crescimento de uma fábrica que produzia os novos teares, e instalou 520 deles na fábrica de tecelagem experimental de Toyoda. Depois que ele apresentou orgulhosamente ao mercado estes “teares perfeitos”, muitos pedidos de compra começaram a ser enviados para a empresa. Kiichiro passou a utilizar o lucro dos teares para iniciar um novo negócio na indústria automotiva. Ele visitou Detroit e passou anos aprendendo a construir motores. A primeira produção de carro da Toyota chegou ao mercado em 1936, mas a produção foi interrompida pela Segunda Guerra Mundial.

O Sistema Toyota de Produção

Koromo, Japão, outubro de 1949. As restrições para a produção de automóveis de passageiros haviam sido suspensas no Japão pós-guerra. Em 1945, Kiichiro Toyoda havia desafiado sua companhia a se igualar às da América, mas ficou claro que a Toyota não conseguiria isso adotando o modelo de produção em massa norte-americano. A produção em massa implicava na construção de milhares de peças idênticas a fim de se obter economia de escala, mas os materiais eram escassos, as

encomendas eram inconstantes, e havia demanda por variedade. As economias de escala estavam simplesmente indisponíveis.

A visão de Kiichiro Toyoda era a de que todas as peças deveriam chegar à linha de montagem somente no momento de sua utilização (Just-in-Time). Isso não era conseguido armazenando-se as peças. As peças deveriam ser produzidas pouco antes de serem necessárias. Levou tempo para tornar essa visão uma realidade, mas em 1962, uma década depois da morte de Kiichiro Toyoda, o Sistema Toyota de Produção foi adotado por toda a empresa.

Taiichi Ohno

Taiichi Ohno foi o chefe de produção que respondeu ao desafio e à visão de Kiichiro Toyoda desenvolvendo o que veio a ser conhecido como o Sistema Toyota de Produção. Ele estudou o sistema de produção da Ford e ampliou sua visão sobre o modo como os supermercados norte-americanos controlavam seus estoques. Para isso, ele acrescentou seu conhecimento de fiação e tecelagem e as percepções dos trabalhadores por ele supervisionados. Levou anos de experimentação para se desenvolver gradualmente o Sistema Toyota de Produção, um processo que Ohno considerou infundável. Ele disseminava suas ideias por toda a empresa à medida que recebia cada vez mais áreas de responsabilidade.

Em seu livro, *Toyota Production System*,² Ohno diz que “este é um sistema para a absoluta eliminação do desperdício”. Ele explica que o sistema se mantém sobre dois pilares: o fluxo Just-in-Time e a autonomia (também chamada de *Jidoka*).

O fluxo Just-in-Time

É importante observar que o conceito de fluxo de produção Just-in-Time era completamente contra toda a sabedoria convencional daquele tempo. A resistência aos esforços de Ohno era tremenda, e ele só teve sucesso devido ao apoio de Eiji Toyoda, que ocupou vários cargos da alta administração após seu primo Kiichiro ter deixado a empresa em 1950. Ambos Toyodas perceberam de forma brilhante que o jogo a ser jogado não era o das economias de escala, mas sim o da conquista da complexidade. As economias de escala reduziriam os custos em cerca de 15 a 25% por unidade quando o volume fosse duplicado. Mas os custos cresceriam em torno de 20 a 35% toda vez que a variedade duplica.³ O fluxo Just-in-Time elimina os principais contribuidores do custo da variedade. De fato, ele é o único modelo industrial que nós temos para gerenciar com eficiência a complexidade.⁴

² Esta seção baseia-se no livro de Taiichi Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press, escrito em japonês em 1978, traduzido para o inglês em 1988. É um excelente livro, de boa leitura e altamente recomendável até mesmo nos dias de hoje. Publicado pela Bookman Editora sob o título *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*.

³ George Stalk, “Time – The Next Source of Competitive Advantage”, *Harvard Business Review*, July 1988.

⁴ Veja “Lean or Six Sigma”, de Freddy Balle e Michael Balle, disponível em www.lean.org/library/leanorsigma.pdf.

Autonomação (Jidoka)

Os teares automatizados de Toyoda podiam operar sem a presença de tecelões porque os teares detectavam quando algo de errado acontecia e se desligavam automaticamente. Autonomação, ou *Jidoka* em japonês, significa que o trabalho é organizado de modo a ser imediatamente interrompido quando a menor anomalia for detectada, sendo necessária a resolução da causa do problema antes do recomeço de suas atividades. Outro nome para este conceito crítico, que talvez seja mais fácil de ser lembrado, é o de “pare a linha” (*stop-the-line*).

