

# Elementos para uma História Econômica da Rigidez e da Flexibilidade na Produção em Massa

*Benedito Rodrigues de Moraes Neto*

Professor do Departamento de  
Economia - Unesp/Araraquara -SP

*Enéas Gonçalves de Carvalho*

Professor do Departamento de Economia  
- Unesp/Araraquara- SP

## RESUMO

*De maneira aparentemente paradoxal, o ohnoísmo representa uma forma de produção antagônica à produção em massa convencional (fordista), e é, ao mesmo tempo, um desdobramento dela. Isto pode ser visualizado dividindo a produção fordista em duas fases. A primeira, de 1913 até o imediato pós-2ª Guerra, caracteriza-se pela produção de forma padronizada lastreada numa estrutura técnica potencialmente flexível (etapa da "rigidificação"). A fase seguinte, a partir do pós-guerra, caracteriza-se pela incorporação do princípio da rigidez ao sistema de máquinas (etapa da rigidez). A forma de produção desenvolvida no Japão (produção flexível em massa) tem a "rigidificação" como condição histórica indispensável. Ohno teria conseguido tornar efetiva a flexibilidade potencial: um verdadeiro "Ovo de Colombo". A idéia de uma bifurcação após a "rigidificação" fordista - rigidez versus produção flexível em massa - pode contribuir para o debate sobre a natureza do ohnoísmo.*

## PALAVRAS-CHAVE

*produção em massa, fordismo, "rigidificação"/rigidez, flexibilidade, ohnoísmo*

## ABSTRACT

*In a supposedly paradoxical manner, Ohnoism represents a production system antagonistic to conventional mass production - Fordist - and is, at the same time, its unfolding. This can be viewed dividing the Fordist production in two phases. The first one, from 1913 until the immediate post - World War II, is characterized by standardized production founded on a potentially flexible technical basis. The next phase, depart from World War II, is characterized by the embodiment of the rigidity principle in the machine system. The production manner developed in Japan - mass flexible production - has the first phase of Fordism as an indispensable historical condition. Through Ohno the potential flexibility became effective: a truly "Colombo's egg". The notion of a bifurcation after the first Fordist phase - rigidity versus flexible production - can contribute to the debate on the nature of Ohnoism.*

## KEY WORDS

*mass production, Fordism, rigidity, flexibility, Ohnoism*

## INTRODUÇÃO

Antes de mais nada, é necessário advertir o leitor do seguinte fato: o presente artigo possui um título genérico e concentra-se exclusivamente na indústria automobilística. Isto é inteiramente proposital, à medida que discutir a História da rigidez e da flexibilidade na produção industrial em massa é discutir a História da indústria de produtos metal-mecânicos, frutos de montagem, dentre os quais o automóvel é paradigmático. Esta concepção entra aqui mais como um pressuposto do que algo a ser demonstrado, sendo apenas lembrado num determinado momento do texto.

De forma aparentemente paradoxal, o objetivo deste trabalho é colocar que a forma de produzir automóveis, inaugurada e desenvolvida por Taiichi Ohno nas fábricas Toyota, é, a um só tempo, antagônica e um desdobramento da forma convencional de produção em massa desenvolvida tipicamente nos Estados Unidos.

Procurar-se-á resolver o aparente paradoxo dividindo-se a produção em massa convencional, conhecida como fordista, em duas fases históricas. A primeira delas teria seu início na inauguração da produção em massa por Henry Ford com o Modelo T, em 1913, e se estenderia até o início dos anos 40. Sua característica distintiva seria a de produzir de forma padronizada, ou rígida, lastreando-se, todavia, numa estrutura técnica potencialmente flexível, coisa não perceptível na época. Esta fase será chamada de fase da “rigidificação”. A fase seguinte, da produção em massa convencional, que se iniciaria no pós-guerra, caracterizar-se-ia pela incorporação ao sistema de máquinas do princípio da rigidez, fundamentalmente por meio do desenvolvimento das máquinas *transfer* para os processos mecânicos de fabricação. Esta fase será denominada de fase da rigidez, à medida que a produção rígida passa a constituir-se num imperativo tecnológico.

Em seguida, procurar-se-á colocar a forma desenvolvida no Japão, a produção flexível em massa, como algo que tem a produção em massa na forma “rigidificada” como condição histórica absolutamente necessária. O que Ohno teria conseguido seria tornar efetiva a flexibilidade que existia potencialmente. Sendo assim, a fase inicial do fordismo caracterizar-se-ia como etapa necessária para o posterior desdobramento em duas formas opostas: a rigidez e a flexibilidade em massa. Esta maneira de colocar o desenvolvimento histórico da atividade produtiva pode contribuir para o debate recente (e em andamento) sobre a natureza do ohnoísmo ou toyotismo.

## 1. A GÊNESE DA PRODUÇÃO EM MASSA NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: A “RIGIDIFICAÇÃO” NECESSÁRIA

### 1.1 Ford e seu Desafio

Era imenso o desafio diante do qual se colocava Henry Ford no início do século: transformar a produção de um novo e complexo produto, o automóvel, numa produção em massa.

Sobre a complexidade do novo produto, produzido pela primeira vez em 1887, na França, basta lembrar a seguinte colocação de Henry Ford em *Minha Vida: Minha Obra*: “O carro Ford consta de cinco mil peças, contando parafusos e porcas. Algumas bastante volumosas, e outras tão pequenas como as peças de um relógio.” (FORD, 1926, p. 77)

A natureza do processo produtivo do automóvel até o início do século XX é colocada de forma feliz por Francesca Maltese:

*“As relações básicas de produção na indústria automobilística, que caracterizam sua produção no primeiro estágio, de 1900 a 1912, foram essencialmente herdadas da indústria de bicicletas... A primeira casa, que se tornou a Ford Motor Company, de fato refletiu a organização produtiva das fábricas de bicicleta. Era uma pequena oficina que continha dois tornos mecânicos, duas perfuratrizes, uma fresadora, uma plaina mecânica para madeira, uma serra manual, uma esmerilhadora e uma forja. Sua força de trabalho consistia de quatro mecânicos, um modelador, um desenhista e um ferreiro. Isto foi em outubro de 1902. Eles produziram um carro em dezembro e então mudaram sua ‘operação’ para uma remodelada oficina de vagões, usando uma máquina Olds a gasolina para movimentar o seu equipamento. A força de trabalho foi elevada para cerca de 125 trabalhadores e a companhia colocou no mercado 1.700 carros naquele ano. Todas as partes eram contratadas externamente. Somente a montagem e o projeto de algumas das partes eram feitas na oficina. Na fábrica, os trabalhadores operavam como uma equipe. Eles planejavam a produção, resolviam problemas de projeto e construíam os carros inteiros juntos, como uma unidade.”* (MALTESE, 1976, p. 85-6)

Sobre a atividade fundamental da montagem final, as seguintes colocações são esclarecedoras:

*“A montagem final era no início uma função altamente qualificada. Cada carro era montado num lugar por certo número de mecânicos competentes.”*(CHINOY, 1964, p. 53, *apud* BRAVERMAN, 1977, p. 130)

*“Quando montamos os primeiros carros o sistema consistia em serem as peças trazidas manualmente à medida das necessidades, tal como na construção de uma casa.”*(FORD, 1926, p. 77)

*“Na fábrica Ford, e em todas as demais oficinas de Detroit, o processo de montagem de um automóvel dependia ainda do mecânico versátil, que era obrigado a saber de tudo para executar seu trabalho. Os montadores da Ford eram ainda homens competentes. Seu trabalho era muito estacionário; contudo, eles tinham que passar para o serviço seguinte a pé, tão logo o carro em construção no seu local próprio assumia a dimensão total - do chassi puro ao produto acabado. É certo que o tempo trouxe alguns refinamentos. Em 1908 já não era mais necessário ao montador deixar seu lugar de trabalho para dar um giro pela ferramentaria ou seção de peças. Um almoxarife já havia sido designado para essa função. Nem o próprio mecânico da Ford era o mesmo em 1908 que fora em 1903. No curso desses anos, o serviço de montagem final havia sido parcelado aos poucos. Em lugar do ‘pau para toda obra’, havia agora diversos montadores que trabalhavam lado a lado num carro, cada um responsável por operações um tanto limitadas.”*(SWARD, 1948, *apud* BRAVERMAN, 1977, p. 130)

No conhecido *A Máquina que Mudou o Mundo*, Womack *et alii* resumem dessa forma as características da produção artesanal presente nos primeiros passos da indústria automobilística:

- “- Uma força de trabalho altamente qualificada em projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento. Muitos trabalhadores progrediam através de um aprendizado abrangendo todo um conjunto de habilidades artesanais. Muitos podiam esperar administrar suas próprias oficinas, tornando-se empreendedores autônomos trabalhando para firmas de montagem.*
- Organizações extremamente descentralizadas, ainda que concentradas numa só cidade. A maioria das peças e grande parte do projeto do automóvel provinham de pequenas oficinas. O sistema era coordenado por um proprietário/empresário, em contacto direto com todos os envolvidos: consumidores, empregados e fornecedores.*

- O emprego de máquinas de uso geral para realizar a perfuração, corte e demais operações em metal ou madeira.
- Um volume de produção baixíssimo, de 1 mil ou menos automóveis por ano, poucos dos quais (50 ou menos) conforme o mesmo projeto. E, mesmo entre estes 50, não havia dois que fossem idênticos, pois as técnicas artesanais produziam, por sua própria natureza, variações.”(WOMACK et alii, 1992, p. 12)

Destaquemos duas características da produção artesanal: alto custo e ausência de intercambiabilidade de peças. Custo e preço elevados consistiam uma evidente barreira à expansão do mercado: “os custos de produção eram elevados e não diminuían com o volume, significando que apenas os muito ricos podiam se dar ao luxo de adquirir carros.”(WOMACK et alii, 1992, p. 12) A ausência de intercambiabilidade de peças é a forma de manifestação, para o caso da produção de um complexo produto metal-mecânico fruto de montagem, da característica de não padronização típica da produção artesanal. Para o caso do automóvel, composto de algumas milhares de peças, ausência de padronização em todas as etapas da cadeia produtiva significa que as peças de um automóvel qualquer não se ajustam perfeitamente a outro automóvel qualquer, de mesmo modelo. A ausência de um sistema de metrologia por parte dos inúmeros fornecedores de peças e componentes e as características das máquinas-ferramenta no final do século XIX<sup>1</sup> levavam a que, “quando as peças finalmente chegavam ao salão de montagem final, suas especificações eram, na melhor das hipóteses, aproximadas.”(WOMACK et alii, 1992, p.10) Isto exigia um processo de encaixes sucessivos por parte dos trabalhadores qualificados da montagem, o que poderia provocar, ao final, o chamado “susto dimensional”, pois “quando os ajustadores acabavam de adaptar a última peça, o tamanho do veículo completo podia diferir bastante de um outro construído conforme idêntico projeto.”(WOMACK et alii, 1992, p. 10)

Ao mesmo tempo em que se assentava sobre uma precária base produtiva, era possível antever, já na primeira década do século XX, o imenso mercado de massa potencial para o novo produto nos EUA. Em 1909, a revista *Nation* profetizava que “tão logo possa ser produzido um carro ‘standard’ barato, de um tipo simples, que não requeira aptidão mecânica de seu usuário, que seja econômico ao rodar, não haverá limite para o mercado do automóvel.”(*Nation* 88, January 7, 1909; *apud*

