



Jun/Veloso H.

FLEXIBILIDADE NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

■ **Henrique Luiz Corrêa**

Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP.

* **RESUMO:** São apresentados alguns dos resultados pertencentes a uma pesquisa de três anos envolvendo empresas brasileiras e inglesas, manufactureiras do ramo metal-mecânico, analisando as relações entre as variáveis incerteza, variabilidade das saídas e flexibilidade em sistemas de produção. Os resultados são um co-produto, relacionados particularmente à flexibilidade dos recursos estruturais de produção (humanos e tecnológicos). Eles representam uma abordagem alternativa àquelas normalmente encontradas na bibliografia. Uma nova forma de analisar os estoques e o seu papel no atingimento de flexibilidade nos sistemas de produção é também desenvolvida com base nesta nova abordagem. Ela pode ajudar na determinação do que alguns têm chamado "JEDI level" – Just Enough Desirable Inventory, ou níveis mínimos desejáveis de estoques, uma idéia que vem se opor à idéia absoluta de "estoque zero" a qualquer custo.

* **PALAVRAS-CHAVE:** Flexibilidade, sistemas flexíveis, estoques estratégicos.

* **ABSTRACT:** The objective of this paper is to report some of the findings of three years research work carried out within a number of manufacturing engineering companies both in England and in Brazil. All the companies belong to the automotive industry. The objective of the overall research was to analyze the relationships between the variables uncertainty variability of outputs and flexibility in manufacturing systems. The findings which are discussed here are a co-product of the overall research and are related to the flexibility of the structural (human and technological) manufacturing resources. A new way of looking at the stocks and its role in the manufacturing system's flexibility is derived from this alternative approach.

* **KEY WORDS:** Flexibility, flexible manufacturing systems, strategic inventory.

INTRODUÇÃO

A partir do início dos anos 80, uma nova ênfase tem sido dada à importância do critério "flexibilidade" para a competitividade das empresas de manufatura. Esta nova ênfase é baseada em alguns fatores, que podem ser consubstanciados em dois principais:

- a. *O ambiente em que as empresas de manufatura atuam tem sido crescentemente turbulento: a concorrência tem sido mais e mais competente, os mercados têm demandado uma variedade crescente de produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos e os fornecedores nem sempre atingem níveis desejáveis de qualidade dos produtos e nível de serviços oferecidos por estarem, eles também, lutando com suas próprias dificuldades no mesmo mercado turbulento. Esta situação leva a uma condição de limitada previsibilidade e estabilidade e, portanto, demanda uma capacidade crescente de responder bem a mudanças ambientais, ou, em outras palavras, de desenvolver flexibilidade.*
- b. *O desenvolvimento de novas tecnologias de processo: tem se dado em tal proporção que a taxa de desenvolvimento tecnológico pode ter ultrapassado a habilidade das pessoas utilizarem plenamente as tecnologias ou mesmo entenderem plenamente o seu potencial. O resultado é uma provável "subutilização" das novas tecnologias, que, potencialmente, oferecem flexibilidade a qualquer organização que consiga transformar este potencial em flexibilidade real. Grandes esforços têm sido despendidos na tentativa de se entender como fazer isso eficazmente.*

No sentido de contribuir com o esforço de se obter um melhor entendimento do conceito de flexibilidade dos sistemas de manufatura, uma pesquisa de três anos foi desenvolvida junto a empresas inglesas e brasileiras. O objetivo principal da pesquisa como um todo foi analisar as relações entre as variáveis incerteza, variabilidade das saídas e flexibilidade em sistemas de produção. A seguir são apresentados alguns dos resultados

desta pesquisa, particularmente aqueles que dizem respeito à modelagem analítica da flexibilidade dos recursos estruturais de produção (equipamentos e pessoas) e seu relacionamento com os estoques. Os resultados detalhados da pesquisa como um todo podem ser encontrados em Corrêa¹.

O MÉTODO DE PESQUISA

A abordagem geral usada nesta pesquisa pode ser classificada como de estudo de casos. Para detalhes a respeito tanto da metodologia utilizada como da pesquisa em si, veja Corrêa². Oito empresas (incluindo o estudo piloto) foram escolhidas e estudadas em profundidade. O processo de escolha das empresas não foi aleatório. Ao contrário, o critério empregado na seleção das empresas foi baseado na contribuição potencial de cada uma para o processo de análise das três variáveis mencionadas acima: incerteza, variabilidade de saídas e flexibilidade. O método básico de coleta de dados foi o de extensivas visitas às organizações e entrevistas (utilizando questionário semi-estruturado) com membros dos seus quadros gerenciais (pelo menos quatro gerentes foram formalmente entrevistados por empresa), além do estudo de documentação fornecida por eles.

O NÍVEL DE ANÁLISE

Como Gerwin³ esclarece, um aspecto básico no tratamento analítico da flexibilidade de sistemas de produção é o nível de agregação no qual a pesquisa se baseia, se no das máquinas, em particular do sistema de produção, se no da empresa como um todo e assim por diante. O nível de análise considerado nesta pesquisa é o dos recursos constituintes dos sistemas de produção, particularmente os recursos estruturais, que serão definidos no decorrer do artigo. A sua inter-relação com o nível do sistema produtivo também é brevemente comentada.

A ESCOLHA DAS EMPRESAS

Na metodologia de estudo de casos, estes não são escolhidos aleatoriamente, mas selecionados de forma a prover

1. CORRÊA, H.L. The Links Between Uncertainty, Variability of Outputs and Flexibility in Manufacturing Systems. Tese de Ph.D. University of Warwick, Coventry, 1992.

2. Idem, *ibidem*.

3. GERWIN, D. An Agenda for Research on the Flexibility of Manufacturing Processes. *International Journal of Operations and Production Management*, v.7, n.1, p. 38-49, 1986.

exemplos polares e se encaixar em categorias teóricas⁴. Os casos para esta pesquisa foram selecionados entre empresas brasileiras e inglesas. Uma amostra mista foi selecionada pelas seguintes razões: o ambiente industrial brasileiro, notoriamente, tem um alto nível de incerteza ou imprevisibilidade. De acordo com Pettigrew⁵, faz sentido pragmático escolher uma situação extrema como esta para a análise de incerteza ambiental. Empresas inglesas, por outro lado, são em princípio mais aptas a prover dados valiosos em termos de variabilidade de saídas. Uma abordagem alternativa seria escolher uma amostra inteiramente inglesa ou brasileira, mas, fazendo isto, a riqueza dos casos polares seria parcialmente perdida.