Ohno chamou a autonomação de “automação com um toque humano”. Ele salientou como a palavra “autônomo” nos remete a outro modo de enxergar este conceito. Nossos corpos possuem um sistema nervoso autônomo que regula reflexos como a respiração, os batimentos cardíacos e a digestão. Se tocarmos em algo quente, nossos nervos autônomos nos fazem retirar a mão sem esperar que o cérebro envie uma mensagem com esta ordem. Autonomação significa que a organização tem reflexos que respondem a eventos de forma instantânea e correta, sem ter que ir ao cérebro para receber instruções.⁵

Shigeo Shingo

Shigeo Shingo foi um consultor que ajudou Ohno a implementar o Sistema Toyota de Produção e, posteriormente, ajudou outras companhias a compreender e a implementar o sistema por todo o mundo. Aqueles de nós que implementaram os conceitos do Just-in-Time no início dos anos 80 se lembram carinhosamente daquele “Livro Verde”,⁶ o primeiro que falava sobre este tema na língua inglesa. O livro não era uma boa tradução do japonês e o material era muito técnico e pesado, apesar dele ser formidavelmente elucidante.

Shingo aborda dois temas principais no livro: a produção sem estoques e a inspeção zero. Um olhar cuidadoso nos mostra que estes são, na realidade, os pilares de Ohno do Sistema Toyota de Produção.

Produção sem estoques

Fluxo Just-in-Time significa eliminar estoques intermediários de processo que costumam ser feitos em nome das economias de escala. O foco está em fazer tudo em pequenos lotes e, para tanto, é necessário estar apto a modificar muito rapidamente uma máquina que produz uma determinada parte a fim de deixá-la pronta para produzir uma parte diferente. No desenvolvimento de software, um modo de se enxergar o tempo de preparação (*set-up*) é considerando o tempo necessário para entregar a aplicação. Algumas empresas gastam semanas e meses para entregar um novo software e, devido a isto, elas colocam tantas características quantas forem possíveis num único *release*.^{*} Isto resulta em grandes lotes de trabalho de teste, treinamento e integração para cada *release*. Por outro lado,

⁵ Taiichi Ohno, *Ibid.*, p. 46.

⁶ Shigeo Shingo, *Study of “Toyota” Production System*, Productivity Press, 1981.

^{*} N. de R. T.: O termo *release* significa versão entregue, mas será mantido no original pois é familiar para a comunidade de software no Brasil.

espero que o software antivírus instalado em meu computador seja atualizado com um *release* bem testado horas após uma nova ameaça ter sido descoberta. A mudança será pequena, então a integração e o treinamento geralmente não são uma preocupação.

Inspeção zero

A ideia por trás da automação é que um sistema deve ser projetado para ser à prova de erros. Não deve haver alguém a postos para identificar um eventual defeito em uma máquina ou testando um produto para ver se ele é bom. Um sistema corretamente projetado à prova de erro não necessitará de inspeção. Meu cabo de vídeo é um exemplo de projeto à prova de erros. Eu não posso conectar um cabo de monitor de cabeça para baixo num computador ou num projetor vídeo porque o cabo e o conector têm encaixe único. Portanto, não preciso que alguém inspecione se eu conectei o cabo corretamente, pois é impossível fazê-lo errado. Um projeto à prova de falha assume que se qualquer erro pode acontecer, então cedo ou tarde ele acontecerá. Por isso, é bom levar o tempo necessário no início para tornar o erro impossível.

Just-in-Time

O Sistema Toyota de Produção foi muito ignorado, mesmo no Japão, até a crise do petróleo de 1973, pois as empresas estavam crescendo rapidamente e vendiam tudo o que produziam. No entanto, a desaceleração econômica desencadeada pela crise do petróleo separou as empresas excelentes das medíocres e a Toyota emergiu da crise rapidamente. O Sistema Toyota de Produção foi estudado por outras empresas japonesas e muitas de suas características foram adotadas em sua gestão. Em uma década, os Estados Unidos e a Europa começaram a sentir a forte concorrência do Japão. Por exemplo, eu (Mary) trabalhava numa fábrica de videocassetes no início dos anos 80 quando os concorrentes japoneses entraram no mercado com preços extremamente baixos. Uma investigação revelou que as empresas japonesas estavam utilizando uma nova abordagem denominada Just-in-Time, motivo pelo qual minha fábrica estudou e adotou esse sistema para se manter competitiva.

A imagem que usamos em nossa fábrica para retratar a produção Just-in-Time está ilustrada na Figura 1.1.

Imagine o estoque como sendo o nível de um rio. Quando este nível está alto, muitas pedras grandes, ficarão escondidas sob a água. Se você baixar o nível d'água, elas chegarão à superfície. Neste ponto, você precisará retirá-las do caminho ou o seu barco irá bater nelas. À medida que as grandes pedras foram sendo removidas, você poderá baixar um pouco mais o nível d'água (estoque), encontrar mais pedras, retirá-las do rio e continuar com a operação até restarem somente as pedras pequenas do rio.

