
Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saídas

Henrique Luiz Corrêa
Nigel D.C. Slack

Recebido em julho/93

Várias áreas de pesquisa, como Comportamento e Desenvolvimento Organizacional e Engenharia Industrial, têm lidado em anos recentes com o conceito de flexibilidade. Cada uma trata flexibilidade de forma diferente, dependendo de seu escopo, utilizando ferramenta analítico próprio, coerente com a abordagem adotada.

Os pesquisadores da área de Desenvolvimento Organizacional estão interessados, principalmente, na flexibilidade dos recursos humanos dentro da organização e, neste sentido, usam ferramentas como teorias comportamentais, psicologia e sociologia do trabalho, como pode ser observado, por exemplo, nos trabalhos do *Institute of Manpower Studies (IMS)* da Universidade de Sussex, Inglaterra.

Na área de Engenharia Industrial pode ser encontrada vasta literatura sob o título *Flexible Manufacturing Systems (FMS)*, normalmente com abordagem bastante técnica, enfatizando aspectos como a seqüenciação de sistemas automatizados flexíveis e utilizando com freqüência modelagem matemática.

Apesar de provavelmente útil para a solução de problemas específicos, o tipo de abordagem **localizada** exemplificada acima não parece adequado para o entendimento mais abrangente e estratégico da flexibilidade dos sistemas de manufatura, como aquele necessário aos administradores e analistas dos sistemas de manufatura como um todo. Para este tipo de análise é necessária abordagem contemplando o conjunto inter-relacionado de recursos produtivos — tecnológicos, humanos e infra-estruturais —, de forma sistêmica. Na literatura relevante, abordando o problema de flexibilidade dos sistemas de manufatura nesse nível, a exigência de ser flexível é normalmente atribuída a dois fatores principais: incertezas ambientais e necessidades (dadas por condicionantes do mercado) do sistema de manufatura de prover variabilidade de saídas. Procura-se, a seguir, explorar com maior profundidade essa proposição.

OBJETIVO DA PESQUISA

Apesar de muitos autores sugerirem ser as incertezas ambientais e a variabilidade de saídas as principais razões para uma organização perseguir o desenvolvimento de flexibilidade na manufatura, poucos têm

Henrique Luiz Corrêa é Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Nigel D.C. Slack é Professor Titular da School of Industrial and Business Studies, University of Warwick

explorado através de trabalhos empíricos os mecanismos por trás desse relacionamento.

Visando tentar preencher essa lacuna, desenvolveu-se a pesquisa aqui descrita com o objetivo de entender e explorar as relações entre as categorias **variabilidade de saídas, incerteza ambiental e flexibilidade** dos sistemas de manufatura.

BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A relação incerteza-flexibilidade

Swamidass & Newell (1987) desenvolveram modelo conceitual de análise incorporando as variáveis **incerteza ambiental e flexibilidade de manufatura**. Testaram-no empiricamente e, baseados nos resultados, concluíram que "uma organização pode conseguir pelo menos alguma ajuda para lidar com as incertezas impostas pelo ambiente através do aumento de sua flexibilidade de manufatura".

Gerwin (1986), por sua vez, argumentou: "sistemas sociais que enfrentam incertezas utilizam flexibilidade como uma resposta adaptativa". Prosseguindo, afirmou que, por haver diversos tipos de incerteza, devem existir, correspondentemente, vários tipos de flexibilidade para lidar com eles.

Gupta & Goyal (1989) afirmaram que sistemas de manufatura flexíveis podem utilizar a flexibilidade como resposta e adaptação a situações imprevisíveis.

Slack (1990) propôs o uso da flexibilidade pelas empresas como forma de lidar com as incertezas, tanto de curto como de longo prazo.

Gerwin & Tarondeau (1989) foram um passo adiante nas análises, sugerindo ligações entre tipos particulares de flexibilidade e diferentes tipos de incerteza. Não exploraram, entretanto, essas ligações e tampouco prescreveram formas práticas de utilizá-las.

Atkinson (1984) afirmou parecerem as empresas tentar o desenvolvimento de estruturas mais flexíveis de mão-de-obra, no sentido de capacitarem-se para lidar mais eficientemente com as incertezas relacionadas ao seu suprimento.

Segundo Carter (1986), a flexibilidade poderia ser também desenvolvida como um **seguro** contra as incertezas do processo, pelo menos no curto prazo (Stecke & Raman, 1986).