OS CASOS

O número de casos estudados em profundidade, determinados por restrições de recursos de pesquisa, foi de quatro empresas (duas no Brasil e duas na Inglaterra), além de outras quatro, também analisadas durante a fase de pesquisa piloto. Todas as empresas são manufatureiras de produtos com alto grau de engenharia embutida, do ramo metal mecânico, pertencentes ao setor automobilístico. Serão denominadas aqui de *A*, *B*, *C* e *D*, conforme breve descrição a seguir.

- *Empresa A*: uma fábrica inglesa de automóveis localizada na região de Midlands, o coração industrial inglês, que fabrica partes para estoque e monta veículos sob encomenda. Esta pesquisa focaliza o setor da empresa *A* fabricante dos motores dos veículos.
- *Empresa B*: uma fabricante brasileira de carburadores, localizada em São Paulo. É a maior fornecedora OEM de carburadores para as montadoras brasileiras

Há duas diferentes e importantes vertentes na bibliografia, quanto à discussão da redução de tempos de preparação de equipamento: automação flexível e abordagem baseada em método.

de veículos, sendo parte de uma grande corporação industrial multinacional com sede na Europa.

- *Empresa C*: uma fabricante brasileira de amortecedores, que produz e distribui autopeças para o mercado doméstico e também para exportação. É uma empresa totalmente brasileira

e, hoje, uma das maiores fabricantes brasileiras de autopeças.

- *Empresa D*: uma fabricante inglesa de veículos localizada na região de Midlands, parte de uma grande corporação multinacional com sede na América do Norte e interesses em produtos para a indústria automobilística, equipamentos industriais e motores, além de veículos especiais. Noventa por cento dos 65000 sets de veículos produzidos por ano na fábrica da empresa *D* são exportados para 140 países.

RECURSOS DE PRODUÇÃO – ESTRUTURAIS VERSUS INFRA-ESTRUTURAIS

A classificação dos recursos de produção em estruturais e infra-estruturais é proposta por vários autores na bibliografia, por exemplo, Hayes e Wheelwright; Hill e Slack⁶. Entretanto, nem todos os autores concordam com quais recursos deveriam ser considerados estruturais e quais infra-estruturais.

Hill⁷ define recursos infra-estruturais como o conjunto de estruturas, controles, procedimentos, sistemas e comunicação, combinados com as atitudes, experiência e habilidades das pessoas envolvidas com o sistema de manufatura e os recursos estruturais como a tecnologia, os equipamentos e as instalações de um sistema de manufatura. Hill, portanto, inclui características dos recursos humanos como parte dos recursos infra-estrutu-

4. EISENHARDT, K.M. Building Theory from Case Study Research. *Working Paper*. Dept of Industrial Engineering and Engineering Management. Stanford University, out. 1988; PETTIGREW, A. *Longitudinal Field Research on Change: Theory and Practice*. Trabalho apresentado na "The National Foundation Conference on Longitudinal Research Methods in Organizations". Austin, Texas, 1988; YIN, R. K. *Case Study Research — Design and Methods*. California: Rev. ed. Sage Publications, Newbury Park, 1988.

5. PETTIGREW, A. Op. cit.

6. HAYES, R.H.; WHEELWRIGHT, S.C. *Restoring Our Competitive Edge*. New York: Wiley, 1984; HILL, T. *Manufacturing Strategy*. London: MacMillan, 1985; SLACK, N.D.C. *Focus on Flexibility*. In: *International Handbook of Production and Operations Management*, Editor Wild, R. Cassell. London, 1989.

7. HILL, T. Op. cit.

rais. Ele considera questões organizacionais (o papel dos especialistas, o número de camadas gerenciais da organização, a abordagem de grupos, a estrutura do trabalho, entre outros) e as questões de controle (controle de qualidade, dos estoques e da produção) como os principais temas sobre recursos infra-estruturais.

Todas as empresas da amostra da pesquisa aqui descrita, por exemplo, tinham variações de programas de trocas rápidas de ferramentas sendo implantadas.

Hayes e Wheelwright⁸ também estabelecem a força de trabalho como uma de suas quatro áreas de decisão infra-estruturais – força de trabalho, qualidade, planejamento da produção e materiais e organização. Eles consideram estas decisões mais táticas e fáceis de reverter que estruturais (capacidade, instalações, tecnologia e integração vertical). Esta visão é controversa, já que a força de trabalho tem sido crescentemente acatada por vários autores como o ativo mais importante das organizações. Reverter decisões que dizem respeito à atitude das pessoas no trabalho, quanto ao comprometimento com os objetivos da empresa, e à motivação para o trabalho tem normalmente provado demandar uma significativa quantidade de tempo, recursos e esforço organizacional. Mesmo considerando o critério reversibilidade, portanto, a força de trabalho parece ser mais adequadamente classificada como recurso estrutural.

De acordo com Slack⁹, os recursos infra-estruturais incluem apenas os sistemas, relações e canais de comunicação que mantêm a operação da empresa agregada, apoiando assim o funcionamento dos recursos estruturais – humanos e tecnológicos. Com respeito aos recursos infra-estruturais, Slack considera que os sistemas que suprem os outros recursos da organização (os sistemas de suprimento) e os sistemas que controlam a operação de produção (os sistemas de controle) são particularmente importantes para a discussão de flexibilidade.

Nesta pesquisa, a seguinte classificação

de recursos de produção (baseada em Slack¹⁰) é adotada: o sistema de produção é uma configuração de recursos individuais estruturais (tecnológicos e humanos) e infra-estruturais. Cada um destes é definido abaixo:

- *Recursos tecnológicos:* as instalações e os equipamentos do sistema produtivo

- *Recursos humanos:* as pessoas que fazem parte do sistema produtivo.
- *Recursos infra-estruturais:* software da organização; sistemas, relações e comunicações que mantêm a operação do sistema produtivo agregada.

Neste artigo o interesse é focalizado principalmente na análise da flexibilidade dos recursos estruturais de produção: humanos e tecnológicos.