Por que não mantemos simplesmente o estoque elevado e ignoramos as pedras? Bem, as pedras são como defeitos que se alojam no produto sem serem detectados, processos que saem de controle, produtos acabados que as pessoas

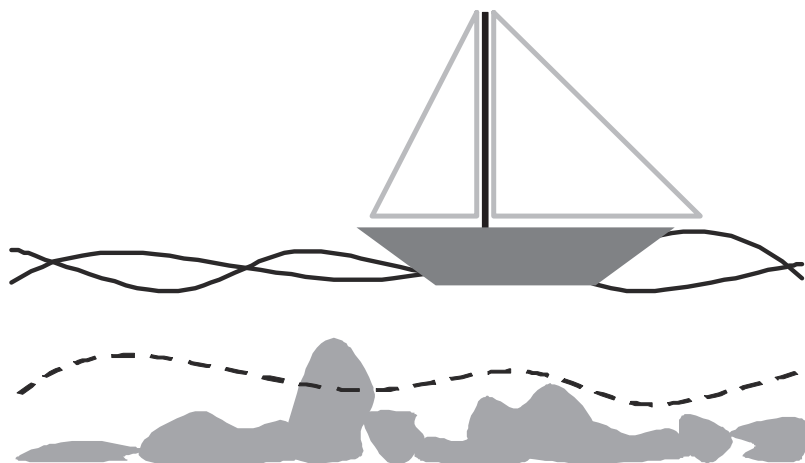


Figura 1.1 *Diminua os estoques para trazer os problemas à tona.*

não irão comprar antes de expirar o prazo de validade, um sistema de controle de estoque que continua a perder o controle; coisas desse tipo. Elas são desperdícios que estão lhe custando muito dinheiro e que você desconhece até baixar o nível dos estoques.

Uma lição fundamental da nossa iniciativa Just-in-Time foi a de que tínhamos que parar de tentar maximizar as eficiências locais. Tínhamos inúmeras máquinas caras, por isso pensávamos que todas deveriam operar com máxima produtividade. Mas isso só aumentava nossos estoques, pois as pilhas de peças na entrada de cada máquina (para mantê-la funcionando) e na saída (como produto) não tinham para onde ir. Quando implementamos o Just-in-Time, as pilhas de estoque desapareceram. Ficamos surpresos ao descobrir que, na verdade, o desempenho global da fábrica aumentou quando não tentamos mais operar nossas máquinas na máxima utilização (veja a Figura 1.2).

Parar a produção e consciência da segurança

Uma prática do Just-in-Time que foi fácil de ser adotada foi a da cultura de parar a linha de produção (*stop-the-line*). Nossa fábrica produzia fitas de vídeo com alguns materiais bastante voláteis, motivo pelo qual tínhamos um forte programa de segurança implantado no local. Mediante nosso programa de segurança, já sabíamos que era importante investigar até mesmo os menores acidentes, pois eles acabariam se transformando em grandes acidentes se fossem ignorados.

No livro *Managing the Unexpected*,⁷ Weick e Sutcliffe mostram que organizações como a nossa criam um ambiente em que as pessoas prestam atenção à segurança, man-

⁷ Karl E. Weick and Kathleen M. Sutcliffe, *Managing the Unexpected: Assuring High Performance in an Age of Complexity*, Jossey-Bass, 2001.

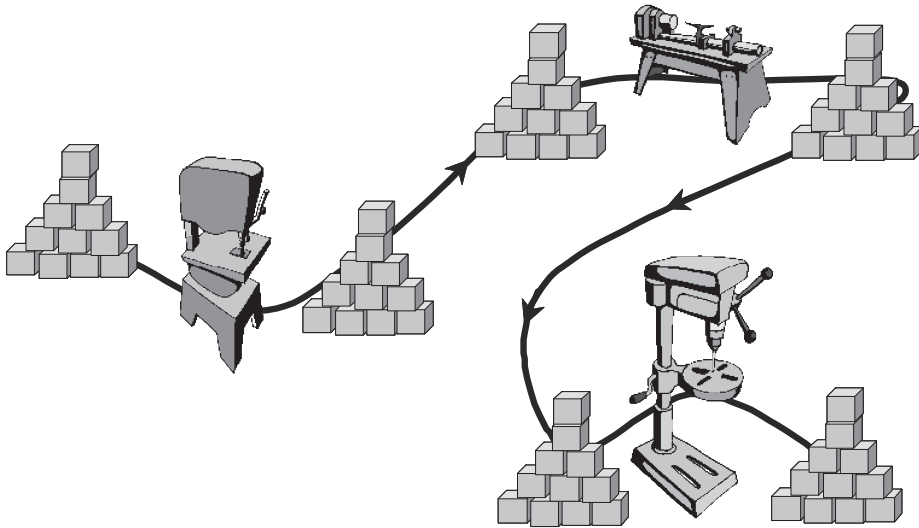


Figura 1.2 Pare de tentar otimizar as eficiências locais.

tendo um estado de atenção plena. Segundo os autores, a atenção plena possui cinco características:

1. **Preocupação com a falha**
Dedicávamos muito tempo pensando sobre o que poderia dar errado e nos preparando para enfrentar o erro.
2. **Relutância em simplificar**
Tínhamos uma fábrica grande e complexa. Logo, a segurança era um problema grande e complexo.
3. **Sensibilidade para as operações**
Era esperado que todos os gerentes de fábrica dedicassem algum tempo trabalhando na linha de produção.
4. **Comprometimento em aprender com os erros**
Até mesmo o menor incidente era investigado para se determinar como poderíamos prevenir sua reincidência.
5. **Consideração pelo *know-how***
Todo o gerente sabia que as pessoas que estavam fazendo o trabalho eram aquelas que *realmente* sabiam como a fábrica funcionava.