---

1 Segundo Womack et alii, “as máquinas-ferramenta dos anos 1890 eram incapazes de cortar o aço com alta dureza; passavam elas, então, por um forno, para endurecer sua superfície de modo a resistirem ao uso continuado ... entretanto, as peças freqüentemente entortavam no forno, necessitando serem novamente trabalhadas para recuperar a forma original.”(WOMACK et alii, 1992, p. 10)

HOUNSHELL, 1991, p. 218) Pode-se dizer, sem medo de errar, que ninguém superou Henry Ford em termos de sentimento sobre o imenso potencial do novo produto:

*“Fundada em 1903, a Ford Motor Company foi a terceira tentativa de Henry Ford na manufatura de automóveis. Controlada por Ford somente após 1907, a companhia produziu vários automóveis de preço médio, incluindo os modelos A, B, C, F, K, N, R e S. Por volta de 1906, ficara claro para Henry Ford que, tendo em conta a demanda existente e potencial por automóveis nos Estados Unidos, a ‘grande necessidade hoje é de um automóvel ágil, barato, com um motor moderno e potente, e construído com os melhores materiais’.”*(HOUNSHELL, 1991, p. 218)

Está posto com clareza o desafio assumido por Ford: transformar a produção do automóvel da sua natureza *craft production* para a forma de *mass production*. Tratava-se de desafio de magnitude ciclópea, pois, por um lado, a base produtiva da qual partia era amplamente inadequada à produção em massa, e, por outro, “a luta pelo mercado potencialmente fabuloso do novo produto, o automóvel, dentro dos marcos do capitalismo monopolista, não permitia a evolução lenta das escalas de produção.”(MORAES NETO, 1989, p. 60) Em outras palavras, a transformação do automóvel num produto de massa, o que exigia um conjunto amplo de mudanças profundas no sistema produtivo, tinha que ser realizada rapidamente, por uma determinação conjunta do momento histórico e da concorrência intercapitalista:

*“O mundo, de acordo com a Harpers’s Weckly (1910), permanece empoleirado esperando um automóvel e um fabricante para as massas. Não há dúvida de que o homem que consiga resolver com sucesso este intrincado problema e produza um carro que venha a se revelar completamente adequado mecanicamente, e cujo preço venha a estar ao alcance dos milhões que ainda não se permitiram a aquisição de automóveis, ficará não apenas rico, mas será também considerado um benfeitor público.”*(HOUNSHELL, 1991, p. 219)

Os dados da Tabela 1 ilustram bastante bem o sucesso da empreitada de Henry Ford, bem como permitem visualizar, sob o prisma quantitativo, a magnitude do desafio enfrentado:

TABELA 1 - FORD MODELO T: PRODUÇÃO E VENDAS - 1908-1916

Ano	Preço no Varejo (carro de passeio)	Produção Total do Modelo T	Vendas Totais do Modelo T
1908	850	n.d.	5.986
1909	950	13.840	12.292
1910	780	20.727	19.293
1911	690	53.488	40.402
1912	600	82.388	78.611
1913	550	189.088	182.809
1914	490	230.788	260.720
1915	440	394.788	355.276
1916	360	585.388	577.036

Fonte: HOUNSHELL (1991).

Uma importante ressalva histórica e teórica deve ser feita neste momento: estamos considerando que os métodos introduzidos por Henry Ford viabilizaram a produção em massa do produto automóvel, ou seja, conseguiram levar para o caso da produção desta mercadoria específica uma regra de ouro e geral da produção capitalista, qual seja, a produção em massa. Trata-se de ressalva importante porque é disseminada na literatura a noção de que Henry Ford teria sido o “inventor” da produção em massa, e que as novidades por ele introduzidas teriam tido impacto genérico sobre a atividade industrial. Esta visão generalizante do fordismo acabou por fornecer a esse conceito uma imensa força teórica, com capacidade para captar toda a História Econômica do capitalismo ocidental do início do século XX até o início dos anos 80. Não cabe nos objetivos deste artigo a crítica a essa visão, núcleo central tanto da “Teoria da Regulação”<sup>2</sup> quanto do livro de Piore e Sabel (1984). Apenas registramos que, em nossa visão, a produção em massa é característica constitutiva do modo de produção capitalista, não sendo outra a natureza revolucionária da indústria têxtil na Inglaterra, geradora da Revolução Industrial. Afinal, se não fosse para produzir um produto simples, a partir da introdução de uma tecnologia geradora de grande aumento da produtividade do trabalho e redução de custos unitários, qual a razão da superação da produção artesanal? Além da indústria têxtil, que desde o século XIX ajustou-se plenamente à produção em massa, outro segmento fundamental da indústria no século XX, a indústria de fluxo contínuo (ou semicontínuo) iniciou seu processo de ajuste antes de Ford e prosseguiu-o por caminhos inteiramente autônomos do ponto de vista produtivo (cf. STONE, 1975 para o caso de indústria siderúrgica). É tão disseminada na literatura a noção generalizante do fordismo, que a citação abaixo, extraída de artigo crítico das colocações de Piore e Sabel, é obrigatória, ainda que longa:

2 Sobre a posição central da categoria fordismo dentro da Teoria da Regulação, confira, por exemplo, LIPIETZ (1988, cap. 2).

*“Na meta-História de Piore e Sabel, a produção em massa é sempre a mesma, e o inevitável resultado, depois do triunfo da produção em massa, é uma História onde nada realmente acontece exceto em virtude de ‘crises de regulação’. Num texto anterior, Sabel admitiu a lógica de tal posição e propôs o conceito de ‘Fordismo’ como uma forma abreviada para produção em massa; ‘Usarei fordismo como um termo abreviado para os princípios organizacionais e tecnológicos característicos da moderna fábrica de larga escala de produção’. À medida que não são jamais elaborados critérios adequados de ilustração, torna-se possível enxergar fordismo em qualquer lugar da manufatura ao longo dos últimos sessenta anos. Contra isso, argumentamos que a inovação de Ford da fábrica com linha de montagem possui um campo limitado de aplicação ... As técnicas produtivas de Ford apenas apresentam uma esmagadora vantagem de custo na produção de bens duráveis complexos, inicialmente automóveis e produtos elétricos, e posteriormente no campo dos produtos eletrônicos, os quais incluem bens de consumo e de produção. Isto forneceu à produção em massa um campo substancial de aplicação: num levantamento recente sobre a indústria manufatureira britânica, 13% das plantas da amostra produziam produtos que continham mais de 1.000 componentes. Todavia, para o caso dos bens de consumo simples, como vestuário e móveis, as técnicas de produção em massa possuem uma vantagem limitada. As indústrias de processo, intensivas em capital, como siderúrgica e química, seguiram por um caminho próprio antes e depois de Ford. (grifo nosso) É portanto bastante compreensível que a maior parte das plantas nas economias avançadas não contenham linhas de montagem; o mencionado levantamento sobre a indústria manufatureira britânica mostrou que 31% das plantas da amostra utilizam linhas de montagem, e apenas metade delas acionadas mecanicamente. As inovações de Ford foram importantes, mas elas dificilmente podem se responsabilizar por toda a trajetória de desenvolvimento das economias avançadas. Mais exatamente, elas criaram aquilo que Mitsui chamou apropriadamente de indústrias de montagem (‘assembly industries’).” (WILLIAMS, CUTLER, WILLIAMS & HASLAM, 1987, p. 420-1)*



## 1.2 A Operacionalização da Produção em Massa

Para efeito da compreensão das ações empreendidas na Ford Motor Company com vistas à viabilização do objetivo da produção em massa, no nível da atividade produtiva, convém dividir o processo produtivo de uma montadora de automóveis (a mais típica das *assembly industries*) em dois momentos: a fabricação mecânica (englobando fundamentalmente a estamparia e a usinagem) e a montagem (englobando a montagem final e os diversos processos de submontagem dos sistemas mais complexos, dentre os quais se destaca o motor).

Iniciemos com os processos mecânicos de fabricação. Já mencionamos que, nesse caso, o grande desafio para Ford era o de obter, paralelamente a grande aumento na produção, a intercambiabilidade de peças, condição necessária, ainda que não suficiente, para a produção em massa. A menção a uma peça publicitária da Ford Company de 1906 permite observar como se colocava de forma desafiadora para a época a conquista da intercambiabilidade: “*Nós estamos fazendo 40.000 cilindros, 10.000 motores, 40.000 rodas, 20.000 eixos, 10.000 carrocerias, 10.000 de cada peça que vai no automóvel ... todos exatamente iguais.*” (HOUNSHELL, 1991, p. 221) Se a obtenção da intercambiabilidade, ainda um processo em andamento em 1906, era colocada como importante conquista para uma produção anual de 10.000 veículos, pode-se facilmente avaliar o que representou para uma produção de quase 600.000 dez anos depois. Compreende-se a forma obsessiva segundo a qual Henry Ford buscou a intercambiabilidade, tal como colocou posteriormente F. Woilering, um dos mais importantes executivos da Ford na área produtiva:

*“Um dos pontos fortes de Mr. Ford era a intercambiabilidade de peças... Ele não percebeu menos que qualquer outro industrial que, para se produzir grande quantidade de produto, sua intercambiabilidade deve ser refinada e notável, a fim de se realizar a montagem rápida das unidades. Não deve existir muito trabalho manual ou de ajustamento se você se dirige à realização de coisas grandes... Ford enfatizou extremamente esse ponto.”* (HOUNSHELL, 1991, p. 221)

É bastante claro que o problema da intercambiabilidade é acima de tudo um problema de padronização, ou seja, de medida, ou melhor, de precisão:

*“Para conseguir a intercambiabilidade, Ford insistiu que o mesmo sistema de medidas fosse usado para todas as peças ao longo de todo o processo de fabricação. Sua insistência na padronização das medidas por todo o processo decorreu de ter ele percebido os benefícios financeiros que resultariam nos custos de montagem. É digno de*

*nota o fato de ninguém mais na nascente indústria ter percebido essa relação de causa e efeito; portanto, ninguém mais perseguiu a padronização das medidas com o fervor quase religioso de Ford.”(WOMACK et alii, 1992, p. 15)*

O “fervor quase religioso de Ford” significou, na verdade, uma grande capacidade de aprender com a experiência anterior da própria indústria americana: *“Tendo em vista os problemas de montagem verificados na Singer Manufacturing Company, causados por peças fabricadas sem precisão, não há risco de que a insistência da Ford na conquista da precisão possa ser superestimada.”(HOUNSHELL, 1991, p. 232)*

Convém, antes de explicitarmos as ações da Ford Company com vistas à padronização, mencionar o benefício ocasionado por um progresso técnico no que diz respeito à usinagem:

*“Ford também se beneficiou dos recentes avanços nas máquinas-ferramenta, capazes de trabalhar com metais pré-endurecidos. O arqueamento que ocorria no endurecimento das peças usinadas havia impedido todas as tentativas anteriores de padronizar as peças. Uma vez resolvido o problema do arqueamento, Ford foi capaz de desenvolver projetos inovadores reduzindo o número de peças necessárias e tornando-as facilmente ajustáveis umas às outras. Por exemplo, o bloco do motor de quatro cilindros de Ford consistia em uma única e complexa peça fundida. Já seus competidores fundiam cada cilindro em separado, aparafusando-os depois para juntá-los.”(WOMACK et alii, 1992, p. 15)*

Como se pode visualizar com clareza a partir dos dados da Tabela 1, muito embora Ford tivesse explicitado consciência anterior da intercambiabilidade, sua conquista efetiva deu-se durante os primeiros anos de produção do Modelo T. Antes de mais nada, deve-se marcar a decisão crucial de Ford: a de especializar sua empresa na produção de um único modelo: *“Henry Ford simplificou seus planos em 1909, quando anunciou que a Ford Motor Company iria dali em diante produzir apenas o Modelo T.”(HOUNSHELL, 1991, p. 227)* Para os objetivos deste artigo, uma questão é fundamental: dada a magnitude do desafio a enfrentar no que diz respeito à intercambiabilidade de peças (sem falar ainda no desafio da montagem em grande escala), seria possível para Ford pensar em enfrentá-lo produzindo vários modelos ao mesmo tempo? O desafio de passar a produzir em massa um produto metal-mecânico complexo como o automóvel teve de ser enfrentado por meio da estratégia da produção dedicada, que passou a ser tratada como sinônimo da própria produção em massa.