A FLEXIBILIDADE DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS DE PRODUÇÃO

Para apreciar a flexibilidade dos recursos tecnológicos de certo processo de produção é importante entender o conceito de economia de escala. Economia de escala se diz ocorrer quando o custo marginal da produção de determinado produto é decrescente ou, em outras palavras, quando os custos totais de produção crescem menos do que proporcionalmente às quantidades produzidas. A economia de escala ocorre devido aos, assim denominados, custos fixos (por exemplo, custos de preparação de máquinas) no processo de produção. Os custos de preparação de máquina, normalmente função do tempo de preparação, é fator muito importante a ser levado em conta quando se considera a flexibilidade de determinado equipamento. Quanto menos relevantes os custos de preparação, menos relevantes as economias de escala e portanto a produção de lotes pequenos se

8. HAYES, R. H. e WHEELWRIGHT, S. C. Op. cit.

9. SLACK, N. D. C. Op. cit.

10. SLACK, N. D. C. Idem, ibidem.

11. Este conceito é devido a Slack. O autor sugere que quatro tipos e duas dimensões de flexibilidade dos sistemas de produção podem ser identificados: flexibilidade de novos produtos (relacionada à habilidade do sistema introduzir diferentes produtos ou modificar produtos já existentes), flexibilidade de *mix* (relacionada à habilidade de manufaturar uma larga variedade de produtos diferentes dentro de um determinado período), flexibilidade de volume (relacionada à habilidade de alterar o nível agregado de produção de um sistema produtivo) e flexibilidade de entrega (relacionada à habilidade do sistema alterar eficazmente datas prometidas de entrega). Slack também define duas dimensões de flexibilidade: flexibilidade de faixa (o "pacote" de habilidades ou o conjunto de diferentes estados que o sistema consegue assumir) e flexibilidade de resposta (a facilidade, em termos de tempo, custo e esforço organizacional com a qual o sistema é capaz de mudar de estado ou mudar de atividade, dentro do dado "pacote" de habilidades).

12. ZELENOVIC, D. M. Flexibility: A Condition for Effective Production Systems *International Journal of Production Research*, v.20, n.3, p. 319-37, 1982.

13. STECKE, K. E.; RAMAN, N. *Production Flexibilities and Their Impact on Manufacturing Strategy*. Working Paper no. 484. Graduate School of Business Administration. University of Michigan. dez. 1986.

14. Para detalhes quanto à relação entre os ciclos de vida de produto e de processo, vide HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. *Restoring our competitive edge*. New York: Wiley, cap. 4, 1984.

15. HILL, T. *Manufacturing Strategy - Text and Cases*. Irwin: Homewood, 1989.

16. HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. Op. cit.

17. SHINGO, S. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Stanford: Massachusetts, 1985.

torna praticamente tão econômica quanto a de lotes grandes. Isto faz com que se possam produzir quantidades menores (por produto) de grande variedade de diferentes produtos a custos comparáveis aos de produzir grandes quantidades (por produto) de um ou poucos tipos diferentes de produtos. Isto tudo providos os necessários níveis de capacidade e versatilidade dos equipamentos. A redução de tempos de preparação de máquina é, portanto, uma das formas mais evidentes de se atingir níveis mais altos de flexibilidade de equipamento, ao menos em termos de resposta¹¹.

Há duas diferentes e importantes vertentes na bibliografia, quanto à discussão da redução de tempos de preparação de equipamento (o tempo necessário para que seja capaz de trocar a produção de um produto ou peça para outra). Uma sugere que automação flexível (como máquinas de controle numérico) é a principal forma de se atingir níveis mais altos de flexibilidade de equipamento. A outra, mais ligada ao pensamento japonês, sugere uma abordagem baseada em método. Esta é baseada mais em conceitos de organização, métodos de trabalho e racionalidade no uso de equipamento convencional. Ambas são discutidas a seguir.

A ABORDAGEM BASEADA EM TECNOLOGIA (AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL)

Alguns autores consideram que o aspecto-chave para um sistema de produção atingir níveis mais altos de flexibilidade é tecnologia, ou, em outras palavras, via automação flexível. Zelenovic¹² argumenta que "... aumento da flexibilidade dos elementos do sistema de produção pode ser obtido com sucesso mudando a estrutura no sentido de maior automação, mantendo a produção a níveis ótimos mesmo com mudança de produtos ou de condições de operação..."¹⁴. Stecke e Raman¹³ acrescentam que "... enquanto a correspondência unívoca entre estágios respectivos dos ciclos de vida de produto e de processo podia ser estabelecida para processos de produção convencionais, a automação flexível tende a quebrar esta relação..."¹⁴. Desta forma, não apenas alguns dos processos (por exemplo, os sistemas convencionalmente chamados *job shop*) teriam alta flexibilidade, mas mesmo os mais eficientes em custo (por exemplo, as linhas de montagem) poderiam também ser flexíveis, sendo capazes de produzir uma variedade de produtos em vez de apenas um ou alguns poucos.

cientos em custo (por exemplo, as linhas de montagem) poderiam também ser flexíveis, sendo capazes de produzir uma variedade de produtos em vez de apenas um ou alguns poucos.

A este respeito, Hill¹⁵ argumenta que a base de controle numérico (o coração dos sistemas de automação flexível) destes novos processos de automação flexível traz um nível de flexibilidade muito maior do que o inerente às alternativas sem controle numérico. Isto significa que os novos processos seriam aptos a lidar com faixas mais amplas de diferentes produtos e também com mudanças de *mix* ao longo do tempo. Os novos processos de produção que teriam surgido como consequência da automação flexível seriam, de acordo com Hill, sistemas híbridos, tendo características de mais que um dos cinco tipos convencionais de sistemas de produção adotados por Hayes e Wheelwright¹⁶ e outros: por projeto, em *job shop*, em lotes, em linha de montagem e em fluxo contínuo.

A ABORDAGEM BASEADA EM MÉTODO

A importância da redução dos tempos de preparação para o desenvolvimento de flexibilidade dos equipamentos já foi enfatizada. Baseado neste pressuposto, muito esforço tem sido despendido, inicialmente no Japão e mais tarde ao redor do mundo, para se acharem formas e desenvolverem técnicas para se reduzirem os tempos de preparação de equipamentos. Shingo¹⁷, o criador do sistema SMED (*Single Minute Exchange of a Die*), contribuiu com este esforço. Reduções para 1/18 do tempo previamente gasto com a preparação de algumas máquinas são relatadas em seu livro e atribuídas ao seu método que é parcialmente baseado nos princípios e métodos da gestão científica, originada por Frederick Taylor no início deste século.

Todas as empresas da amostra da pesquisa aqui descrita, por exemplo, tinham variações de programas de trocas rápidas de ferramentas sendo implantadas. Duas delas em particular (empresas A e B) reportaram reduções substanciais em seus tempos de preparação (a empresa A obteve melhorias nos tempos de preparação da ordem de 70% no setor de peças injetadas de zamac e a empresa B chegou a re-

duzir o tempo de preparação de uma prensa de aproximadamente 3 horas e meia para 25 minutos, no setor de prensados) e como consequência aumentaram seus níveis de flexibilidade sem investimentos de capital. Ambas utilizaram variações do sistema SMED, que basicamente define dois tipos de atividades relacionadas à preparação da máquina: atividades de *setup* interno (podem ser executadas

exclusivamente quando a máquina está parada, como a montagem e fixação de moldes nas prensas) e de *set-up* externo (podem ser executadas quando a máquina ainda está em operação, como localizar e transportar os moldes do armazém para a máquina). Dois passos então devem ser seguidos para a redução dos tempos de preparação:

1. Separar as atividades de *setup* externo e interno, fazendo um esforço "científico" de análise para tratar o máximo possível de atividades como de *setup* externo. Com este passo, normalmente o tempo necessário para *setup* interno pode ser reduzido de 50%, de acordo com Shingo¹⁸.
2. Converter *setup* de interno para externo, reexaminando e modificando as atividades para identificar aquelas erradamente assumidas ser de *setup* interno e achando formas de converter estas atividades para *setup* externo. Neste passo, reduções ainda mais substanciais podem ser obtidas nos tempos totais de troca.