A relação variabilidade de saídas-flexibilidade

A variabilidade de saídas tem sido apontada como outra razão, além das incertezas, para o interesse das empresas em desenvolver flexibilidade em nível estratégico. Flexibilidade permitir-lhes-ia, de acordo com Gupta &

Goyal (1989), mudar suas estratégias competitivas, de baseadas nas tradicionais economias de escala para fundamentadas nas economias de escopo (Goldhar & Jelinek, 1983). À medida em que decrescem os tempos de *set-up*, ou de preparação de máquina, a produção em lotes pequenos passa a ser tão econômica como a em larga escala. Sistemas de manufatura flexíveis são importantes, segundo Muramatsu, Kazuyoshi & Katsuhiko (1985), para as empresas terem capacidade de adaptação às mudanças severas do mercado. Gerwin (1986), Kumar (1987), Chambers (1990), Frazelle (1986), Stecke & Raman (1986) e Slack (1990) também defendem ser crescente a necessidade por flexibilidade e que ela se deve, entre outras coisas, às mudanças na situação em que se dá a concorrência pelos mercados. Conforme esses autores, a concorrência é hoje baseada, mais do que nunca, na capacidade de as empresas responderem às diferentes necessidades dos distintos grupos de clientes, com lotes de produção menores e maior proliferação de suas linhas de produtos.

Evitar a necessidade de flexibilidade

Apesar de este ponto não ser tão explorado pela literatura como se poderia esperar, dadas suas implicações, alguns autores sugerem não ser a flexibilidade necessariamente desejável em qualquer circunstância, por nunca ser conseguida sem ônus (Slack, 1988).

Slack (1991) também argumenta que as empresas não deveriam fazer suas vidas desnecessariamente difíceis. Não deveriam, por exemplo, gerar a necessidade de serem flexíveis internamente, para lidar com possíveis problemas de projeto, comunicação interna, falta de foco, excessiva complexidade de roteiros produtivos e correrias de fim de período. Ao invés disso, deveriam tentar eliminar as **causas** dessas imperfeições, através de controle cuidadoso dos níveis de incerteza e complexidade envolvidos no processo propriamente dito.

Com relação ao controle das incertezas, Thompson (1967) já argumentava serem as organizações sistemas abertos que enfrentam incerteza e ambigüidade, requerendo, entretanto, certeza e clareza para operarem de forma racional. Segundo o autor, os administradores das funções operacionais tenderiam, então, a tentar reduzir seus níveis de incerteza para conseguirem manter seus objetivos operacionais.

Comentários gerais sobre a literatura

A existência de algum tipo de relação entre os três conceitos — variabilidade de saídas, incerteza e flexibilidade — é reconhecida por diversos autores, mas ainda são necessárias mais pesquisas para prover o suporte

empírico dessas relações, assim como permitir maior compreensão dos mecanismos que as regem. Se flexibilidade, por exemplo, é a solução indicada para se lidar com variabilidade de saídas e incertezas, talvez haja uma lei geral de formação por trás dessas relações, ou seja, algum conceito mais abrangente que relacione também essas duas categorias — incerteza e variabilidade —, pois nenhuma evidência consta na literatura que faça crer exaurirem elas, por si só, os motivos para uma organização buscar flexibilidade. Da mesma forma, se é verdade que os administradores tendem a evitar a necessidade de a organização ser flexível, quais são as formas usadas por eles para isso? Vários autores que abordaram temas da área de gestão de operações de manufatura passaram ao largo dessas importantes questões.

Parece oportuno tentar o desenvolvimento de uma teoria geral, um racional geral por trás dos conceitos mencionados. Essa teoria ajudaria a explicar, analisar e tomar decisões com relação à flexibilidade, levando em conta maior número de variáveis relevantes envolvidas, ao invés de apenas uma ou duas tratadas isoladamente. Parece haver ainda hoje, depois de anos de pesquisa sobre o tema, entendimento insuficiente não só das relações entre os fatores, mas também da própria maneira como a flexibilidade pode contribuir para o desempenho estratégico da manufatura. Isto fica evidente pelo número de trabalhos, publicados recentemente, ainda preocupados em definir conceitos, tipos e dimensões de flexibilidade da manufatura ou mesmo tentando encontrar analogias físicas que os modelam — como o interessante, porém parcial⁽¹⁾, modelo considerando flexibilidade como um **amortecedor**, proposto por Slack (1991).

METODOLOGIA

Foi efetuada pesquisa, de campo e na literatura recente mais relevante, visando entender e explorar os mecanismos por trás do relacionamento entre as variáveis mencionadas — incerteza, variabilidade de saídas e flexibilidade dos sistemas de manufatura —, numa tentativa de contribuir para a construção de teoria que acomode as variáveis mais significativas envolvidas no processo de tomada de decisão com relação à flexibilidade de manufatura.