Vejamos em seguida como as possibilidades abertas pela produção de um único modelo foram aproveitadas, moldando os processos mecânicos de fabricação a partir da persecução da intercambiabilidade. É fundamental tratar este ponto com cuidado, pois nos deparamos aqui com o conceito fundamental da *single-purpose machine* (máquina dedicada): “A determinação de Ford no sentido de produzir apenas o Modelo T proporcionou a seus engenheiros a oportunidade perfeita para a instalação de máquinas-ferramenta dedicadas.” (HOUNSHELL, 1991, p. 233) O conceito de *single-purpose machine* tornou-se crucial na literatura para a caracterização do processo produtivo típico do fordismo, e por isso deve ser tratado com cuidado. A idéia, a partir da decisão de 1909, era a de especializar todas as máquinas-ferramenta para a produção de peças e componentes padronizados, destinados exclusivamente ao Modelo T. Para tanto, transitou-se das até então exclusivas *general-purpose machines*, as conhecidas máquinas-ferramenta universais, para as *single-purpose machines*. Muito embora tanto o princípio que norteou as novidades introduzidas nas máquinas-ferramenta quanto a prática produtiva tenham se dirigido à produção dedicada em sua forma mais radical, com a produção de um único modelo por toda a Ford Company, é preciso perscrutar em que medida o princípio foi assumido/incorporado pela estrutura técnica. Para tanto, vejamos as inovações introduzidas nas máquinas-ferramenta:

*“Quando Wöllering (um dos mais importantes executivos da Ford na área produtiva) iniciou suas atividades (com o objetivo de alcançar a intercambiabilidade), colocou os mecânicos sob sua supervisão para desenhar e construir suportes fixadores, gabaritos e calibradores (‘fixtures, jigs and gauges’) para todas as peças produzidas na planta de Bellevue (dispositivos que ele chamou de ‘farmer tools’, porque com sua utilização ele assegurava que faria um ‘farm boy’ passar a trabalhar tão bem quanto um mecânico de primeira classe).”* (HOUNSHELL, 1991, p. 221)

Destaca-se na citação acima que a transformação das máquinas-ferramenta universais em *single-purpose machines* assentava-se no trabalho da ferramentaria, na qual se concebiam e produziam os *fixtures, jigs and gauges* a serem acoplados às máquinas-ferramenta, de forma a se obter a necessária “standardização”: “Todas as peças críticas do Modelo T eram fabricadas em suportes fixadores padrão, e verificadas através de calibradores padrão durante e depois da sequência de operações. Com a devida atenção da ferramentaria e do departamento de inspeção, isto mantinha a essencial precisão.” (HOUNSHELL, 1991, p. 229) Este fato está colocado de forma clara por Womack, J.P. et alii:

*“Ford reduziu drasticamente o tempo de preparação (das máquinas) através de máquinas capazes de realizar uma só tarefa de cada vez. Então seus engenheiros aperfeiçoaram instrumentos e suportes simples prendendo a peça trabalhada a essa máquina. Ao trabalhador desqualificado bastava pegar a peça e apertar um botão ou empurrar uma alavanca para a máquina executar a tarefa necessária. Isso significava que a máquina podia ser carregada ou descarregada por um empregado com cinco minutos de treinamento (De fato, carregar uma máquina de Ford equivalia exatamente a montar as peças na linha: só havia uma maneira de encaixar as peças, e era isso que o trabalhador fazia).”(WOMACK et alii, 1992, p. 23-24)*

Em relatório de 1912, a American Society of Mechanical Engineers também enfatizava o papel dos dispositivos acoplados às máquinas-ferramenta:

*“O desenvolvimento de fôrmas e gabaritos para a fabricação intercambiável tem sido notável. A expansão da manufatura de automóveis tem sido enorme e a maior parte dos dirigentes interessam-se pelo emprego exclusivo de fôrmas e gabaritos, assegurando dessa forma intercambiabilidade, produção a baixo custo e produção regular. Muitos aperfeiçoamentos têm sido feitos nos dispositivos de fixação, na padronização de buchas, manivelas, alavancas, suportes etc., excessivamente numerosos para serem mencionados de forma específica. A ferramentaria tem se desdobrado em linhas de fabricação.”(HOUNSHELL, 1991, p. 372)*

Vejamos dois exemplos úteis para ilustrar a operação de uma *single-purpose machine*:

- a) A máquina denominada “Suporte Fixador de Mudança Rápida para Furação do Carter, de 1913”, *“ilustra a forma pela qual os projetistas de máquinas-ferramenta de Ford incorporaram velocidade às operações de fabricação... O cárter era rapidamente colocado no suporte fixador, e então o conjunto todo era rolado para debaixo da prensa furadeira multi-fuso.”(HOUNSHELL, 1991, p. 230)*
- b) (Quando da transição do modelo T para o novo modelo A, em 1926),... *“a mudança mais radical realizada por Ford nas máquinas-ferramenta parece ter sido o abandono das fresadeiras de bancada plana, as quais eram vistas pela companhia, no período 1912-15, como a mais elevada conquista na tecnologia das máquinas-ferramenta; as fresadeiras eram utilizadas para a fabricação dos blocos e cabeças de cilindro, entre outras peças, e requeriam a construção de aperfeiçoados suportes fixadores, necessários à fixação de grande número de peças fundidas para as operações de fabricação. Essas fresadeiras trabalhavam à base de lotes, requerendo*

*o carregamento e o descarregamento dos suportes fixadores a intervalos distintos. Para o Modelo A, a companhia adotou quase inteiramente fresadeiras de tambor contínuo... com essas máquinas, o operador colocava as peças fundidas ao longo do lado externo de um tambor. Uma vez colocada, a peça fundida girava em torno e através das lâminas da fresa. O operador descarregava uma peça fundida de um outro suporte fixador, que havia girado até o mesmo local, e o recarregava com uma peça fundida não fabricada. A fresadeira de tambor contínuo permite operações contínuas ao invés de operações por lotes; portanto, ajustam-se melhor ao conceito de Ford de produção em fluxo. Nesse sentido, muito embora as novas fresadeiras tenham marcado um afastamento dos métodos de produção do Modelo T, constituem símbolos ainda mais autênticos dos princípios produtivos de Ford, que exigem que tudo se mova.”(HOUNSHELL, 1991, p. 288-9)*

Observa-se que, em ambos os casos, mesmo no segundo exemplo, constituído de uma máquina ainda mais avançada do que a utilizada durante toda a fase do modelo T, o elemento fundamental da operação constitui-se em “*to load and to unload the fixtures*”, atividade de trabalho amplamente destituída de conteúdo, a qual poderia ser executada à perfeição por um *farmboy*. Expliquemos um pouco melhor a máquina utilizada como primeiro exemplo: trata-se de um processo de perfuração múltipla do cárter; para realização dessa operação com rapidez e precisão foi desenvolvido um ferramental (*fixture*) no qual se encaixa o cárter à perfeição, sendo todo o conjunto empurrado por meio de uma deslizadeira para debaixo de uma prensa, na qual está adaptado um outro ferramental contendo os fusos na posição perfeitamente ajustada à perfuração. Após o deslizamento do conjunto para debaixo da prensa com fusos, esta é acionada, sendo realizada a perfuração múltipla.

Na verdade, depois de tudo o que foi desenvolvido no Japão a partir dos anos 50 em termos de técnicas **troca-rápido** de ferramentais, não temos mais o direito de continuar chamando essas máquinas de Ford de *single purpose machines*. Eram máquinas dedicadas sob o prisma da época, pois, se tantos esforços haviam de ser desenvolvidos para a conquista de elevada produtividade aliada à precisão mecânica, é inimaginável que, naquele momento histórico, alguém pudesse vislumbrar a possibilidade de alcançar esse objetivo trocando de forma rápida os ferramentais, conseguindo assim a flexibilidade produtiva, ou seja, a produção de vários modelos.

Fica claro, portanto, que, nesse caso, a **produção dedicada não decorre inexoravelmente da estrutura física das máquinas, mas sim da complexidade posta à época para o projeto e produção dos ferramentais necessários à obtenção de elevada produtividade e elevada precisão**. Em função disso, parecem-nos mais apropriado chamar essas máquinas de “*semi-special purpose machines by jigs and fixtures*”, seguindo a terminologia proposta por Susumu Watanabe. (WATANABE, 1987, p. 15) O que pretendemos realçar é o fato de que essas máquinas,

ajustadas à época de Ford para uma utilização dedicada ou rígida, eram na realidade potencialmente flexíveis, coisa somente demonstrada por Taiichi Ohno a partir dos anos 50 na fábrica Toyota.

Destaquemos agora um aspecto bastante importante em função dos seus desdobramentos posteriores, qual seja, a disposição seqüencial das máquinas-ferramenta de acordo com as operações necessárias à produção das diferentes peças. Isto representava a superação do *lay-out* até então utilizado, que implicava o agrupamento das máquinas de acordo com sua natureza, e teria sido inicialmente utilizado pela indústria de bicicletas. Seu caráter inovador para o caso da indústria automobilística fica claro nesse depoimento do jornalista Fred Colvin após visita à planta da Ford na Piquette Avenue:

*“Vejo aqui o início de uma nova idéia na construção do automóvel, com a oficina sendo organizada para uma linha de produção contínua, a primeira que tive a oportunidade de ver. Ao invés de serem organizados em função das operações, os departamentos são dispostos de forma a executar as operações seqüenciadamente, com um mínimo de manipulação.”*(HOUNSHELL, 1991, p. 370)

O *lay-out* em linha caracterizava um desdobramento lógico da especialização das máquinas-ferramenta em tarefas específicas; o *lay-out* funcional, agrupando as máquinas segundo sua natureza, só faz sentido para o caso de máquinas-ferramenta universais com utilização plena de sua flexibilidade produtiva. Quando as máquinas-ferramenta são adaptadas para funções exclusivas e de fácil operação, com elevada produtividade, o *lay-out* funcional implica um imenso **serviço de transporte** de peças ao longo da planta; a disposição seriada permite, por consequência, grande aumento na produtividade do trabalho.

Concluídos os comentários sobre os processos mecânicos de fabricação, passemos ao segundo momento fundamental da produção do automóvel: a montagem. Como colocamos anteriormente, todas as inovações introduzidas por Henry Ford nos processos mecânicos de fabricação, que objetivavam alcançar a intercambiabilidade de peças, caracterizavam condição necessária, porém não suficiente, para a transformação da produção do automóvel numa produção em massa. A intercambiabilidade caracteriza uma pré-condição indispensável à consecução de um outro imenso desafio produtivo: a atividade de montagem em massa, incluindo aí todas as submontagens mecânicas dos sistemas mais complexos e a montagem final. Para marcar a magnitude do desafio a ser enfrentado quanto a esse aspecto, lembremos a afirmação de Ford de que o automóvel à época (modelo T) compunha-se de 5.000 peças.