Schonberger¹⁹, também sugere algumas formas de aumentar a flexibilidade dos equipamentos sem o uso de automação flexível. Schonberger concorda com Shingo²⁰ que o ponto importante para o

Para tornar a atitude das pessoas mais flexível e elevar o nível de habilidades dos trabalhadores, considerável esforço organizacional e capital podem ser necessários para prover treinamento, eventuais mudanças nas relações empresa-funcionários e novos estilos de supervisão.

atingimento de flexibilidade dos equipamentos é a redução dos tempos de preparação. Ele também enfatiza algumas características desejáveis dos equipamentos quando se pretende que estes sejam flexíveis, como a modularidade e a transportabilidade, que podem contribuir não para a flexibilidade da máquina em particular mas para a do sistema de produção. Se determinada máquina tem, por exem-

plo, pequena capacidade e tamanho, baixo custo e preparação simples e barata, então, mesmo frente a uma alta demanda por volume, ela seria preferível, de acordo com Schonberger, quando comparada com máquinas maiores. A razão é que com máquinas menores, o sistema de produção pode adicionar capacidade de produção da mesma forma que adiciona pessoas. A capacidade do sistema de produção seguiria de perto o crescimento da demanda por volume. Trabalhando com máquinas de grande capacidade, a capacidade de produção pode apenas ser acrescida em grandes degraus, prejudicando a flexibilidade com que o sistema responde a variações de demanda.

FLEXIBILIDADE DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS: SUMÁRIO E CONCLUSÕES SOBRE A BIBLIOGRAFIA

Em termos da flexibilidade dos recursos tecnológicos (ou dos equipamentos), os custos, o tempo e o esforço organizacional para a realização da troca de produtos nas máquinas parecem considerações relevantes, ao menos em termos de flexibilidade de resposta. A bibliografia é dividida em duas correntes principais em termos da forma de obter níveis de desempenho melhores em termos das trocas; uma corrente sugere automação flexível. Os benefícios desta abordagem são

18. Idem, *ibidem*.

19. SCHONBERGER, R.J. *World Class Manufacturing*. New York: The Free Press, 1986.

20. SHINGO, S. Op. cit.

principalmente velocidade de troca e consistência²¹. As principais desvantagens desta abordagem são os altos custos de capital envolvidos na aquisição de equipamentos e sua implantação e a falta de modularidade e transportabilidade. Há ainda a grande dificuldade em se atestar a viabilidade dos investimentos em automação utilizando as técnicas convencionais de análise de viabilidade²².

A outra corrente defende o uso de equipamento convencional e modular, do qual os tempos e custos de preparação podem ser substancialmente reduzidos pelo uso de métodos adequados. A principal desvantagem desta abordagem parece ser a necessidade de mudança na atitude das pessoas envolvidas e a maior dependência das habilidades dos operadores, que é necessária. Para tornar a atitude das pessoas mais flexível e elevar o nível de habilidades dos trabalhadores, considerável esforço organizacional e capital podem ser necessários para prover treinamento, eventuais mudanças nas relações empresa-funcionários e novos estilos de supervisão²³.

As duas correntes principais quanto ao tratamento da flexibilidade dos recursos tecnológicos não parecem e não deveriam ser consideradas mutuamente exclusivas²⁴. Provavelmente nenhum sistema de manufatura pode atingir altos níveis de flexibilidade baseando-se exclusivamente em uma das duas correntes de pensamento (pelo menos num futuro próximo). Uma certa quantidade de ambas abordagens pode ser necessária e a maior ou menor ênfase em uma delas ou na outra parece depender da situação que a particular empresa enfrenta. Se uma organização hipotética, por exemplo, pretende desenvolver flexibilidade de seus recursos tecnológicos mas não

Integração é importante para se obter flexibilidade na introdução de novos produtos. Forças-tarefa multifuncionais ou equipes têm sido crescentemente utilizadas quando as empresas pretendem ser ágeis no desenvolvimento de novos produtos ou nas alterações de produtos já existentes.

tem capital suficiente para investir em automação flexível, parece plausível que ela enfatize a abordagem baseada em método. Em outra situação hipotética, também parece plausível que empresas enfrentando dificuldades com os sindicatos em termos de fazer de sua mão-de-obra mais flexível e multi-habilitada tendam a enfatizar a automação flexível, na qual possivelmente uma mão-de-obra menos multi-

habilitada seja necessária. Parece ser importante, portanto, que os administradores considerem ambas abordagens – baseadas em método e em tecnologia – como não mutuamente exclusivas e que considerem a utilização de um *mix* de ambas²⁵, *mix* este coerente com a situação particular que enfrentam.

A FLEXIBILIDADE DOS RECURSOS HUMANOS

De acordo com Atkinson²⁶, a melhor forma de se obter maior flexibilidade da força de trabalho é através de mudanças na organização do trabalho. O autor propõe um modelo que favoreceria o desenvolvimento deste tipo de flexibilidade. Atkinson chama este modelo de *the flexible firm* (a firma flexível): políticas diferenciadas seriam aplicadas a diferentes grupos de trabalhadores. A divisão básica seria entre posições que são específicas para empresas em particular e posições envolvendo apenas habilidades gerais. O modelo inclui uma classe de trabalhadores com vínculos mais fracos com a empresa (o grupo periférico), em torno de um grupo mais estável numericamente, responsável pelas atividades-chave específicas da empresa. A ênfase deste grupo mais estável seria quanto à flexibilidade funcional. A ênfase do grupo periférico seria, por outro lado, mais quanto à flexibilidade numéri-

21. Idem, *ibidem*.

22. HILL, T. Op. cit.

23. SCHONBERGER, R. J. *Japanese Manufacturing Techniques*. New York: Free Press, 1982.

24. HAYES, R. H. et al. *Dynamic Manufacturing*. New York: Free Press, 1988.

25. SCHONBERGER, R. J. *Building a Chain of Customers*. London: Hutchinson Books, 1990.

26. ATKINSON, J. *Manpower Strategies for Flexible Organisations*. *Personal Management*, p. 28-31, ago. 1984.

ca. Quando a demanda se expande, o grupo periférico se expande. Quando a demanda se contrai, o grupo periférico se contrai correspondentemente.