Foi um pequeno passo para transformar nossa cultura de segurança numa cultura de *stop-the-line*. Adicionamos à nossa preocupação com acidentes uma preocupação com defeitos. Cada passo de cada operação era à prova de falha, o que eliminou a necessidade de inspeção pós-fato. Sempre que um defeito ocorria, a equipe de trabalho parava de produzir o produto e procurava a causa raiz do problema. Se um material defeituoso não era detectado durante a execução de um processo, nós estudávamos o processo para descobrir como garantir que isso não ocorreria novamente. Quando eu digo “nós” me refiro aos nossos trabalhadores da produção, pois foram eles que projetaram o processo em primeiro lugar.

— Mary Poppendieck

Quando decidimos implantar em nossa fábrica o Just-in-Time, haviam poucos consultores por perto que pudessem nos dizer o que fazer. Assim, tivemos que descobrir tudo sozinhos. Fizemos uma simulação cobrindo com uma grande folha de papel pardo uma enorme mesa de reunião. Desenhamos nela os processos de nossa planta industrial. Elaboramos “cartões *kanban*” escrevendo vários tipos de material em tiras de papel cortadas. Colocamos uma tira de papel num copinho de café e – *voilà* – o copo havia se tornado um palete (carrinho de transporte) carregado com o material indicado (veja Figura 1.3). Então, imprimimos pedidos de embalagens de uma semana e simulamos um “sistema puxado”^{*} tentando atender aos pedidos, utilizando os copos e a grande folha de papel como um tabuleiro de jogo. Quando um copo de material era embalado, a tira de material (cartão *kanban*) era movida para o processo anterior, que a utilizava como um sinal para produzir mais daquele material.⁸

Com esta simulação manual, mostramos o conceito de um sistema puxado para os gerentes de produção, depois para os supervisores gerais e, em seguida, para os supervisores de turno. Finalmente, os supervisores de turno realizaram a simulação com todos os trabalhadores de suas áreas. Cada área de trabalho foi convidada a descobrir os detalhes de como fazer com que este novo sistema funcionasse no seu ambiente. Levamos alguns meses de preparação minuciosa, mas finalmente tudo estava pronto. Seguramos nossa respiração coletiva quando mudamos toda a planta para um sistema puxado em uma semana. Toda a programação computadorizada foi desligada e em seu lugar adotamos a programação manual via cartões *kanban*. Nosso sistema Just-in-Time foi um sucesso imediato



Figura 1.3 Copos de café simulando paletes (carrinhos de transporte) com cartões *kanban*.

^{*} N. de R. T.: O termo “sistema puxado” (*pull system*) denota um sistema em que uma parte “puxa” algo da outra.

⁸ Esta abordagem é chamada *kanban* e a ficha mostrando o que cada processo deve fazer é chamada “cartão *kanban*”.

e esmagador, em grande parte porque seus detalhes haviam sido projetados pelos próprios trabalhadores, que sabiam como resolver os pequenos problemas e melhorar continuamente o processo de trabalho.

Lean (Enxuto)

Em 1990, o livro *A Máquina que Mudou o Mundo*⁹ deu um novo nome ao que tinha sido anteriormente chamado Just-in-Time, ou Sistema Toyota de Produção. A partir de então, a abordagem da Toyota para a produção se tornou conhecida como **Produção Enxuta** (Lean Production). Durante os anos subsequentes, muitas empresas tentaram adotar a Produção Enxuta, mas sua implantação se revelou extremamente difícil. Como ocorre com todos os novos modelos industriais, a resistência daqueles que investiram no modelo antigo era muito forte.

Muitas pessoas que acharam o *lean* contraintuitivo não tiveram uma profunda motivação para mudar os hábitos estabelecidos há muito tempo. Muito frequentemente as empresas implementavam somente uma parte do sistema, talvez tentando o Just-in-Time sem o seu parceiro, o *stop-the-line*. Elas ignoraram que “A verdadeira fábrica enxuta... *transfere o maior número de tarefas e responsabilidades para aqueles trabalhadores que efetivamente acrescentam valor ao carro na linha de produção, além de possuir um sistema de detecção de falhas que rapidamente rastreia um problema detectado até sua fonte derradeira.*”¹⁰

Apesar dos desafios enfrentados na implantação de um novo paradigma contraintuitivo, muitas iniciativas *lean* foram extremamente bem-sucedidas, criando empresas verdadeiramente enxutas que invariavelmente acabaram florescendo. O pensamento enxuto se transferiu da produção para outras áreas operacionais tão diversas quanto o processamento de pedidos, a venda a varejo e a manutenção de aeronaves. Os princípios enxutos foram também estendidos à cadeia de fornecimento, ao desenvolvimento de produto e ao desenvolvimento de software. Veja Figura 1.4.