A pesquisa de campo foi realizada ao longo de três anos, junto a oito empresas manufatureiras — três na Inglaterra e cinco no Brasil. Utilizou-se a metodologia de estudo de caso, considerada mais apropriada à natureza e aos objetivos da pesquisa (Eisenhardt, 1988; Bryman, 1989; Mintzberg, 1979).

O processo de coleta de dados foi o de entrevistas semi-estruturadas com os administradores (gerentes e diretores) das empresas envolvidas, escolhidos (quanto a função e nível hierárquico) de forma coerente com o nível de análise desejado. As entrevistas foram feitas pelos próprios autores, condição considerada importante no sentido de garantir a validade de construção da pesquisa (aumentando a probabilidade de as informações coletadas realmente representarem as categorias pesquisadas). Este aspecto é particularmente relevante em casos que tratam de conceitos cujo entendimento não seja uniforme e consagrado, como ocorre nesta pesquisa.

Os procedimentos de tratamento dos dados coletados foram os mais sistemáticos possíveis, de modo a aumentar a confiabilidade da pesquisa.

O nível de análise considerado⁽²⁾ foi o dos sistemas de manufatura; em outras palavras, o do conjunto inter-relacionado de recursos de manufatura. Este nível de análise não significa, necessariamente, fábricas inteiras de uma empresa (as quais podem ser, em muitos casos, organizações enormes e de difícil tratamento analítico). Entretanto, pode significar unidades de produção relativamente autônomas dentro de fábricas maiores.

Quando é utilizada a metodologia de estudo de caso a escolha dos elementos da amostra não deve ser feita de forma aleatória. Ao contrário, eles devem ser escolhidos de maneira a prover exemplos polares que preencham as categorias teóricas necessárias e convenientes à pesquisa (Pettigrew, 1979 *apud* Eisenhardt, 1988). Atendendo a esse preceito, as empresas componentes da amostra desta pesquisa foram escolhidas dentre inglesas e brasileiras. Optou-se por empresas brasileiras visando privilegiar a categoria **incerteza**, já que o ambiente industrial do Brasil é notoriamente de alta incerteza. Incluíram-se empresas inglesas que produzem sob encomenda para prover os exemplos polares necessários à categoria **variabilidade de saídas**. Todas as companhias estudadas pertencem ao setor automobilístico, produzindo produtos metal-mecânicos com considerável conteúdo tecnológico. A quantidade de casos foi limitada pelos recursos de pesquisa. O número de gerentes entrevistados variou de empresa para empresa, conforme o seu porte e a disponibilidade, porém nunca foi inferior a quatro. Detalhes sobre a metodologia, assim como sobre as proposições da pesquisa, e os referentes a ferramental e método utilizados podem ser encontrados em Corrêa (1992).

Os casos estudados

Foram estudadas em profundidade quatro empresas (duas no Brasil e duas na Inglaterra), além de

outras quatro, analisadas em detalhe durante a fase da pesquisa-piloto. Todas são manufactureiras de produtos com alto grau de engenharia embutido, do ramo metal-mecânico, pertencentes ao setor automobilístico. Os nomes das empresas serão mantidos em sigilo, conforme solicitado por algumas delas. As empresas estudadas em profundidade serão aqui chamadas de **A**, **B**, **C** e **D**, estando brevemente descritas a seguir.

Empresa A

Fábrica inglesa de automóveis localizada na região de Midlands, o centro industrial inglês, que produz partes para estoque e monta veículos sob encomenda. Nesta pesquisa é focalizado o setor fabricante dos motores e do sistema de transmissão dos veículos.

Empresa B

Fabricante brasileira de carburadores localizada em São Paulo. É a maior fornecedora OEM de carburadores para as montadoras de veículos brasileiras, fazendo parte de grande corporação industrial multinacional com sede na Europa.

Empresa C

Fabricante brasileira de amortecedores. Produz e distribui autopeças para os mercados doméstico e exterior. É empresa totalmente brasileira e, hoje, uma das maiores fabricantes nacionais de autopeças.

Empresa D

Fabricante inglesa de veículos localizada na região de Midlands. Faz parte de grande corporação multinacional com sede na América do Norte. Fabrica produtos para a indústria automobilística, equipamentos industriais e motores, além de veículos especiais. Noventa por cento dos 65000 kits de veículos produzidos por ano na fábrica desta empresa são exportados para 140 países.

RESULTADOS E PROPOSIÇÕES

Alguns resultados da pesquisa

Alguns dos resultados da pesquisa de campo realizada estão a seguir descritos.