Pollert²⁷ critica o modelo de Atkinson²⁸ observando que os conceitos de grupo central e grupo periférico são muito frágeis e

também que o modelo de Atkinson não ajuda a entender as relações entre a flexibilidade da mão-de-obra e a do sistema produtivo como um todo. Adicionalmente às críticas de Pollert deve-se lembrar que a criação de uma força de trabalho insegura e com baixo nível de habilidades não é apresentada por Atkinson como algo com que os administradores deveriam estar preocupados. Isto parece contraditório com a visão de um considerável número de autores²⁹. Estes consideram que a criação de uma força de trabalho motivada e comprometida é crucial, quer exerça uma função chave ou não. Na mesma linha, o conceito hoje largamente aceito de "controle de qualidade total" (CQT) assume que mesmo um trabalhador que desempenhe uma tarefa não específica da empresa, como simples montagens e testes, tem sua parcela de contribuição para a qualidade do produto ou serviço. Hayes et al.³⁰ sugerem que um desempenho competitivo superior depende primariamente das pessoas envolvidas no processo produtivo. Desenvolver seu potencial – habilidades, disciplina, capacidade de resolver problemas, capacidade de aprender – estaria no coração de uma produção de alto desempenho. Segundo a literatura, uma organização que pretenda aumentar o nível de flexibilidade de sua força de trabalho deveria favorecer o desenvolvimento das seguintes características principais em seus trabalhadores:

- *Habilidades melhores e múltiplas*³¹: quanto maior a faixa de diferentes habilidades de um trabalhador, mais flexível

A aceitação da mudança como uma parte intrínseca do processo de produção mais do que como uma exceção é importante para se lidar com ambientes em mudança.

ele é, seja em termos de mudanças no mix de produtos seja em termos da possibilidade de mudar o trabalhador para outros postos de trabalho, característica útil para se lidar com absenteísmo e faltas locais temporárias de pessoal. Com relação à automação flexível, Adler

encontrou em sua pesquisa "um surpreendente grau de convergência, numa série de estudos conduzidos em numerosos países, todos apontando para a necessidade de novas e mais sofisticadas habilidades da mão-de-obra para lidar com automação avançada."

- *Habilidade de tomar decisões/resolver problemas*³²: característica especialmente importante para que se possam obter respostas rápidas para circunstâncias em mudança. Permite descentralização da tomada de decisões e portanto evita que tempo seja perdido no aguardo das decisões por escalões superiores na organização.
- *Habilidade de trabalhar em equipe*³³: integração é importante para se obter flexibilidade na introdução de novos produtos. Forças-tarefa multifuncionais ou equipes têm sido crescentemente utilizadas quando as empresas pretendem ser ágeis no desenvolvimento de novos produtos ou nas alterações de produtos já existentes. Engenheiros de projeto, por exemplo, necessitam de contacto próximo e constante com a equipe de produção para que o projeto facilite ao máximo a produção dos produtos e para que possíveis problemas futuros de produção causados por um projeto defeituoso possam ser identificados ainda na prancheta. Este tipo de interação deveria ocorrer com todas as áreas envolvidas e o trabalho de equipes multidisciplinares parece ser a abordagem mais indicada.

27. Pollert, A. The Flexible Firm: A Model in Search of Reality (or a Policy in Search of Practice?). *Warwick Papers in Industrial Relations*. University of Warwick, dez. 1987.

28. ATKINSON, J. Op. cit.

29. Por exemplo: HAYES, R. H. et al. Op. cit.; WOMACK, J. P. et al. *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates, 1990.

30. HAYES, R. H. et al. Op. cit.

31. ADLER, P.A. Managing flexible Automation. *Working Paper*. Dept. of Industrial Engineering Management. Stanford University, abril, 1987; KOTLER, E. New Skills for New Technologies. In: *International Handbook of Production and Operations Management*. Editor Wild, R.. Cassel, p. 542-553, London, 1989; GREY, S.M.; CORLETT, E.N. Creating Effective Operating Teams. In: *International Handbook of Production and Operations Management*. London: Wild, R. Cassel, 1989, p. 554-566; HAYES, R. H. et al. 1988.

32. WOMACK, J.P. et al. *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates, 1990; HAYES et al. 1988.

33. WOMACK, J.P. et al. Op. cit.; KOHLER, E. New Skills for New Technologies In: *International Handbook of Production and Operations Management*. London: Editor Wild, R. Cassel. p. 542-53, 1989.

- *Capacidade de comunicação*³⁴: para que se obtenha integração, uma eficiente comunicação inter e intrafuncional é essencial. Quanto mais a comunicação é praticada, mais fácil ela se torna. Algumas áreas das empresas têm seus próprios jargões que deveriam ou ser padronizados ou ao menos ser compreendidos pelas outras áreas com as quais haja interação. Desta forma, mal-entendidos são minimizados e dúvidas podem ser resolvidas rápida e eficazmente.
- *Habilidade de compreender o processo como um todo*: o bom entendimento do processo como um todo ajuda a entender as conseqüências das decisões feitas localmente, tornando desta forma o processo de tomada de decisão mais rápido e as decisões mais consistentes, evitando conseqüências indesejáveis.³⁵
- *Habilidade de adaptação a situações novas*: ajuda a combater a resistência à mudança, o que pode prejudicar a flexibilidade. A aceitação da mudança como uma parte intrínseca do processo de produção mais do que como uma exceção é importante para se lidar com ambientes em mudança³⁶.
- *Habilidade/disposição para o aprendizado contínuo*: é o ponto mais enfatizado por Hayes et al.³⁷ como essencial para a criação do que eles chamam *the learning organization*. Esta característica é condição para a criação de uma capacidade efetiva do sistema de produção de se adaptar a novas situações. Ao menos em parte a resistência à mudança é o resultado do medo do desconhecido, causado, muitas vezes, por falta de informação apropriada. Se há a predisposição de aprender sempre, as barreiras de resistência podem ser mais facilmente quebradas.

muito clara entre o planejamento/controlado e a execução das tarefas. As tarefas não são mais aquelas velhas e simples tarefas repetitivas, projetadas pelos gerentes com base em princípios da "administração científica". A nova realidade demanda flexibilidade e flexibilidade requer tomada de decisão descentralizada, certa habilidade de resolver problemas não repetitivos, alguma habilidade de planejamento e autocontrole por parte de quem executa o trabalho, ou, em outras palavras, um certo nível de habilidades gerenciais além de excelência técnica.