Produção enxuta/Operações enxutas

Hoje, a produção enxuta define o padrão para disciplina, eficiência e eficácia. De fato, utilizar os princípios da produção enxuta muitas vezes cria uma significativa vantagem competitiva que pode ser surpreendentemente difícil de copiar. Por exemplo, o sistema de produção por encomenda (*make-to-order*) da Dell Computer é capaz de entregar rotineiramente um computador “sob medida” poucos dias após a realização do pedido, uma façanha que não é facilmente copiada pelos concorrentes pouco dispostos a abrirem mão de seus sistemas de distribuição. O *lean* acabou migrando também para operações não pertencentes à produção.

⁹ James Womack, Daniel Jones and Daniel Roos, *The Machine That Changed the World*, Rawson Associates, 1990.

¹⁰ Ibid., p. 99. Os itálicos são do original.

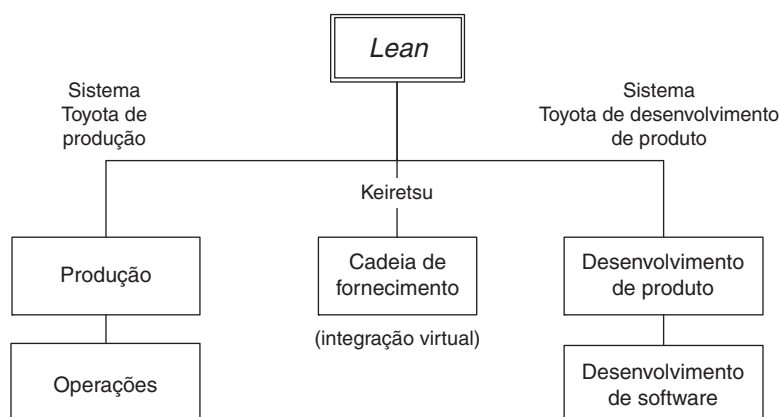


Figura 1.4 A árvore da família Lean.

Enquanto a companhia aérea Southwest Airlines tem como foco o transporte direto de passageiros do ponto A para o ponto B, utilizando aviões relativamente pequenos, seus concorrentes não conseguem abandonar facilmente seus sistemas do tipo *hub-and-spoke*,* pois estão orientados ao transporte de grandes lotes de passageiros. Poucos negócios, como o de entrega rápida de encomendas, foram estruturados com base nos princípios enxutos e, nesses negócios, apenas as empresas com operações enxutas conseguem sobreviver.

Cadeia de fornecimento enxuta

Quando as práticas da produção enxuta alcançam os limites da fábrica elas também precisam ser estendidas aos fornecedores, pois a produção em massa e a produção enxuta não funcionam muito bem juntas. A Toyota percebeu isso rapidamente, ajudando seus fornecedores a adotarem o Sistema Toyota de Produção. Peter Drucker estimou que a rede de fornecedores da Toyota, que ele mesmo chamou de Keiretsu, resulta numa vantagem competitiva de custos em torno de 25 a 30%.¹¹ Quando a Toyota se instalou nos Estados Unidos no final dos anos 80, ela estabeleceu uma rede semelhante de fornecedores. Surpreendentemente, é comum encontrar nas instalações de alguns fornecedores de peças automotivas nos Estados Unidos seções enxutas dedicadas ao abastecimento exclusivo da Toyota, enquanto o resto da fábrica segue o modelo “tradicional” devido a outras empresas automotivas não saberem lidar com fornecedores enxutos.¹² Uma cadeia de fornecimento enxuta também é essencial para a Dell, uma vez que ela reúne partes projetadas e fabricadas por outras empresas. Mediante “integração virtual”, a Dell trata os seus parceiros como se eles estivessem dentro da empre-

* N. de T.: Redes de transporte parcelado com terminais de consolidação.

¹¹ Peter Drucker, *Management Challenges for the 21st Century*, Harper Business, 2001, p. 33

¹² Veja Jeffrey Dyer, *Collaborative Advantage: Winning Through Extended Enterprise Supplier Networks*, Oxford University Press, 2000.

sa, trocando informações livremente de forma a garantir que toda a cadeia de fornecimento permaneça enxuta.

Nas cadeias de fornecimento enxuto, as empresas aprenderam a trabalhar além de suas fronteiras de uma forma harmoniosa, compreendendo que seus melhores interesses estão alinhados com os melhores interesses de toda a cadeia de fornecimento. Para as organizações envolvidas no desenvolvimento de software que ultrapassa os limites de uma empresa, a gestão da cadeia de fornecimento provê um modelo bem-testado de como empresas separadas podem formular e administrar relações contratuais enxutas.