A solução para o caso da montagem surgiu só depois de 5 anos do lançamento do Modelo T, em 1913, e os dados da Tabela 1 permitem observar a dimensão de seu impacto em termos produtivos. Sob o ponto de vista de suas características operacionais, a linha de montagem móvel introduzida por Ford é bastante conhecida, tendo se tornado (merecidamente) a marca mais distintiva da produção fordista. Não parece necessário, portanto, preocuparmo-nos aqui com essa caracterização. Para os objetivos deste artigo, merece ênfase o aspecto conceitual da linha de montagem, preocupação de um dos autores em trabalhos anteriores:

*“... a linha de montagem fordista não se caracteriza como um desenvolvimento da maquinaria, e sim como um desenvolvimento brutal das características próprias do trabalho sob a forma manufatureira. Trata-se da forma mais desenvolvida de ‘uma máquina cujas peças são homens’, para usar a clássica definição dada por Ferguson para a manufatura ... Na medida em que se fundamenta no trabalho parcelar, e procura fixar o homem num determinado posto de trabalho, fazendo, sempre que possível, ‘uma só coisa com um só movimento’ (FORD, H., 1926, p.78), a linha de montagem implica absorção maciça de mão-de-obra não-qualificada... A linha de montagem fordista consegue destituir o trabalho de qualquer conteúdo, mantendo ao mesmo tempo a ação manual do trabalhador sobre o objeto de trabalho através das ferramentas. Dessa forma, ainda que o capital se independentize das habilidades dos trabalhadores, não os torna supérfluos, mas os exige em grande quantidade, para atuarem como ‘autômatos úteis’ no lugar dos elementos inanimados da máquina. Ao invés de serem ‘resíduos passíveis de mecanização’, as tarefas manuais de caráter extremamente simplificado constituem a base mesma do processo de trabalho.” (MORAES NETO, 1986, p. 37-38)*

Também em trabalho anterior já foi discutida a questão da natureza rígida ou flexível da linha de montagem, crucial para o raciocínio que se pretende colocar mais à frente:

*“Em trabalho recente sobre o impacto da microeletrônica na indústria brasileira lemos: ‘Mas a linha de montagem fordista é mais uma expressão da automação clássica (dedicada) do que da automação microeletrônica (flexível)’ (PELIANO et alii, 1985, p. 4) Trata-se de um grande equívoco, pois linha de montagem fordista e automação são coisas diametralmente opostas. Como a linha de montagem não tem absolutamente nada a ver com a automação clássica ou dedicada, e utiliza de forma intensiva o*



*instrumento de produção mais flexível, que é o homem, então ela não é rígida. Mais uma vez aconteceu de a linha de montagem mostrar algo que contraria sua natureza; como sua gênese e seu grande desenvolvimento estiveram vinculados à produção em massa de produtos padronizados ('standardizados'), então ficou assentado que a linha de montagem seria 'mais uma expressão da automação clássica (dedicada)'. Evidentemente, é muito mais simples abastecer uma linha de montagem para a produção em grande quantidade de um produto homogêneo. Mas isto se deve à dificuldade de ordem organizacional, e nunca a uma dificuldade de ordem técnica. Tecnicamente, a linha de montagem é uma manufatura sofisticada, fundando-se exclusivamente no trabalho manual; ora, o sistema sensorial do homem é extremamente desenvolvido, e não existe problema algum em montar num determinado momento um carro tipo X e num momento seguinte um carro tipo Y, desde que exista o abastecimento adequado para tal. Isto ficou demonstrado inequivocamente através do sistema just-in-time/Kanban, que se desenvolveu largamente no Japão. Este sistema consegue tornar flexível a produção em linha em montagem sem necessitar de qualquer mudança técnica, realizando apenas uma mudança importante na organização da produção."(MORAES NETO, 1986, p. 38)*

Reafirmamos o ponto: à medida que lastreada no trabalho humano, a linha de montagem fordista é potencialmente flexível. De maneira análoga ao raciocínio desenvolvido para a fabricação mecânica, perguntamos: poderia Henry Ford, em 1913, utilizar este potencial de flexibilidade? Poderia ele, ao implantar a linha de montagem móvel, que iria inaugurar historicamente a produção em massa de um produto complexo como o automóvel (composto de 5000 peças), pensar em montar, na mesma linha, os modelos A, B, C, N e T, por exemplo? Ao deparar-se Ford com o desafio ciclópeo de produzir de forma "massiva" um novo e complexo produto, tendo que resolver um magno problema de coordenação consubstanciado no balanceamento de todas as linhas de montagem, a escolha de um único modelo impôs-se inexoravelmente.

Façamos agora a recomposição da planta industrial que resultou das inovações introduzidas por Henry Ford. Em nível dos processos mecânicos de fabricação, o imenso desafio da obtenção de elevada produtividade e precisão mecânica foi vencido por meio das *semi-special purpose machines*, dispostas de maneira seqüencial.



Já salientamos que essas máquinas não possuíam a rigidez como um inexorável elemento incorporado em sua estrutura física. A opção pela rigidez impôs-se historicamente como forma de enfrentamento do desafio da intercambiabilidade. Taiichi Ono mostrou décadas depois a possibilidade de utilizar essas máquinas de forma flexível, a partir de inovações que serão explicitadas mais à frente. Quanto à linha de montagem, o fato de lastrear-se na utilização do trabalho humano esclarece desde logo sua flexibilidade potencial. Sua utilização de forma dedicada também se impunha historicamente, dado o tamanho do desafio de se conseguir, pela primeira vez, o balanceamento das linhas para uma grande escala produtiva de um produto novo e bastante complexo.

Para designar a escolha, historicamente necessária, de utilização de uma estrutura técnica potencialmente flexível de uma maneira rígida, utilizar-se-á o neologismo “rigidificação”, que nos parece dar conta do que se verificou nos momentos de início e de consolidação da produção em massa do automóvel.

## 2. O CAMINHO DA RIGIDEZ: A NATUREZA DO “PADRÃO AMERICANO”

O sucesso do padrão tecnológico/organizacional, aqui denominado como de “rigidificação”, que caracterizou as décadas que consolidaram o automóvel como produto de massa, criou uma visão unidirecional no sentido da produção dedicada. A utilização de máquinas *semi-special purpose* de forma sequencial, objetivando a produção em grande escala de um único modelo, adicionada à nova linha de montagem, permitiu incremento tão significativo na produtividade do trabalho e redução tão sensível nos custos que acabaram por consolidar o conceito de produção rígida ou dedicada como a forma por excelência da produção em massa. Para ilustrar o sucesso desse padrão, basta lembrar que em 1923, pico da produção do modelo T, a Ford produziu 2,1 milhões de chassis para esse modelo, um marco na história da produção em massa padronizada.

O sucesso do padrão de produção dedicado teve efeitos extremamente importantes quando, após as turbulências dos anos 30 e da primeira metade dos anos 40, o mercado apresentou movimento de forte e sustentado crescimento no pós-guerra, conforme se pode observar pelos dados da Tabela 2:

TABELA 2 - PRODUÇÃO DE AUTOMÓVEIS: AMÉRICA DO NORTE E EUROPA: 1929-1965 (EM 1000 UNIDADES)

ANO	AMÉRICA DO NORTE	EUROPA
1929	4790.7	554.0
1938	2143.4	878.6
1950	5960.0	1110.4
1955	8295.2	2486.2
1960	7000.6	5119.7
1965	10016.3	7519.4

Fonte: ALTSHULER *et alii* (1984).

Não é muito difícil imaginar o caminho tecnológico que levaria da fase da “rigidificação” para a nova fase, a do *boom* do pós-guerra.

Iniciemos o percurso com colocação de Marx acerca de uma característica genérica do sistema de maquinaria:

*“A máquina de trabalho combinada, que agora é um sistema orgânico de diversas máquinas e grupos de máquinas, é tão mais perfeita quanto mais contínuo é seu processo total, i.e., quanto menores sejam as interrupções que ocorram no trânsito da matéria-prima desde a primeira fase até a última, e, portanto, quanto menor a intervenção da mão do homem neste processo e maior a do mecanismo, desde a fase inicial até a fase final. Se na manufatura o isolamento dos processos diferenciados é um princípio ditado pela própria divisão do trabalho, na fábrica já desenvolvida impera o princípio da continuidade dos processos específicos.” (MARX, 1973)*

Vejamos como o “princípio da continuidade” manifestou-se no caso dos processos mecânicos de fabricação da indústria automobilística, ao longo do caminho da produção dedicada. O elemento fundamental que irá conduzir o processo será o aumento das escalas produtivas, como esclarece Watanabe:

*“À medida que cresce a escala de produção de qualquer produto padronizado, os custos podem ser reduzidos através de mudança na organização do trabalho, do método de produção em lotes (‘batch production method’), para o método de produção em fluxo (‘flow production method’), e através da mecanização: ‘Quando o volume de produção é muito grande e o produto padronizado, torna-se vantajoso adotar a produção em fluxo, isto é, dispor as máquinas de forma seqüenciada, de tal forma que toda uma série de operações possa ser realizada sucessivamente... O método de produção em fluxo*

*reduz os desperdícios na movimentação das peças em fabricação e aumenta o campo de possibilidades de mecanização da manipulação dos materiais... Quando a escala de produção torna-se ampla, são introduzidas máquinas dedicadas ('special-purpose machines'), destinadas a um trabalho específico... A uma escala de produção muito elevada, tais máquinas são organizadas em linhas de máquinas de transferência (transfer machines): 'A escalas muito altas de produção, vale a pena introduzir 'special-purpose machines' na linha, e mecanizar extensivamente. O desdobramento lógico disto é a máquina 'transfer' automática, a forma principal assumida pela 'automação' na indústria automobilística. Máquinas desse tipo são na verdade linhas de produção automáticas em fluxo ('automatic flow production lines'). Elas operam em um ciclo de tempo, e incorporam dispositivos para a transferência automática da peça a ser processada de uma 'estação' até a próxima, assim que as máquinas de cada estação tenham completado seu trabalho na peça. A vantagem óbvia de máquinas desse tipo é que poupam trabalho; todavia, elas trazem outras importantes vantagens (taxa mais alta de utilização de máquinas de alto preço, poupança de espaços de empilhamento de estoques em processo, redução nas trocas de peças em processamento defeituosas, melhoria na qualidade do trabalho através de um controle mais rigoroso da vida útil das ferramentas, da distribuição do trabalho e da consistência da máquina) '... O progresso tecnológico também torna possível integrar um certo número de 'estações' numa máquina única.'* (WATANABE, 1987, p. 14)

Um exemplo bastante ilustrativo de máquina *transfer* nos é oferecido por Elwood Buffa, que mostra com detalhes uma planta de máquina "projetada e construída para usinagem de carcaça de mecanismo de direção hidráulica de automóveis, medindo aproximadamente 65 m de comprimento e preparada com 124 ferramentas para realizar 140 operações em regime de produção contínua." (BUFFA, 1961, p. 282-3)

Sobre a máquina *transfer* como a forma por excelência da automação dos processos de usinagem na indústria automobilística dentro do "padrão americano", são esclarecedoras as colocações de Ângelo Dina:

*"Todo o ciclo (que pode ter a duração de algumas dezenas de segundos para as típicas usinagens automobilísticas, por exemplo) é executado de maneira automática, e ao final de cada ciclo tem-se à disposição uma peça completamente trabalhada. As únicas operações manuais (sem contar as de manutenção ordinária e extraordinária) são as*