Para se desenvolver este tipo de habilidade é necessário criar condições facilitadoras, para as quais a idéia de grupos torna-se importante. Estas, em geral, são função da forma segundo a qual os trabalhadores são gerenciados, basicamente quanto ao estilo de supervisão, que deve mudar de diretivo para facilitador; à ênfase no aprendizado contínuo, não apenas nos aspectos técnicos do trabalho mas também nos gerenciais; e, finalmente, quanto às formas de remuneração e recompensa que devem ser baseadas também no desempenho do grupo ao qual o trabalhador pertence e na amplitude de habilidades que o trabalhador tem e não mais apenas no desempenho individual e nas quantidades produzidas.

Vários autores³⁸ parecem concordar que os recursos humanos são e deveriam ser considerados o ativo mais valioso das organizações no presente e na realidade competitiva futura. Hoje é largamente aceito que os programas que enfatizam a qualidade total deveriam enfatizar fundamentalmente as pessoas, depois de um período no qual qualidade foi considerada mais como uma função dos sistemas de informação para a qualidade (por exemplo, sistemas de controle estatístico da qualidade).

Hoje é consenso que sem uma força de trabalho comprometida e treinada, a qualidade total não pode acontecer de forma sustentada, mesmo com bons sistemas de informação para a qualidade. Sistemas de qualidade, embora necessários, não parecem suficientes para garantir altos níveis de qualidade dos produtos. Algo similar parece estar acontecendo

FLEXIBILIDADE DOS RECURSOS HUMANOS – SUMÁRIO E CONCLUSÕES SOBRE A BIBLIOGRAFIA

Parece ser necessário abandonar alguns conceitos gerenciais clássicos caso se pretenda desenvolver uma força de trabalho flexível. Um deles é a separação

34. KOHLER, E. *New Skills for New Technologies*. In: *International Handbook of Production and Operations Management*. London: Wild, R., Cassel, p. 542-553, 1989.

35. SKINNER, W. *Manufacturing in the Corporate Strategy*. New York: John Wiley and Sons, 1978.

36. HAYES, R. H. et al. Op. cit.

37. Idem, ibidem.

38. HAYES, R. H. et al. Op. cit.; WOMACK, J. P. et al. Op. cit.; SCHONBERGER, R. J. Op. cit.

do em termos de flexibilidade. Depois que os resultados da automação flexível provaram ser mais modestos que o antecipado (pelo menos até o presente momento), uma mão-de-obra flexível começa a ser largamente aceita como necessidade para uma organização que pretenda atingir altos níveis de flexibilidade de seu sistema de produção.

FLEXIBILIDADE DOS RECURSOS ESTRUTURAIS DE PRODUÇÃO – RESULTADOS EMPÍRICOS

Foram encontradas algumas diferenças entre as empresas da amostra em relação às formas que utilizam para obter flexibilidade dos seus sistemas de manufatura. Os gerentes da empresa A, por exemplo, consideraram que a flexibilidade do sistema de manufatura se consegue prioritariamente através dos seus recursos humanos, enquanto os da empresa C em geral deram menos ênfase ao aspecto humano da flexibilidade. Eles confiam muito mais nos sistemas de informação e gerenciais para obter os níveis necessários de flexibilidade. Os gerentes da empresa D, por sua vez, consideraram que as pessoas e os sistemas são os grandes responsáveis pela flexibilidade de manufatura (talvez pela inflexibilidade herdada do equipamento de sua fábrica, inicialmente projetada para produzir altos volumes de produtos padronizados e presentemente atendendo a uma necessidade crescente por variedade de produtos de sua linha). Não houve preferência clara por um tipo de recurso no atingimento de flexibilidade, nas opiniões dos gerentes da empresa B. Como podemos observar, o aspecto “país de origem” não foi especialmente discriminante em termos da ênfase dada a determinado tipo de recurso no atingimento de flexibilidade de manufatura.

Um aspecto identificado como discriminante entre fábricas localizadas no Bra-

Parece ser necessário abandonar alguns conceitos gerenciais clássicos caso se pretenda desenvolver uma força de trabalho flexível.

sil e na Inglaterra, foi o “arsenal” para se lidar com mudanças inesperadas (ou, em outras palavras, os meios para se obter flexibilidade para continuar funcionando eficazmente apesar da ocorrência de mudanças inesperadas, tanto ambientais, por exemplo, entre-

gas erráticas de insumos, como internas, por exemplo, quebras de máquinas).

Perguntados sobre como lidavam com imperfeições graves nas entregas de insumos (a fonte de incerteza considerada como a mais preocupante pela grande maioria dos gerentes da amostra), por exemplo, os gerentes da empresa B (localizada no Brasil) listaram quatro alternativas que utilizam normalmente: a capacidade de reprogramação da produção, para mudar as prioridades para ordens cujos materiais estejam disponíveis; a versatilidade do equipamento, para ser capaz de produzir em casa uma peça cuja entrega falhe; a habilidade de organizar subcontratação urgente de um fornecedor substituto; e o desenvolvimento preventivo dos fornecedores, para eliminar futuras falhas. Já os gerentes da empresa A (localizada na Inglaterra), por exemplo, citaram apenas a habilidade de o sistema de programação da produção ser reprogramado rapidamente.

Embora este seja apenas um exemplo, a tendência de os gerentes das empresas localizadas no Brasil terem um “arsenal de flexibilidade” mais rico para conseguir robustez do sistema de manufatura se manteve ao longo de toda a pesquisa. Isto pode significar que o fato de o ambiente industrial brasileiro ser muito incerto propicia aos gerentes de empresas localizadas no Brasil desenvolverem práticas e procedimentos mais flexíveis como condição de permanência ou mesmo de sobrevivência. Resta saber se esta flexibilidade, desenvolvida para resolver imperfeições e falhas nas cadeias de operações, podem ser também utilizadas para obter vantagem competitiva no mercado mundial, que tem demandado níveis cada vez mais

Figura 1:
A contribuição dos recursos estruturais para a flexibilidade dos sistemas de produção

Principal contribuição dos recursos estruturais para a flexibilidade	• Redundância
	• Habilidades

elevados de flexibilidade das empresas que pretendam atender a mercados cada vez mais segmentados, que demandam produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos.