Desenvolvimento enxuto de produto

“A verdadeira diferença entre a Toyota e os outros fabricantes de automóveis não é o Sistema Toyota de Produção. É o Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto”, afirma Kosaku Yamada, engenheiro chefe do Lexus ES 300.¹³ O desenvolvimento de produto é bastante diferente das operações, e as técnicas bem-sucedidas em operações podem ser muitas vezes inadequadas para o trabalho de desenvolvimento. O livro intitulado *Product Development Performance*,¹⁴ de Clark e Fujimoto, é um marco e mostra que o desenvolvimento eficaz de produto tem muito em comum com a produção enxuta. A Tabela 1.1 resume as similaridades descritas por Clark e Fujimoto.

Se existe alguma empresa que possa extrair a essência do Sistema Toyota de Produção e aplicá-la adequadamente ao desenvolvimento de produto, a primeira candidata deve ser a Toyota. Portanto, não foi surpresa quando se tornou evidente no final dos anos 90 que a Toyota tinha uma abordagem única e muito bem-sucedida para o desenvolvimento de produto. A abordagem da Toyota é tanto contraintuitiva quanto perspicaz. Existem poucas tentativas de se utilizar as práticas específicas do Sistema Toyota de Produção no desenvolvimento de produto, mas os princípios subjacentes claramente provêm da mesma herança.

O produto que sai de um processo de desenvolvimento pode ser brilhante ou banal. Ele pode ter um *design* elegante e chegar ao mercado da forma correta, ou pode ficar aquém tanto das expectativas dos clientes quanto de suas receitas. Os produtos da Toyota tendem rotineiramente a se enquadrarem na primeira categoria. Observadores atribuem isso à liderança do engenheiro chefe, responsável pelo sucesso comercial do produto, e que tem tanto uma percepção aguçada do que o mercado irá valorizar quanto a capacidade técnica de supervisionar o projeto de sistemas. No livro *The Toyota Way*,¹⁵ Jeffrey Liker narra a história do desenvolvimento dos automóveis Lexus e Prius, enfatizando a forma como esses projetos avançados foram levados para o mercado em tempo recorde sob a liderança de dois brilhantes engenheiros chefes.

¹³ Gary S. Vasilash, “Engaging the ES 300”, *Automotive Design and Production*, September, 2001.

¹⁴ Kim B. Clark and Takahiro Fujimoto, *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Harvard Business School Press, 1991.

¹⁵ Jeffrey Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*, McGraw Hill, 2004. Publicado pela Bookman Editora sob o título *O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo*.

Tabela 1.1 *Similaridades entre a produção enxuta e o desenvolvimento de produto eficaz*¹⁶

Produção enxuta	Desenvolvimento enxuto
Mudanças frequentes de <i>setup</i> (configuração)	Mudanças frequentes de produto (<i>releases</i> de software)
Prazos de fabricação reduzidos	Prazos de desenvolvimento reduzidos
Estoques reduzidos entre as etapas de fabricação	Informação reduzida entre as etapas de desenvolvimento
Transferência frequente de pequenos lotes de peças entre as etapas de fabricação	Transferência frequente de informação preliminar entre as etapas de desenvolvimento
Um estoque reduzido requer folga de recursos e maior fluxo de informação entre as etapas de fabricação	Um prazo reduzido requer folga de recursos e maior fluxo de informação entre as etapas de desenvolvimento
Adaptabilidade às mudanças em volume, <i>mix</i> de produtos e projeto de <i>design</i>	Adaptabilidade às mudanças em <i>design</i> de produto, cronograma e metas de custos
Uma ampla atribuição de tarefas para os operários resulta em maior produtividade	Uma ampla atribuição de tarefas para os engenheiros (desenvolvedores) resulta em maior produtividade
Foco na rápida solução de problemas e melhoria contínua de processo	Foco na frequente inovação incremental e na melhoria contínua de produto e processo
Melhoria simultânea da qualidade, prazos de entrega e produtividade	Melhoria simultânea da qualidade, prazos de desenvolvimento e produtividade

O desenvolvimento de produto é um processo de criação de conhecimento. O Sistema de Desenvolvimento de Produto da Toyota cria conhecimento mediante a ampla exploração de espaços de solução, experimentação direta com múltiplos protótipos e encontros regulares de integração nos quais o projeto emergente é avaliado e as decisões são tomadas com base em tanta informação detalhada quanto seja possível. O conhecimento tácito adquirido durante o desenvolvimento e a produção é condensado em resumos úteis de uma página que, efetivamente, tornam o conhecimento explícito. Gerar e preservar o conhecimento para uso futuro é a marca do Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto.