*de alimentação das peças no começo da linha e de baixa das peças no fim. Aliás, elas também são muitas vezes automatizadas, tanto que em alguns casos (na verdade limitados a produtos de produção em grande escala, como os rolamentos) desenvolveram-se oficinas que realizam o ciclo completo de usinagem de uma peça, incluindo até a embalagem final, sem nenhuma intervenção humana direta. Convém notar que a oficina só produz um tipo de elemento. Na linguagem da eletrônica, chamaríamos essa estrutura de memória de informações. Essa memória, porém, só pode ser lida, consultada; ela não pode ser modificada, porque modificá-la significaria destruir a máquina e construir uma outra ... Ocorria, enfim, projetar e realizar linhas longas e complexas exclusivamente para uma peça, e muitas vezes nem era possível trazer posteriormente pequenas melhorias estilísticas ou técnicas à peça. Eram e são, portanto, linhas adequadas somente a um setor muito específico: o das produções em grande escala, e para serem utilizadas de maneira econômica também requerem uma estabilidade de mercado com que hoje dificilmente se pode contar.”(DINA, 1987, p. 16-17)*

Na verdade, com a introdução das máquinas *transfer*, o que se fez foi transferir para a indústria metal-mecânica tanto o princípio genérico da continuidade como as possibilidades de automação da produção postas pelo conhecimento científico-tecnológico típico da base técnica eletromecânica. Este caminho tecnológico já havia sido preparado pelo *lay-out* de máquinas em linha da fase da “rigidificação”. Adicione-se que a automação dos processos de usinagem sob a base eletromecânica, necessariamente rígida ou dedicada, foi radicalizada no caso da indústria automobilística, dadas as dimensões da escala produtiva alcançada no pós-guerra. Sob o aspecto conceitual, a natureza da automação rígida consubstanciada nas máquinas *transfer* é colocada de forma particularmente feliz por Angelo Dina:

*... “Sobre uma determinada peça (convém lembrar que essa automação foi desenvolvida sobretudo para os trabalhos mecânicos) trabalha uma máquina simples, desenhada e construída para fazer somente aquela peça, reduzida, portanto, a uma unidade operadora simplificada ao máximo. Ela contém, então, congeladas em sua estrutura física, digamos assim, as informações geométricas e tecnológicas.”(grifo nosso)(DINA, 1987, p. 14)*

O que se observa agora é que o princípio da rigidez foi incorporado pela estrutura técnica, passando a produção dedicada a constituir-se num atributo da estrutura física das máquinas. Em conseqüência, a produção rígida ou dedicada deixa de ser uma necessidade posta pelo estágio de conhecimento

técnico-organizacional, passando a constituir-se numa inexorabilidade técnica. Em outras palavras, a partir da introdução da automação pela via das máquinas *transfer*, tornou-se fisicamente impossível uma utilização diferenciada do sistema técnico, em busca da flexibilidade produtiva. Transitou-se assim da fase da “rigidificação”, que caracterizou a indústria automobilística americana nas fases de implantação e consolidação da produção em massa, para a fase da rigidez característica da mesma indústria no período de pós-guerra. É verdade que a “rigidificação” continuou para o caso das linhas de montagem, que não sofreram qualquer alteração técnica; todavia, a potencial flexibilidade das linhas de montagem foi amplamente negada pela natureza rígida do sistema de produção das peças que as abasteciam.

A generalização da tendência à rigidez resultou no que ficou conhecido como “o dilema da produtividade”: crescentes níveis de automação - com ampla utilização de maquinaria dedicada - pressupunham intensa padronização dos modelos que, ademais, deveriam permanecer no mercado o maior tempo possível, comportando no máximo mudanças “cosméticas” a cada ano. (TAVARES *et alii*, 1990)

Abernathy tratou dessa questão em seu estudo sobre as plantas produtoras de motores de automóveis, demonstrando que não era possível, nas plantas altamente automatizadas do final dos anos 60, modificar mesmo levemente as dimensões básicas dos motores sem incorrer em gastos - de centenas de milhões de dólares - com novo ferramental. (ABERNATHY, 1978) Da mesma forma, o alto custo das mudanças de *design* - um ciclo de desenvolvimento de produto levava em geral cinco anos ou mais na indústria americana - também operava no sentido da manutenção, pelo maior tempo possível, dos *designs* básicos.

### 3. O “OVO DE COLOMBO” JAPONÊS: A PRODUÇÃO FLEXÍVEL EM MASSA

#### 3.1 A Gênese da Flexibilidade: a Necessidade de Produzir uma Variedade de Modelos para um Mercado Doméstico Pequeno e Fragmentado<sup>3</sup>

Os obstáculos não foram poucos quando os fabricantes japoneses de autoveículos resolveram, no imediato pós-guerra, dedicar-se mais ao mercado civil de caminhões e à ampliação da produção de automóveis. As montadoras japonesas contavam,

---

3 Os subitens 3.1 e 3.2, a seguir, foram em grande medida baseados em trabalho anterior de um dos autores. (CARVALHO, 1993, cap. 5)

então, apenas com alguma experiência adquirida na fabricação de caminhões para uso militar e, em menor medida, na produção de umas poucas centenas de automóveis.<sup>4</sup>

Além da escassa experiência, as montadoras japonesas depararam-se, ainda, com as restrições colocadas por um mercado doméstico caracterizado por ser:

**A. Modesto:** a produção total da indústria automobilística japonesa só ultrapassou a cifra de 200 mil unidades por ano em 1959.

**B. Fragmentado:** as montadoras defrontavam-se com uma demanda por vários tipos de veículos<sup>5</sup> - carros luxuosos para os empresários e os altos burocratas, caminhões grandes para o transporte de mercadorias, caminhões menores para os pequenos fazendeiros e automóveis pequenos e econômicos, adequados às restrições espaciais das cidades e aos preços elevados dos combustíveis no Japão. (DERTOUZOS *et alii* 1989 e WOMACK *et alii*, 1992, cap. 3)

**C. Disputado por vários competidores:** em meados dos anos 60, por exemplo, seis montadoras - Toyota, Nissan, Isuzu, Mitsubshi, Price e Mazda - competiam no segmento de automóveis com motores entre 1.0 mil e 2.0 mil c.c. Outras quatro montadoras - Daihatsu, Fuji Heavy Industries, Suzuki e Honda -, além da Mazda e da Mitsubshi, disputavam o segmento de automóveis leves, abaixo de 1.0 mil c.c. Desde então, do ponto de vista do número de concorrentes, a configuração da indústria japonesa de automóveis mudou pouco - houve apenas a absorção da Price pela Nissan -, sendo o mercado disputado atualmente por nove montadoras.

Em razão dessas características, revelaram-se inadequadas às condições do mercado japonês duas das principais estratégias produtivas desenvolvidas pelas montadoras americanas: a) a produção padronizada e em grande escala, baseada no uso generalizado de equipamentos dedicados; e b) a integração vertical. (DERTOUZOS *et alii*, 1989)

Além disso, as práticas de dispensa temporária e recontração, tão comuns nos EUA, foram severamente restringidas no Japão, num contexto de fortalecimento sindical ocorrido a partir da introdução das novas leis trabalhistas no período de ocupação americana. Para se contrapor ao crescimento do movimento sindical de

---

4 Para se ter uma idéia, após treze anos de esforços, a Toyota produziu durante 1950 um total de 2.6 mil automóveis, enquanto que em um único dia a Ford produzia 7.0 mil unidades na sua planta *Ruge* em Detroit. (WOMACK *et alii*, 1992, cap. 3)

5 Não se deve esquecer que até meados dos anos 60 as montadoras japonesas produziam mais caminhões do que automóveis. (CUSUMANO, 1985, Introdução)

esquerda, as montadoras ofereceram, mediante sindicalização por empresa, a estabilidade de emprego, a eliminação da distinção entre os *blue* e os *white-collar workers* e uma remuneração adicional vinculada aos lucros anuais. (WOMACK *et alii*, 1992)

Não obstante essas dificuldades iniciais, vem ganhando força, entre os analistas da indústria automobilística, a interpretação que destaca justamente a maneira criativa e inovadora com que as montadoras do Japão enfrentaram (sob a liderança da Toyota) as suas especificidades e limitações iniciais, transformando-as em fatores de seu êxito recente. Em síntese, do ponto de vista das tecnologias de processo então disponíveis, o dilema básico da indústria automobilística japonesa era a incompatibilidade entre a produção padronizada em larga escala e os requerimentos de um mercado fragmentado e relativamente pequeno. Diante da rigidez das tecnologias de processo, a diferenciação de produtos provocaria, ao ampliar o grau da complexidade produtiva, uma elevação de custos. Isso porque seriam custos adicionais tanto o tempo gasto para se deslocar o processo fabril de uma tarefa para outra (*o changeover time*) quanto a necessidade de estocar e manejar uma variedade maior de partes, peças e componentes associados a uma produção diferenciada. (TYSON & ZYSMAN, 1989)

Diante desse impasse, a Toyota e as demais montadoras japonesas resolveram enfrentar o desafio de adaptar as tecnologias de processo à necessidade de produzir uma diversidade de modelos em pequenos lotes. “(...) *Conscientemente, as economias de escala foram sacrificadas pelas economias de flexibilidade. Como é sabido, os japoneses não elevaram seus custos para ganhar flexibilidade; eles simplesmente começaram a reduzir custos de uma maneira diferente dos produtores americanos.*” (TYSON & ZYSMAN, 1989, p. 89)

Não foi por acaso, portanto, que as montadoras concentraram seus esforços iniciais na redução dos *changeover times* e dos estoques de partes e peças necessários à manutenção dos fluxos das linhas de montagem. Taiichi Ohno e os seus colegas das outras montadoras japonesas logo perceberam que a produção eficiente em séries pequenas pressupunha maior flexibilidade produtiva e menores gastos com estoque.

### 3.2. A Conquista da Flexibilidade Produtiva

#### 3.2.1. A Redução dos *Changeover Times*: os Primeiros Passos Rumo à Flexibilidade Produtiva

Um dos mais complexos aspectos organizacionais da produção de automóveis diz respeito à utilização de moldes para dar forma às folhas de metal plano que, depois de estampadas, são usadas nas várias partes da carroceria dos veículos. Originalmente essa operação envolvia o emprego de uma série de prensas

hidráulicas de até 5.0 mil toneladas. Modificações nas carrocerias dos modelos exigiam, assim, alterações, em geral bastante demoradas, nessas pesadas prensas. Por essa razão, nas montadoras ocidentais, os moldes eram tradicionalmente “dedicados” à confecção de uma única peça por meses a fio. Quando, porém, modificações se impunham, o processo produtivo tinha de ser interrompido e os trabalhadores especializados tratavam de ajustar os moldes às novas especificações. Situação semelhante verificava-se também na fundição e na forjaria das partes dos motores.