Um aspecto interessante da flexibilidade dos recursos estruturais de produção foi identificado durante a pesquisa de campo e é, a seguir, descrito. A abordagem observada é relevantemente diferente daquelas encontradas na bibliografia. De acordo com os gerentes entrevistados, sempre parece haver algum tipo de reserva (ou redundância) envolvida com a presença de flexibilidade em sistemas de produção. Três gerentes da empresa A, por exemplo, descreveram flexibilidade explicitamente como uma reserva, um ativo, algo que a empresa possui, mas não está utilizando a todo momento. De fato, se um sistema é capaz de responder eficazmente a situações em mudança (que é uma das definições adotadas de flexibilidade - Mandelbaum³⁹), isto significa que é capaz de assumir diferentes estados e, portanto, potencialmente, de desempenhar mais atividades do que as que está exercendo em cada momento. O sistema tem, portanto, algum tipo de habilidade ou característica em excesso, ou redundante. Uma máquina que seja totalmente dedicada, por exemplo, não é flexível exatamente porque é capaz apenas de desempenhar uma única tarefa e portanto não há excesso ou redundância em suas habilidades.

Ainda de acordo com os gerentes, não apenas redundância, entretanto, é necessária para que um recurso estrutural contribua com a flexibilidade do sistema de produção. Ele também precisa ter algum nível de "agilidade" de mutabilidade⁴⁰ (o que em inglês, tem sido chamado com um neologismo - *switchability*) de forma a responder fácil e rapidamente às mudanças. Em outras palavras, para serem flexíveis, os recursos estruturais devem ser capazes de

mudar fácil e rapidamente entre as atividades que são redundantemente capazes de desempenhar.

EXEMPLOS DO USO DE REDUNDÂNCIA OBSERVADOS NA PESQUISA DE CAMPO

Para ser capaz de responder a mudanças no número de montadores disponíveis na linha, causadas por absenteísmo, a empresa A mantém um certo nível de capacidade em excesso na linha de montagem (3%). Isto significa que a linha de montagem da empresa A tem capacidade redundante do recurso estrutural humano. Entretanto, é também necessário garantir que dentro do time de montagem, todos os dias, haja habilidades suficientes para desempenhar todas as tarefas de montagem. A empresa A resolve este problema treinando certa quantidade de montadores de forma a capacitá-los a desempenhar mais de uma função na linha. Fazendo isso, torna-se possível transferir montadores entre postos de trabalho e, portanto, acomodar as habilidades necessárias para rodar a linha. Fazendo com que os montadores tenham várias, em vez de apenas uma habilidade dedicada, a empresa A está criando uma reserva, ou redundância nas habilidades do recurso estrutural humano. Ambos tipos de redundância - de capacidade e de habilidades - podem também ser criados para o recurso estrutural tecnológico. Uma máquina versátil (como as máquinas de controle numérico da empresa A, capazes de usinar grande variedade de peças de aço e alumínio) tem habilidades redundantes e uma unidade de produção com capacidade extra de equipamento tem capacidade redundante (como a empresa B que mantém certo nível de capacidade em excesso em seu setor de injeção de zamac para lidar com as freqüentes quebras de suas máquinas antigas).

Além de redundâncias em capacidade e habilidades, um terceiro tipo de redundância de recursos estruturais foi identificado no estudo empírico. A empresa D mantém estoques de produtos semi-acabados para responder rapidamente à sua demanda altamente variável. Para criar estes estoques, os recursos estruturais tecnológicos e humanos da empresa D foram ativados antes do momento em que esta ativação seria estritamente necessária. A criação destes es-

39. MANDELBAUM, M. *Flexibility in Decision Making: an exploration and unification*. Tese de PH.D. Department of IE, University of Toronto, Canadá, 1978.

40. Considerado aqui, na falta de uma palavra melhor, como a habilidade de mudar de atividades de forma rápida, suave e não custosa.

toques permite que o sistema seja mais flexível aos olhos do cliente e que a empresa *D* responda prontamente às mudanças em sua demanda. Não seria suficiente, segundo seus gerentes, que a empresa *D* mantivesse apenas seus níveis correntes de capacidade e habilidades redundantes. Um estoque de produtos acabados ou semi-acabados é tipicamente um exemplo de uma reserva, criada para que o sistema possa responder melhor a situações em mudança. Esta reserva

é criada por uma utilização redundante ou extra dos recursos estruturais, pois eles foram ativados mais ou antes do que o estritamente necessário.

Portanto, foram identificados três tipos de redundância dos recursos estruturais e que podem se traduzir em níveis de flexibilidade, desde que gerenciados apropriadamente: redundância de capacidade, de habilidades e de utilização. Cada um deles é analisado em mais detalhe abaixo.

- *Redundância nas habilidades*: é uma função da faixa de habilidades que o recurso possui mas não utiliza em cada momento. Se uma máquina, por exemplo, é capaz de produzir dez diferentes tipos de peça ela é mais redundante em termos de habilidades que outra máquina capaz de produzir apenas três diferentes tipos (dado que cada uma destas máquinas produz um tipo de peça de cada vez). A habilidade de uma máquina em termos do número diferentes de peças que ela pode produzir é, em geral, uma característica de seu projeto. Considerando o recurso humano, entretanto, o nível de redundância em habilidades que um trabalhador possui pode ser aumentado por treinamento ou experiência. Se um tra-

Depois que os resultados da automação flexível provaram ser mais modestos que o antecipado (pelo menos até o presente momento), uma mão-de-obra flexível começa a ser largamente aceita como necessidade para uma organização que pretenda atingir altos níveis de flexibilidade de seu sistema de produção.

balhador é treinado para desempenhar uma maior quantidade de tarefas, sua reserva de habilidades aumenta.

- *Redundância na capacidade*: é a diferença entre o nível de saídas que o recurso está normalmente produzindo e o nível máximo de volume de saída que o recurso é capaz de produzir. Se uma máquina tem a capacidade de produzir 1000 peças por hora mas está normalmente produzindo

700 ela tem uma redundância ou reserva de capacidade maior do que uma máquina similar, normalmente produzindo 900 peças por hora. O mesmo conceito pode ser aplicado para um trabalhador ou grupo de trabalhadores.