O National Center for Manufacturing Sciences (NCMS) realizou durante anos um estudo sobre o Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto e suas conclusões foram resumidas por Michael Kennedy no livro *Product Deve-*

¹⁶ Adaptado de Kim B. Clark and Takahiro Fujimoto, *Product Development Performance*, p. 172.

lopment for the Lean Enterprise.¹⁷ Nesse livro, Kennedy identifica quatro elementos fundamentais do Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto (veja Figura 1.5).

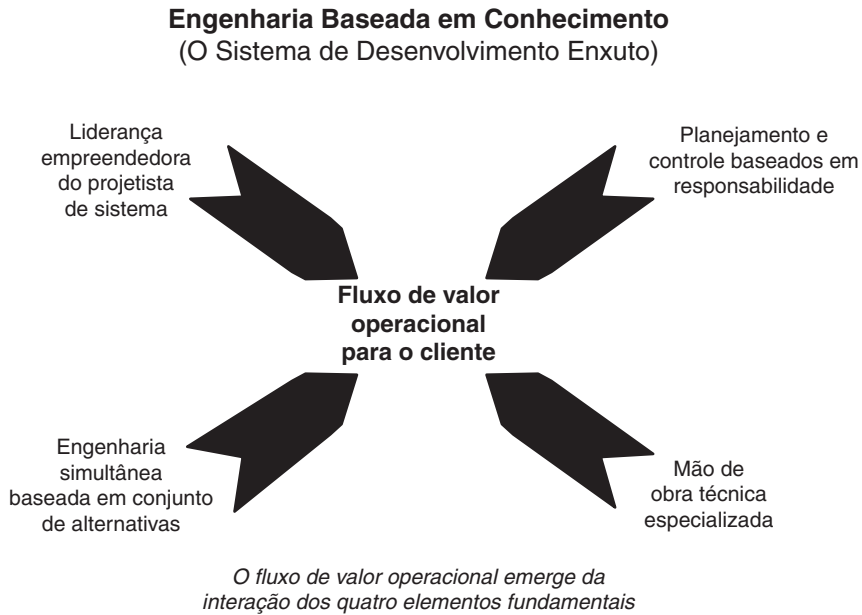


Figura 1.5 Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto.¹⁸

O Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto

O Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto possui quatro elementos fundamentais:

1. Projeto de sistema realizado por um engenheiro empreendedor

O engenheiro-chefe da Toyota detém a responsabilidade pelo sucesso comercial do produto. Ele é um engenheiro muito experiente, plenamente capaz de conceber o projeto do veículo em nível de sistema. Mas ele também é responsável por desenvolver um profundo entendimento do mercado-alvo e criar um veículo que irá encantar os clientes. O engenheiro-chefe concebe uma visão do novo produto que é transmitida para a equipe de desenvolvimento, atualizando-a com frequência mediante decisões diárias tomadas em conversas com os demais engenheiros. Sempre que necessário, ele defende a visão de produto e estipula soluções de custo-benefício se surgem desacordos. Ele define o cronograma e modifica o processo de tal forma a tudo ser puxado dentro do prazo.

¹⁷ Michael Kennedy, *Product Development for the Lean Enterprise: Why Toyota's System Is Four Times More Productive and How You Can Implement It*, Oaklea Press, 2003.

¹⁸ Esta figura é de Michael Kennedy, *Ibid.*, p.120. Utilizada com permissão.

2. Mão de obra técnica especializada

Desde os tempos de Sakichi Toyoda, as empresas Toyoda e Toyota sempre tiveram técnicos de alta qualidade projetando seus produtos sofisticados. Leva-se anos para um engenheiro realmente se tornar um especialista numa determinada área, e na Toyota os engenheiros não são transferidos ou estimulados a se transferirem para a gerência até que eles realmente dominem o seu campo de atuação. Os gerentes são professores que se tornaram mestres na área que eles supervisionam; eles formam novos engenheiros, transformando aprendizes em trabalhadores e finalmente em engenheiros-mestres.

3. Planejamento e controle baseados em responsabilidade

O engenheiro-chefe do veículo define o calendário de desenvolvimento, que consiste em pontos-chave de sincronização a cada dois ou três meses de execução. Os engenheiros sabem o que é esperado para o próximo ponto de sincronização, e entregam os resultados esperados sem precisarem ser monitorados. Se os engenheiros necessitam de mais informações para fazerem seu trabalho, é esperado que eles “puxem” essas informações de suas respectivas fontes. Recentemente, os engenheiros-chefes da Toyota foram pioneiros na prática da “Oobeya” (ou grande sala, em japonês), em que os membros da equipe podiam trabalhar e se encontrar regularmente. A Oobeya contém gráficos grandes e visíveis para relatar problemas e a situação de projetos.