Empenhados em agilizar os *changeover times*, a Toyota e as outras montadoras japonesas conseguiram, em pouco tempo, resultados surpreendentes: reduziu-se para alguns minutos processos de mudanças que anteriormente chegavam a se estender por 8 ou até mesmo 24 horas. (WOMACK *et alii*, 1992)

Segundo Cusumano, em meados dos anos 50 a Toyota necessitava de 2 a 3 horas para efetuar as mudanças dos moldes da estamparia (tempo que ainda era gasto por várias produtoras ocidentais no início dos anos 80); em 1962, o tempo necessário havia sido reduzido para 15 minutos e em 1977 para apenas 3 minutos.<sup>6</sup>

A Nissan obteve também resultados semelhantes, reduzindo o *changeover time* na estamparia para cerca de 30 minutos em 1960 e para 10 minutos no início dos anos 80. Em comparação, em 1977, as plantas típicas (modais) dedicadas à estamparia de capôs e paralamas nos EUA, Suécia e Alemanha Ocidental gastavam, em média, entre 4 e 6 horas para efetuar o *changeover*. Em consequência, para essas plantas ocidentais o lote eficiente de produção variava entre 10 e 30 dias de operação, enquanto para a Toyota o lote eficiente correspondia a apenas um dia de produção.<sup>7</sup>

Essa drástica redução foi lograda mediante a introdução de inovações no *design* dos equipamentos e de alterações no *lay-out* das plantas. “As máquinas foram dispostas de tal modo que os trabalhadores podiam se mover entre elas. Na medida em que muitas das máquinas ou uma variedade de ferramentas para uma mesma máquina seriam utilizadas em várias estações de trabalho (*work stations*), as máquinas-ferramenta foram feitas mais leves e mais baratas.” (TYSON & ZYSMAN, 1981, p. 89)

---

6 Cf. CUSUMANO (1985, cap. 5). Womack *et alii* apresenta dados para a Toyota ainda mais expressivos: “Ao final dos anos 50, ele (Ohno, engenheiro-chefe da Toyota) tinha reduzido o tempo requerido para mudança dos moldes de um dia para estonteantes 3 minutos e eliminando a necessidade de especialistas para executar a tarefa.” (WOMACK, 1992, p. 53)

7 Quanto maior o tempo necessário para reajustar o equipamento para diferentes tarefas e, portanto, quanto maior a interrupção do processo produtivo, maior será o tamanho do lote eficiente de produção. (CUSUMANO, 1985, cap. 5)



Na mesma linha de raciocínio, para um outro autor:

*“(...) os changeover times foram reduzidos pelos investimentos em ferramentas extras e em equipamentos relacionados (...). Componentes extras de máquinas foram adquiridos para que as ferramentas pudessem ser deixadas preparadas para fazer partes específicas. Suportes fixadores foram fabricados para que as ferramentas pudessem ser colocadas ou removidas das máquinas rapidamente.” (ABEGGLEN & STALK, 1985, apud COHEN & ZYSMAN, 1987, p. 145)*

Além disso, como essas novas técnicas de reajuste dos equipamentos para as várias tarefas não eram complexas, foi possível encarregar de sua execução os próprios trabalhadores do chão-da-fábrica, eliminando-se, assim, a necessidade de operários especializados. (WOMACK, 1992, cap. 3)

O resultado de todo esse processo foi mais surpreendente do que se poderia imaginar. Descobriu-se que realmente custa menos por unidade estampar em pequenos lotes.<sup>8</sup> Isso porque, operando-se a baixo volume, elimina-se o custo de estocagem das grandes quantidades de partes acabadas que o sistema usual de produção em massa exige. Além disso, fazendo-se umas poucas partes que são logo montadas nos veículos, torna-se praticamente imediato o aparecimento de eventuais defeitos.

Segundo Womack, as conseqüências dessa última descoberta foram significativas. Em primeiro lugar, ela tornou os trabalhadores da estamparia muito mais interessados na qualidade. Em segundo lugar, ela permitiu eliminar o desperdício decorrente de um grande número de partes defeituosas, que só seriam descobertas muito depois de produzidas e que teriam então de ser reparadas a custos elevados ou até mesmo descartadas. (WOMACK *et alii*, 1992, cap.3)

### 3.2.2 A Diminuição dos Estoques

Nas montadoras ocidentais a competitividade *“estava baseada em economias de escala, [e como] os custos de testagem eram muito elevados, a saída lógica era (...) a existência de estoques estratégicos”* (TAVARES *et alii*, 1990, p. 165) para garantir a regularidade do fluxo produtivo, isto é, para fazer face aos eventuais atrasos ou interrupções

---

8 Desde que não se incorra em custos extras e não se crie tempo morto. (CUSUMANO, *op cit*, 1985, cap. 5)

dos fornecedores, à ocorrência de defeitos e aos ocasionais desajustes entre as várias seções especializadas, e relativamente independentes, envolvidas na montagem final dos automóveis.

Ao mesmo tempo em que davam os primeiros passos em direção à flexibilização da produção, reduzindo os *changeover times* e as dimensões dos lotes de produção eficiente, as montadoras japonesas, em especial a Toyota, empenhavam-se também em diminuir os custos de produção, por meio tanto da redução dos estoques quanto da identificação e eliminação de toda uma variedade de formas de desperdício (de tempo, de maquinaria, de produtos defeituosos etc.), que, por sua vez, encontravam-se mascaradas pela presença de amplos estoques de partes, peças e componentes.

Com a produção em lotes cada vez menores e o estabelecimento de acordos com os fornecedores para garantir entregas frequentes e pontuais, foi possível às montadoras japonesas iniciar a redução dos níveis de estoque. De outra parte, uma sistemática e diligente atuação sobre as causas que motivavam a manutenção dos estoques - atrasos, interrupções e defeitos internos ou no nível dos fornecedores - permitiu reduções suplementares. Estas últimas, ao pressionarem novamente o sistema de produção, revelavam outros defeitos e gargalos, que uma vez identificados e superados viabilizavam ulteriores rebaixamentos dos níveis de estoque.

O resultado desse processo interativo foi uma expressiva redução do capital de giro e do estoque de produtos acabados, conforme é mostrado na Tabela 3.

**TABELA 3 - TENDÊNCIAS DO GIRO DE ESTOQUE\* DAS MONTADORAS AMERICANAS E DA TOYOTA, 1973-1984\*\***

MONTADORAS	ANOS					
	1973	1978	1980	1983	1984	1985
Ford	5.3	6.5	9.6	12.2	14.2	16.6
Chrysler	5.6	6.5	9.6	12.6	14.7	19.0
General Motors	5.4	6.7	10.1	11.0	10.3	11.9
American Motores	7.2	6.4	5.8	12.0	15.3	15.5
Toyota				88.6	90.0	

Notas: \* Giro de estoque é o número de vezes que o nível médio de estoques pode ser dividido pelo total anual de vendas.

\*\* Até 1980, os dados incluem automóveis acabados; após 1980, os dados se referem a produtos em processamento, matérias-primas e suprimentos.

Fonte: HOFFMAN & KAPLINSKY (1987).

### 3.2.3 A Conquista da Flexibilidade: em Direção a um Novo Sistema de Produção

Como procuramos mostrar, a necessidade de produzir, a baixo volume, um grande número de modelos levou as montadoras japonesas a adotarem uma atitude mais flexível e criativa em relação à produção de autoveículos.

Nesse contexto, o recurso intenso à engenharia reversa - enfatizando as tecnologias de processos e apoiada em um amplo esforço interno de P & D por parte das montadoras - e o dinamismo de um mercado interno intensamente competitivo e virtualmente fechado criaram as condições para o estabelecimento de um ambiente de grande emulação. A rápida expansão da demanda foi acompanhada por estratégias agressivas de *market share* (buscando explorar os retornos crescentes), pela contínua introdução de novas tecnologias e pelo desenvolvimento de novas concepções administrativas e organizacionais.

Esse processo culminou com a consolidação de um inovador sistema de produção, que tem sido caracterizado como muito mais do que uma melhor forma de controlar os estoques e o suprimento de componentes. O *just-in-time* é sobretudo o mais descentralizado e flexível sistema de produção e, por isso, possibilita tanto uma maior integração horizontal entre o *design*, o desenvolvimento e a produção, quanto uma resposta mais rápida às mudanças. (FREEMAN, 1989)

Não é nossa intenção aqui tratar deste pilar do ohnoísmo, o sistema *just-in-time*, em todas as suas determinações. Interessa-nos, fundamentalmente, marcar sua especificidade enquanto forma de organização da produção no interior da planta (*just-in-time* interno).

Ainda que possua desdobramentos inexoráveis e interdependentes, considerando sua implantação eficiente, nas esferas do carregamento de estoques e da gestão da qualidade, pode-se considerar o JIT como o conceito que concretiza o princípio da produção flexível em massa, ou seja, que viabiliza o ajuste da composição da oferta à composição da procura. Para a realização desse ajuste, torna-se necessário “*produzir as unidades necessárias nas quantidades necessárias no tempo necessário*” (OHNO, *apud* WOOD, 1993), conceito fundamental do JIT, tão simples enquanto tal, tão complexo enquanto prática.

Os impactos do conceito de produzir *just-in-time* sobre a forma de organização do processo produtivo são esclarecidos de maneira feliz por Benjamim Coriat:

*“O princípio aplicado por Ohno foi o seguinte: o trabalhador do posto de trabalho posterior (aqui tomado como ‘cliente’) se abastece, sempre que necessário, de peças (os produtos comprados) no posto de trabalho*

*anterior (a seção). Assim sendo, o lançamento da fabricação no posto anterior só se faz para realimentar a loja (a seção) em peças (produtos) vendidas. Assim surgiu o princípio do Kan-Ban, que constitui, em matéria de gestão de produção, a maior inovação organizacional da segunda metade do século. Em relação à lógica fordista, há uma inversão das regras tradicionais: o processo de fabricação, em lugar de ser feito em cadeia, de montante a jusante da cadeia de produção, é feito de jusante a montante. O ponto de partida é o das encomendas já endereçadas à fábrica e dos produtos já vendidos.*

*(...) a chave do método consiste em estabelecer paralelamente ao desenrolar dos fluxos reais da produção (que vão dos postos anteriores aos postos posteriores), um fluxo de informação invertido que vai de jusante a montante da cadeia produtiva, e onde cada posto posterior emite uma instrução destinada ao posto que lhe é imediatamente anterior. Esta instrução consiste na encomenda do número e da especificação exata das peças necessárias ... A inovação, como se vê, é puramente organizacional e conceitual; nada de 'tecnológico' aqui intervém.”(CORIAT, 1994, p. 56-57)*

A redução dos estoques e dos *changeover times* foram, portanto, os estágios iniciais “de um conjunto interconectado de passos, cada um exercendo pressão para adotar os outros.”(TYSON & ZYSMAN, 1989, p. 89) Vencidas essas barreiras, tornou-se viável a produção eficiente em pequenas séries - que, por sua vez, permitiu a ampliação do número de modelos fabricados e a conseqüente redução dos níveis de ociosidade -, uma vez que as máquinas podiam ser imediatamente reajustadas para produzir alguma outra peça ou componente. Para que os equipamentos não parassem, tornou-se imperioso agilizar o fluxo de materiais e elevar o seu nível de precisão: os componentes adequados deveriam estar nos lugares determinados nos momentos certos; ou seja, “linhas de produção que permitiam um fluxo mais simples das partes de uma etapa para a próxima, sem a necessidade de estoques intermediários, foram criadas.”(COHEN & ZYSMAN, 1987, p. 147) À medida que “a produção limitada [em pequenos lotes] com rápido reajuste (*turnarounds*) é aplicada a todo o sistema de manufatura, então as máquinas de uma etapa produzem as peças requeridas pela etapa seguinte da linha. Montagem e fabricação foram acopladas. Isso permitiu que a totalidade do processo de produção - os mecanismos pelos quais os fluxos através da fábrica são regulados e nos quais os planos de produção são estabelecidos - fosse controlada de um modo diferente daquele das fábricas ocidentais.”(COHEN & ZYSMAN, 1987, p. 147)

Esse sistema produtivo induz também à execução de uma política de **defeito zero**, em que os trabalhadores da própria linha de montagem atuam na prevenção de defeitos, com habilidade e responsabilidade para reparar equipamentos, diagnosticar problemas e resolver dificuldades imediatas. Mesmo porque, com estoques reduzidos, os eventuais gargalos e/ou problemas têm de ser imediatamente descobertos e eliminados para garantir a regularidade do fluxo de produção.