- *Redundância na utilização*: ocorre quando um recurso é ativado mais do que o estritamente necessário (como, por exemplo, na formação de estoques de segurança) ou antes do estritamente necessário (como na formação do que se chama "tempo ou *lead-time* de segurança". Em ambos os casos, o resultado é a formação de um estoque físico. Aqui um estoque (gerado pela utilização redundante de um recurso estrutural) é definido como a quantidade de matéria-prima, produto semi-acabado ou produto acabado, dentro do sistema, que foi comprado ou processado em quantidades superiores ou anteriormente ao ponto do tempo em que isto seria estritamente necessário para responder a uma específica ordem firme de um cliente. Esta é uma forma alternativa de considerar os estoques no sistema de produção. Não se está sugerindo que estoques sejam desejáveis em princípio, mas apenas que representem um dos elementos com os

quais os gerentes podem contar para atingir mais altos níveis de flexibilidade. A adequação ou não do uso de estoques complementar ou alternativamente ao uso dos outros tipos de redundância dos recursos estruturais de produção para a obtenção de flexibilidade depende de cuidadosa análise dos custos e benefícios, táticos e estratégicos, tangíveis e menos tangíveis, peculiares a cada situação. Esta abordagem para os estoques parece hoje mais aceita nos meios acadêmicos e empresariais que a noção dominante de alguns anos atrás, a da deseabilidade de sistemas com estoque zero. Hoje acadêmicos e práticos consideram que a idéia de estoque zero deve ser substituída pela de “estoque mínimo desejável” (*Just Enough Desirable Inventory – JEDI*). Isto significa que, em princípio, continua desejável que os estoques sejam mantidos a níveis mínimos, mas não mais indiscriminadamente. Há situações em que pode ser desejável manter “estoques estratégicos” em determinados pontos ao longo da cadeia de operações. A fabricante japonesa de motocicletas Kawasaki é um bom exemplo. Ela optou conscientemente por manter altos níveis de estoques de produtos acabados para isolar o seu sistema de manufatura das variações de demanda de curto prazo e, desta forma, obter a estabilidade que seu sistema puxado de fluxo de materiais (*kanban*) necessita. Aos olhos do cliente, entretanto, a Kawasaki é capaz de entregas altamente flexíveis. Ela usa para isto, flexibilidade obtida através da utilização redundante (antes do estritamente necessário) de seus recursos estruturais.

Figura 2:
Tipos de redundância dos recursos estruturais

Tipos de redundância dos recursos estruturais de manufatura	• Habilidades
	• Capacidade
	• Utilização

Há outra característica dos recursos estruturais de produção não relacionada a qualquer tipo de redundância em particular, mas é importante no atingimento de níveis mais altos de flexibilidade, principalmente em termos de flexibilidade de resposta: a mutabilidade dos recursos estruturais.

- *Mutabilidade dos recursos estruturais de produção:* é a facilidade com que facilmente um recurso estrutural troca do estado em que está para outro. Em termos de recursos tecnológicos, mutabilidade refere-se principalmente aos tempos de troca (as empresas *A, B, C* e *D* têm, no momento, em andamento, programas de redução de tempos de troca de ferramenta, visando a aumentar seu nível de flexibilidade de resposta, em outras palavras, o nível de mutabilidade dos seus recursos estruturais tecnológicos). Em termos de recursos humanos, mutabilidade refere-se à facilidade e ao tempo que leva uma pessoa, ou um grupo, para trocar entre tarefas até que esteja executando a tarefa subsequente a mesmo nível de desempenho que anterior em regime.

Figura 3:
Contribuição dos recursos estruturais para a flexibilidade do sistema de produção

Principal contribuição dos recursos estruturais para a flexibilidade do sistema produtivo	Redundância de	• Habilidades
		• Capacidade
		• Utilização
		Mutabilidade

Sumarizando, a flexibilidade de um recurso estrutural pode ser descrita pelo nível e tipos de redundância e o nível de mutabilidade que possui.

OLHANDO PARA A FRENTE: ALGUMAS QUESTÕES AINDA POR RESPONDER

A intenção deste artigo é apresentar as fundações de um quadro de referência alternativo para auxiliar a análise de flexibilidade dos recursos estruturais de produção. Pesquisa adicional é certamente necessária para que o quadro referência possa ser total e praticamente utilizado pelos tomadores de decisão dentro das empresas. Entretanto, a nível conceitual, o quadro apresentado pode auxiliar o entendimento e modelagem de flexibilidade em sistemas de produção assim como auxiliar relações entre a flexibilidade e a geração e manutenção de estoques. Análises desta relação, na bibliografia, ou são evitadas, ou ignoradas, deliberada ou não deliberadamente. Há por certo ainda várias questões por responder.

As relações entre a flexibilidade requerida do sistema de produção (dadas pela estratégia de manufatura da organização) e as características dos recursos estruturais de produção, em termos de redundância e mutabilidade, é algo que necessita de exploração adicional. A literatura normalmente não discrimina adequadamente os diferentes níveis de flexibilidade (com exceções, como Gerwin e Slack⁴¹). É importante ter um conjunto coerente de tipos e dimensões de flexibilidade do sistema de produção (vide Corrêa⁴² para uma proposta de taxonomia para a flexibilidade dos sistemas de produção) para que se possa pensar em responder a seguinte questão: dados os níveis de flexibilidade que determinado sistema necessita atingir para atender às suas necessidades estratégicas, quais tipos/níveis de redundância e que níveis

A nível de sistema de produção, portanto, parece plausível assumir que um sistema produtivo fosse atingir flexibilidade via diferentes configurações dos três tipos de redundância de seus recursos estruturais.

de mutabilidade os recursos estruturais deveriam possuir? Alternativas de resposta a esta questão ainda não foram suficientemente exploradas nem por este estudo nem pela literatura consultada.

Para atingir o *mix* apropriado de tipos de flexibilidade, necessário para que a empresa atinja seus objetivos estratégicos, escolhas apropriadas da melhor configuração de redundâncias devem

ser feitas. Algumas são bastante claras. Para atingir flexibilidade de faixa de novos produto⁴³, por exemplo, a empresa deve usar algum nível de redundância de habilidades, pois nem redundância de capacidade e nem redundância de utilização podem ajudar. Entretanto, em algumas situações, os gerentes têm alternativas de escolha. Por exemplo, se um sistema de produção está sendo projetado para ter uma resposta flexível a mudanças de volume demandado, algumas alternativas estão disponíveis: estoques (ou utilização) redundantes poderiam ser usados, assim como capacidade redundante ou ainda uma mistura de ambos, usados complementarmente. Se uma empresa necessita de flexibilidade para responder a mudanças de *mix* de produtos demandados, uma escolha entre pessoas e máquinas muito flexíveis e alguma quantidade de estoques de produtos semi-acabados e acabados pode ser feita. Análises de custo e benefício devem ser efetuadas para cada situação. A nível de sistema de produção, portanto, parece plausível assumir que um sistema produtivo fosse atingir flexibilidade via diferentes configurações dos três tipos de redundância de seus recursos estruturais. Para que as análises de custo e benefício das alternativas possam ser adequadamente feitas, mais pesquisa é necessária, tanto em termos de medidas para os diferentes tipos de redundância como para seus respectivos custos. □

41. GERWIN, D. An Agenda for Research on the Flexibility of Manufacturing Processes. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 7, n. 1, p. 38-49, 1986; SLACK, N. D. C. Op. cit.

42. CORRÊA, H. L. Op. cit.

43. SLACK, N. D. C. Op. cit.