4. Engenharia simultânea baseada em conjunto de alternativas

Engenharia simultânea baseada em conjunto de alternativas significa explorar múltiplos espaços de projeto e convergir numa solução ótima mediante o estreitamento gradual das opções. O que isto significa na prática? Significa ser muito cuidadoso para não tomar decisões até o momento em que elas realmente devam ser tomadas, trabalhando com afincos para manter opções de tal forma que as decisões possam ser feitas o mais tarde possível com a maior quantidade de informação possível. O paradoxo do projeto baseado em conjunto de alternativas é que esta abordagem de criar conhecimento gera redundância na abordagem de desenvolvimento, o que pode parecer um desperdício. No entanto, quando olhamos para o sistema como um todo, o projeto baseado em conjunto de alternativas permite que a equipe de desenvolvimento chegue a uma solução ótima mais rapidamente do que uma abordagem que limita prontamente as opções só por uma questão de ser “decisivo”.¹⁹

Desenvolvimento *lean* de software

O desenvolvimento de software é uma forma de desenvolvimento de produto. Na verdade, muitos dos softwares que você utiliza provavelmente foram comprados como um produto. O software que não é desenvolvido como um produto independente pode estar embarcado num equipamento de hardware, ou pode ser a essência de um jogo ou de uma ferramenta de busca. Alguns, incluindo muitos softwares personalizados, são desenvolvidos como parte de um processo de negócio. Os clientes não compram o software que nós desenvolvemos. Eles compram jogos ou processadores de texto ou ferramentas de busca ou um dispositivo de hardware ou um processo de negócio. Neste sentido, a maior parte dos softwares úteis está embarcado em alguma coisa maior que sua base de código.

¹⁹ Para mais informações sobre engenharia baseada em conjunto de alternativas, vide o Capítulo 7.

É o produto, a atividade ou o processo no qual o ele está que é o produto real em desenvolvimento. O desenvolvimento do software é apenas um subconjunto do processo de desenvolvimento geral de produto. Então, num sentido muito real, podemos chamar de desenvolvimento de software um subconjunto do desenvolvimento de produto. Portanto, se quisermos compreender o verdadeiro desenvolvimento *lean* de software, faríamos muito bem em descobrir o que constitui um excelente desenvolvimento de produto.

O Sistema Toyota de Produção e o Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto derivam dos mesmos princípios subjacentes. O primeiro passo na implementação do desenvolvimento *lean* de software é compreender esses princípios subjacentes, que serão discutidos no próximo capítulo.

Tente isto

1. Visite o site da Toyota e veja os vídeos sobre *Jidoka* (http://www.toyota.co.jp/en/vision/production_system/video.html).²⁰ Você verá os sofisticados teares automatizados da Toyota de 1920. Os vídeos sobre Just-in-Time e Sistema Toyota de Produção também valem ser vistos.
2. Você tem a tendência de trabalhar em lotes? Se você tivesse 100 cartas para enviar, como faria para dobrá-las, envelopá-las, endereçá-las e selá-las? Você processaria um envelope por vez ou realizaria cada passo num lote? Por quê? Tente cronometrar o tempo dos dois modos de trabalhar e veja qual é o mais rápido. Se você tiver filhos, pergunte a eles como resolveriam este problema.
3. A Tabela 1.1 lista as semelhanças entre a fabricação e o desenvolvimento de produto. Discuta essa tabela com sua equipe, uma linha por vez. Faz sentido no seu mundo pensar no trabalho parcialmente concluído (ou inacabado) como estoque? As outras analogias fazem sentido? Analogias são facas de dois gumes. Onde as analogias entre fabricação e desenvolvimento de produto podem fazer com que você se perca?
4. Soluções paliativas: você tem uma organização formada por pessoas inteligentes. Essas pessoas resolvem seus problemas de forma paliativa ou os problemas são considerados gatilhos para parar a linha e encontrar a causa raiz do problema? Faça uma lista dos 10 maiores problemas que ocorreram em seu grupo na última semana. Liste, depois de cada problema, a forma como ele foi resolvido. Classifique cada problema numa escala de 0 a 5. O valor 5 significa que você está confiante de que a causa do problema foi identificada e eliminada, sendo improvável que ele ocorra novamente. O valor 0 significa

²⁰ Este era um recente site publicado em abril de 2006. A página também pode ser acessada pela seguinte sequência no endereço <http://www.toyota.co.jp/en/>: Menu Superior > Company > Vision & Philosophy > Toyota Production System > Menu Lateral > Video Introducing the Toyota Production System.

que não há dúvidas de que o problema irá acontecer novamente. Qual foi o escore total de sua equipe?

5. Se as pessoas de sua organização trabalham instintivamente em soluções paliativas para os problemas, elas têm *reflexos equivocados*! Faça um *brainstorming* sobre quanto custaria para desenvolver uma cultura que não tolere anormalidades, sejam elas quebra de *build* ou falha de comunicação, falha de instalação ou de codificação que não seja robusta o suficiente para colocar o sistema em produção. Crie um comitê *stop-the-line* para investigar as ideias e escolher o melhor candidato para começar a mudança. Na área escolhida, passe da cultura de trabalho baseada em soluções paliativas para uma cultura de interrupção da linha. Assegure-se de que os hábitos da cultura de “parar a linha” estão sendo desenvolvidos! Repita.