Aprimorar continuamente a qualidade de processos e produtos por meio da atuação direta no processo de produção, em lugar de esperar pela posterior intervenção dos controladores de qualidade e dos engenheiros industriais (que passam a funcionar como consultores) tem se revelado um método de superior rendimento com menor porcentagem de partes defeituosas, derrubando a noção convencional de que “*qualidade custa mais*”. (JONES, 1985 e CUSUMANO, 1985) Da mesma forma, o desenvolvimento de uma concepção de *design* voltada para a simplicidade e qualidade tem permitido às montadoras japonesas melhorar a manufaturabilidade e a qualidade dos produtos e processos.

### *3.3 Produção em Massa: Precondição para a Produção Flexível em Massa*

Se, por um lado, a produção rígida inviabilizou tecnicamente a obtenção da produção flexível em massa, por outro, esta só pôde existir historicamente a partir da ampla experiência da produção “rigidificada”. Explicando melhor: a produção flexível em massa inaugurada por Ohno constitui-se, obviamente, na negação do caminho da rigidez adotado pela indústria americana. A História recente mostra dois padrões antagônicos de produção: a produção em massa dedicada típica da indústria automobilística americana que passou a ser conhecida como fordista, e a produção em massa flexível típica da indústria automobilística japonesa. Todavia, o que não nos é esclarecido pela literatura especializada, que se preocupa exclusivamente com a contraposição dos dois padrões, é que a forma ohnoísta caracteriza-se como um desenvolvimento possível da fase do fordismo que denominamos aqui de “rigidificação”, e a tem como precondição necessária. Lembremos que, quando da conceituação da “rigidificação”, preocupamo-nos em enfatizar o caráter potencialmente flexível da estrutura técnica, potencial impossível de ser usufruído à época pelo gigantismo do desafio de produzir em massa um produto tão complexo como o automóvel. O “Ovo de Colombo” japonês caracteriza-se, portanto, como a efetivação de uma flexibilidade potencial.

Procuraremos em seguida esclarecer a afirmação de que a produção “rigidificada” constitui um pré-requisito indispensável à produção flexível em massa. Vale lembrar, antes de mais nada, que Taiichi Ohno sempre colocou-se como tributário de Taylor e Ford:

*“(Ohno) ... insiste fortemente no fato de que todo o seu ensinamento permanece fortemente apoiado e construído sobre os protocolos taylorizados de medidas dos tempos e movimentos. E deixaríamos seriamente de compreender o ohnismo, se não observássemos que o estabelecimento dos padrões de operação (a partir dos gestos e dos tempos elementares) tem no ohnismo o mesmo lugar fundador que possui no taylorismo.”*(CORIAT, 1993, p. 86-87)

*“Ohno era admirador do fordismo (por sua capacidade de produzir em fluxo) mas o criticava pelo volume excessivo de estoques que criava e pela incapacidade de produzir uma diversidade de modelos. Acreditava que seria possível combinar a estratégia da GM pós-Sloan de produzir uma diversidade de modelos,<sup>9</sup> adotando o esquema de fluxo do fordismo original, só que sem estoques em processo.”*(FERRO, 1990, p. 58)

*“... (com relação a Ford) é também sobre as continuidades que Ohno preferiu insistir. Estas são então apontadas entre os princípios, comuns aos dois sistemas (Toyota e Ford), de pesquisa sistemática na economia de material e de redução dos desperdícios de diversos tipos. Esta vontade de reduzir os desperdícios é apresentada como estando concentrada na tensão permanente para realizar e concretizar, na maior amplitude possível, o princípio da ‘produção fluente’... (Ohno atribui a si o fato de que) prolongou e desenvolveu o princípio da ‘produção fluente’ em outros lugares além do departamento de montagem final, onde este finalmente ficou confinado dentro das fábricas fordistas.”*(CORIAT, 1993, p. 86-87)

Fica evidente a importância, para Ohno, da manutenção da linha de montagem concebida por Henry Ford, *locus* eficiente na implantação do conceito fundamental de “produção fluente”. O que Ohno se propôs a realizar foi a efetivação da

---

9 Ferro refere-se à atitude da GM de, em resposta à estratégia da Ford de padronização estrita, introduzir a diferenciação restrita (cosmética) dos modelos, estratégia que combinava uma relativa variedade na aparência com a produção padronizada, em larga escala, da maior parte dos componentes mecânicos (como motores, transmissões, etc.) e, até mesmo, de certas partes visíveis dos automóveis. (WOMACK, 1989 e DERTOUZOS *et alii*, 1989) Exitosa, essa nova estratégia de mercado contribuiu decisivamente para seu rápido crescimento: já em 1923, a produção da GM atingiu 2.1 milhões de unidades. Aperfeiçoada nos anos seguintes (1930-1940), a diferenciação restrita evoluiu para os *standard-size*, modelos padronizados oferecidos em várias versões (com diferentes combinações mecânicas, tipos de carroceria e de acabamento), comportando alterações anuais nas características exteriores, mas compatíveis com a produção em larga escala, e por vários anos, dos principais componentes mecânicos e de boa parte da carroceria. (ALTSHULER *et alii*, 1984)

flexibilidade posta desde sempre em potência pela linha de montagem fordista. Teve, para tanto, que dar conta de uma tarefa grandiosa do ponto de vista organizacional, qual seja, o abastecimento das linhas de forma flexível. Do ponto de vista da operação de uma dada linha de montagem voltada à produção em grande escala, a possibilidade de realização da montagem de vários modelos de um produto tão complexo como o automóvel só foi possível historicamente em função da experiência já existente, desenvolvida para a montagem “standardizada”, de balanceamento de linhas e de estabelecimento de padrões de operação a partir dos (gestos) e dos tempos elementares. A montagem flexível em massa de Ohno não poderia, obviamente, surgir como um desdobramento da montagem pré-fordista, do “automóvel como se fosse uma casa”, para lembrar as palavras de Henry Ford.

Passemos agora para os processos mecânicos de fabricação. Poderia a forma flexível de Ohno lastrear-se nas máquinas flexíveis por excelência, as máquinas-ferramenta universais? A resposta veio do próprio Ohno, em sua luta no sentido da “desespecialização” dos operadores de máquinas-ferramenta:

*“Sejamos bastante claros. Este movimento de desespecialização dos operários profissionais e qualificados, para transformá-los em trabalhadores multifuncionais, é de fato um movimento de racionalização do trabalho no sentido clássico do termo. Trata-se aqui, também - como na via taylorista norte-americana -, de atacar o saber complexo do exercício dos operários qualificados, a fim de atingir o objetivo de diminuir os seus poderes sobre a produção, e de aumentar a intensidade do trabalho. E os operários qualificados viveram efetivamente este movimento de desespecialização como sendo um ataque ao seu exercício profissional e ao poder de negociação que este mesmo exercício autorizava. Através de diversos meios, entre os quais, é claro, a greve, eles se opuseram a este movimento.”*(CORIAT, 1994, p. 53)

A flexibilidade produtiva a ser obtida nos processos de fabricação mecânica nada tinha a ver, portanto, com a flexibilidade característica das máquinas-ferramenta universais (*general-purpose machines*), lastreada no *skill* do operador qualificado. Este tipo de flexibilidade não se ajusta à produção em massa. Tratava-se, isto sim, de obter produção flexível em massa, o que implicava a busca de elevada produtividade:

*“... a via específica aberta por Ohno consiste no fato de que ... a produtividade será buscada e obtida pela mobilização dos recursos da própria flexibilidade. Permitindo (pela aplicação do impulso do método de just-in-time) a adaptação quase instantânea*

*a demandas variadas e diferenciadas, bem como o ajuste rápido dos efetivos às variações da quantidade, a flexibilidade, em vez de 'se opor' à produtividade, é, ao contrário, pensada e construída como alavanca e fator determinante chave da produtividade." (CORIAT, 1993, p. 84)*

A elevadíssima produtividade, exigência da produção em massa, não podia lastrear-se nas máquinas-ferramenta universais com utilização de seu imenso potencial de flexibilidade, posto que as mesmas caracterizam-se pela baixa produtividade. Tampouco podia lastrear-se nas máquinas-ferramenta dotadas de elevado nível de automação dedicada, como ilustrado pelas máquinas *transfer*, pois que estas negam peremptoriamente a flexibilidade produtiva buscada por Ohno. A aliança entre flexibilidade produtiva e elevada produtividade só pode ser obtida, dentro dos limites postos pela base técnica eletromecânica, a partir da utilização das *semi-special purpose machines*, típicas da etapa fordista da "rigidificação". Como colocamos anteriormente, essas máquinas, viabilizadoras de elevado nível de produtividade, eram utilizadas de forma dedicada por Ford, *"mas isto não decorria inexoravelmente de sua estrutura física, mas sim da complexidade posta à época para o projeto e produção dos ferramentais necessários à obtenção de elevada produtividade e elevada precisão."* Tais máquinas, ajustadas à época de Ford para uma utilização rígida, eram, na realidade, potencialmente flexíveis, como tratou de demonstrar Taiichi Ohno. A forma encontrada para tornar efetiva a flexibilidade potencial partiu de uma intervenção nos elementos que se responsabilizaram pela "rigidificação" à época de Ford, quais sejam, os ferramentais acoplados às máquinas. Vimos que, para a obtenção de alta produtividade aliada à precisão mecânica, foram projetados e produzidos os ferramentais ajustados à produção de um único modelo. A chave para a utilização dessas máquinas para a produção de vários modelos foi o desenvolvimento das técnicas chamadas de **troca rápida de ferramentais**:

*"O método dito de 'troca rápida de ferramentas' tornou-se agora um clássico, exposto em detalhe nos manuais de gestão de produção. Nos contentaremos aqui, pois, com alguns esclarecimentos relativos ao contexto e ao espírito que presidiram a sua elaboração. É necessário, primeiramente, compreender com clareza que o próprio princípio da troca rápida de ferramentas fez-se uma exigência absoluta a partir do momento em que (como se propunha Ohno) o desafio era o de produzir acompanhando todos os caprichos da demanda, produzindo just in time não apenas as quantidades mas também as qualidades demandadas. Sob tais condicionantes não era absolutamente possível imobilizar oficinas durante várias horas (ou até vários dias) para trocar as matrizes das ferramentas e*



*produzir uma a uma as qualidades demandadas. Foi, pois, para conjugar a aposta essencial de flexibilidade com os imperativos de produtividade que os criadores japoneses se orientaram em direção a novas padronizações de ferramentas (estas concebidas como conjuntos moduláveis e logo facilmente transformáveis).”(CORIAT, 1994, p. 73-74)*

De forma análoga ao que colocamos para o caso das linhas de montagem, as técnicas **troca-rápida de ferramentas** não poderiam se seguir ao uso das máquinas-ferramenta universais da fase pré-fordista. A experiência bastante longa de utilização das *semi-special purpose machines*, típicas da fase fordista da “rigidificação”, foi absolutamente necessária, à medida que permitiu superar as dificuldades técnicas e organizacionais postas à época de Ford. Só uma grande experiência em projeto e construção de ferramentais para uma produção em massa, com elevadas produtividade e precisão, poderia viabilizar historicamente o enfrentamento do desafio da produção flexível em massa sob a base técnica eletromecânica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procuramos ao longo deste texto superar a maneira segundo a qual são apresentadas as formas fordista e ohnoísta (ou toyotista) de produção de automóveis (e, por extensão, de quaisquer produtos da *assembly industry*). Essas duas formas são geralmente colocadas em oposição, a primeira caracterizando a produção em massa, e a segunda a produção **enxuta**. A produção em massa caracterizar-se-ia pela padronização, pela produção de grandes lotes de um produto “standardizado”, na esteira do que foi desenvolvido por Henry Ford no início do século. Do ponto de vista tecnológico, essa forma assentar-se-ia na linha de montagem fordista e na utilização de *special-purpose machines*. A forma ohnoísta diferenciar-se-ia pela busca da flexibilidade produtiva, procurando ajustar a estrutura de oferta às vicissitudes da estrutura da demanda. Para tanto, lançaria mão de importantes inovações organizacionais, e, do ponto de vista técnico, teria que superar a rigidez caracterizadora da produção em massa.

É bem verdade que esta oposição simplista, típica do conhecido e aqui várias vezes citado livro de James Womack *et alii*, foi em grande medida superada pela contribuição de autores que vêem no ohnoísmo aspectos que não permitem enxergá-lo como uma superação do fordismo, mas sim como uma operacionalização diferente dos mesmos princípios, dentre os quais destaca-se Stephen Wood:

*“O que o just-in-time inverte não são os princípios fundamentais da produção em massa, mas os meios convencionais de operacionalizá-los... O modelo de administração japonesa (just-in-time e círculos de qualidade), na medida em que envolve os operários na engenharia industrial, inverte certas dimensões do taylorismo (com sua ênfase numa clara e absoluta responsabilidade gerencial pela concepção). No entanto, neste modelo japonês, continua-se a projetar atividades com ciclos curtos, tarefas fragmentadas e um trabalho que tem concepções de tarefa estandardizada.”*(WOOD, 1993, p.55)

Não é objetivo deste artigo aprofundar todos os aspectos do debate sobre superação ou não do fordismo pelo toyotismo (ou ohnoísmo), no qual se envolvem, por exemplo, Stephen Wood e Benjamin Coriat. Pode, todavia, fornecer elementos para essa discussão. Isto porque **procurou-se retirar do conceito de produção em massa fordista a unicidade que sempre lhe é atribuída. Procurou-se argumentar no sentido de que a História da produção em massa convencional ou fordista comporta duas etapas: a etapa da “rigidificação” produtiva e a etapa da rigidez produtiva. A primeira, que se estende dos primeiros passos da produção em massa (modelo T de Henry Ford) até o início dos anos 40, caracteriza-se pela utilização dedicada de uma estrutura técnica potencialmente flexível. A segunda, que caracteriza a fase histórica posterior à 2ª Guerra, implica a incorporação do princípio da produção rígida ao sistema de máquinas, tornando a rigidez um imperativo tecnológico. Para a indústria ocidental e para as que sobre ela refletiam, o caminho da “rigidificação” para a rigidez era tão direto, tão inexorável, que a distinção entre as etapas sequer era percebida. Para a indústria, tratava-se do único desenvolvimento possível para a produção em massa competitiva de um produto como o automóvel; a rigidez do pós-guerra não significava *um* caminho, mas sim *o* caminho. Para muitos dos que pensavam (e pensam) sobre a indústria, a produção em massa convencional possuiu sempre as mesmas características, do modelo T até nossos dias. Para a indústria, a demonstração de que o caminho da “rigidificação” para a rigidez não era *o* caminho, mas sim *um* caminho, foi feita inicialmente pela concorrência dos produtos japoneses, a partir da década de 70, e, em seguida, pelos esforços em compreender as determinações dessa vantagem competitiva. Para os que pensam sobre a indústria, as coisas não ficaram simples, ainda que isto não seja necessariamente percebido. Por um lado, produção em massa convencional fordista e produção enxuta ohnoísta/toyotista se opõem de forma ampla e irrestrita, como em Womack. Por outro, a produção ohnoísta é tributária das práticas tayloristas-fordistas, mas supera-as, como em Coriat. Por outro lado ainda, a forma desenvolvida no Japão não passaria de uma operacionalização diferente dos mesmos princípios tayloristas-fordistas, como em Stephen Wood. Vejamos como é possível colocar a questão a partir das idéias que procuramos desenvolver neste texto:**

Ao invés de uma linha única da “rigidificação” para a rigidez, o que o Japão nos mostrou foi a existência, a partir dos anos 50/60, de uma bifurcação: a partir da etapa histórica da “rigidificação”, dois foram os caminhos possíveis para a produção em massa de um produto da *assembly industry*: o caminho da rigidez, seguido fundamentalmente pela indústria americana, e o caminho da produção flexível em massa, seguido pela indústria japonesa. Sendo assim, é evidentemente correta a absoluta oposição entre a produção em massa convencional e a produção flexível em massa. Isto porque conviveram historicamente apenas dois padrões: o da rigidez e o da flexibilidade; afinal, o padrão da “rigidificação” já havia sido superado quando a produção flexível em massa se desenvolveu nos anos 60 e 70. Todavia, não se pode colocar no mesmo plano uma oposição entre o ohnoísmo/toyotismo e o fordismo em sua fase de “rigidificação”. Por um lado, não conviveram historicamente, não se opuseram na forma de luta competitiva. Por outro lado, foi na forma convencional “rigidificada” que Ohno foi abastecer-se a respeito das regras fundamentais da produção em massa de um produto complexo como o automóvel, e foi apenas a ampla experiência dessa produção que permitiu os *insights* e o sucesso prático da produção flexível em massa. Nesse sentido, então, também é correto afirmar-se que o ohnoísmo tem um lastro no taylorismo-fordismo. Para nós, é mais que isto: o fordismo, em sua fase de “rigidificação” foi condição para a emergência histórica do ohnoísmo. Ainda que isto não dê conta de todas as determinações do debate sobre o caráter pós-fordista ou neofordista do ohnoísmo, coisa que, reafirmamos, não procuramos desenvolver nos limites deste artigo, pode contribuir, todavia, para uma melhor colocação do debate em termos históricos e conceituais.

Para finalizar, vale mencionar a superação historicamente em curso dos dois caminhos possíveis para a produção de produtos da *assembly industry*, em função da força competitiva do padrão japonês e da incorporação da nova automação, de natureza microeletrônica, que inaugurou historicamente a possibilidade de aliança entre flexibilidade e automação. Este movimento em direção a um novo padrão único foge, todavia, dos limites deste artigo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEGGLEN, J.C. & STALK, J. *Kaisha: the Japanese corporation*, New York: Basic Books, 1985.
- ABERNATHY, W. *The productivity dilemma: roadblock to innovation in automobile industry*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1978.
- ALTSHULER, A.A. *The future of the automobile*. MIT Press, 1984.

- BRAVERMAN, Harry. *Trabalho e capital monopolista*. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.
- BUFFA, Elwood. *Modern production management*. New York: John Wiley & Sons, 1961.
- CARVALHO, Enéas G. de. *Competitividade internacional em uma perspectiva setorial: uma abordagem a partir da indústria automobilística japonesa*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia, UNICAMP, 1993, mimeo.
- COHEN, S. & ZYSMAN, J. *Manufacturing matters: the myth of post-industrial economy*. New York: Basic Books, 1987.
- CORIAT, Benjamin. Ohno e a escola japonesa de gestão da produção - um ponto de vista de conjunto. In: HIRATA, Helena (org.), *Sobre o "modelo" japonês*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Pensar pelo avesso - o modelo japonês de trabalho e organização*. Rio de Janeiro: Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro/Revan, 1994.
- CUSUMANO, M. *The Japanese automobile industry: technology and management at Nissan and Toyota*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1985.
- DERTOUZOS, M.L. et alii. Industry studies: the automobile industry. In: *Made in America: regaining the productivity edge*. MIT Press, 1989.
- DINA, Angelo. *A fábrica automática e a organização do trabalho*. Petrópolis: Editora Vozes, 1987.
- FERRO, José Roberto. Aprendendo com o 'ohnoísmo' (produção flexível em massa) - lições para o Brasil. *Revista de Administração de Empresas*, Fundação Getúlio Vargas, v. 30, n. 3, 1990.
- FORD, Henry. *Minha vida e minha obra*. Rio de Janeiro/São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1926.
- FREEMAN, C. New technology and catching up. *The European Journal of Development Research*. London, v. 1, n. 1, 1989.
- HOUNSHELL, David A. *From the American system to mass production - 1800-1932: the development of manufacturing technology in the United States*. 3ª ed. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1991.
- LIPIETZ, Alain. *Miragens e milagres: problemas da industrialização no Terceiro Mundo*. São Paulo: Nobel, 1988.
- MALTESE, Francesca. Notes for a study of the automobile industry. In: EDWARDS, R., REICH, M. & GORDON, D. (orgs.), *Labor market segmentation*. Boston, D. C.: Heath, 1975.
- MARX, Karl. *El capital*. México: Fondo de Cultura Económica, 1973.

- MORAES NETO, Benedito R. de. Automação de base microeletrônica e organização do trabalho na indústria metal-mecânica. *Revista de Administração de Empresas*, Fundação Getúlio Vargas, v. 26, n. 4, p. 35-40, out/dez. 1986.
- \_\_\_\_\_. *Marx, Taylor, Ford: as forças produtivas em discussão*. São Paulo: Editora Brasiliense, 1989.
- PELIANO, José C. et alii. *Impactos econômicos e sociais da tecnologia microeletrônica na indústria brasileira - estudo de caso da Montadora "A" de automóveis*. Brasília: CNRH/IPEA, 1985.
- PIORE, Michal & SABEL, Charles. *The second industrial divide: possibilities for prosperity*. New York: Basic Books, 1984.
- STONE, Katherine. The origins of job structures in the steel industry. In: EDWARDS R.; REICH, M. & GORDON, D. (orgs.), *Labor market segmentation*. Boston, D.C.: Heath, 1975.
- TAVARES, Maria da Conceição et alii. *Japão: um caso exemplar de capitalismo organizado*. IEI-UFRJ, 1990.
- TYSON, L. D. & ZYSMAN, J. Developmental strategies in production innovation in Japan. In: JOHNSON, C. et alii, *Politics and productivity: the real history of why Japan works*. New York: Harper Business, 1989.
- WATANABE, Susumu. Flexible automation and labour productivity in the Japanese automobile industry. In: WATANABE, Susumu (org.), *Microelectronics, automation and employment in the automobile industry*. Great Britain: International Labour Office, 1987.
- WILLIAMS, Karel; CUTLER, Tony; WILLIAMS, John & HASLAM, Colin. The end of mass production? *Economy & Society*, v. 16, n. 3, p. 407-439, August 1987.
- WOMACK, James P. *The US automobile industry in a era of international competition: performance and prospects* Working Paper of the MIT Commission on Industrial Productivity. MIT Press, 1989.
- WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. & ROSS, Daniel. *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.
- WOOD, Stephen. Toyotismo e/ou japonização. In: HIRATA, Helena. *Sobre o "modelo" japonês*. São Paulo: EDUSP, 1993.

---

(Recebido em maio de 1997. Aceito para publicação em junho de 1997).