- Incerteza e variabilidade de saídas não são categorias adequadas para uso em modelos de apoio à decisão

gerencial com relação à flexibilidade. Em primeiro lugar, são conceitos abstratos para os gerentes, muitos destes bastante pragmáticos. Em segundo, existe um racional por trás dos dois conceitos, sendo ele que realmente motiva as empresas a desenvolverem flexibilidade: mudanças não-planejadas (ocorrem independentemente de decisão gerencial consciente da organização) às quais os sistemas de manufatura estão sujeitos. Incerteza e variabilidade de saídas seriam, então, apenas **dimensões** ou **tipos** de mudanças não-planejadas, como será mostrado posteriormente neste artigo.

- **Os gerentes entendem que os diferentes tipos** de mudanças não-planejadas deveriam ser administrados pelas organizações via desenvolvimento de distintas características de seus recursos produtivos. Podem ser observadas no quadro da página seguinte, especificamente em termos de mudanças não-planejadas (sobre as quais se tem pouca previsibilidade ou sob as quais se trabalha com incerteza), as relações entre as incertezas presentes no sistema de produção mais citadas pelos gerentes entrevistados, a título de ilustração, como potencialmente prejudiciais à competitividade e as características de recursos e ações gerenciais mais adequados para lidar com elas.
- Os gerentes consideram flexibilidade como **uma das maneiras** de lidar com mudanças não-planejadas, às quais a organização está sujeita. Entretanto, consideram que a flexibilidade deve ser desenvolvida ou utilizada, principalmente, quando as mudanças não puderem ser controladas (reduzidas ou eliminadas), enfatizando a postura de **reduzir a necessidade de ser flexível**, sempre que possível.
- Apesar de a maioria dos gerentes considerar mais interessante **reduzir a necessidade de ser flexível** do que desenvolver flexibilidade propriamente dita, eles nem sempre conseguem discriminar claramente os mecanismos de **redução das mudanças** e os de desenvolvimento de flexibilidade.

Proposições

A partir desses e de outros resultados empíricos e da literatura relevante sobre o tema foi desenvolvido modelo conceitual tentando estabelecer algumas bases sobre as quais possa ser construída uma teoria com relação à flexibilidade de manufatura. Algumas das proposições do modelo desenvolvido são mencionadas e brevemente descritas a seguir.

Incertezas com relação a:	Podem ser administradas desenvolvendo-se:
• Suprimento de materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidade de reprogramação • Coordenação com fornecedores • Estoques de segurança • Máquinas flexíveis (multicapazes)
• Mix da demanda	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidade para reprogramação da produção • Trocas rápidas de ferramentas • Estoques de produtos acabados e semi-acabados • Habilidade para conseguir baixos <i>lead-times</i> de suprimento
• Quebras de máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção preventiva • Ação corretiva rápida • Habilidade para re-roteamento do fluxo
• Absenteísmo da mão-de-obra	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-habilidade da mão-de-obra • Alguma capacidade extra de mão-de-obra
• Introdução de novos produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Integração projeto/processo/produção • Habilidade para subcontratar fornecimento
• Comportamento gerencial nas mudanças	<ul style="list-style-type: none"> • Treinamento/conscientização
• Demanda agregada	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de previsão adequados
• Suprimento de mão-de-obra	<ul style="list-style-type: none"> • Treinamento interno da mão-de-obra
• Intervenção governamental	<ul style="list-style-type: none"> • Tempos curtos — todos os ciclos de produção
• Informação tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidade para subcontratar suprimento
• Comportamento dos sindicatos	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento cuidadoso do ambiente

• As empresas estão sujeitas a mudanças não-planejadas e estas têm dimensões que devem ser definidas, pois a gestão de cada uma pode demandar ações distintas. As principais dimensões identificadas são:

- **tamanho** da mudança (por exemplo, aumento substancial no volume demandado);
- **novidade** da mudança (por exemplo, demanda de uma especificação totalmente nova de determinado produto, por um cliente);
- **freqüência** de ocorrência da mudança (por exemplo, mudanças freqüentes no *mix* de produtos demandados pelos clientes ou mudanças de disponibilidade de equipamentos que quebram constantemente);
- **velocidade** de ocorrência da mudança (a alteração nos volumes demandados, por exemplo, pode ocorrer lenta ou bruscamente);
- **incerteza** (entendida como imprevisibilidade, segundo o ponto de vista da organização) de ocorrência da mudança. As empresas brasileiras da amostra exemplificaram esta característica, consistentemente, pelas ações governamentais, em anos recentes.

• Há duas formas complementares de administrar as mudanças não-planejadas (e suas dimensões) em sistemas de manufatura: controlar as mudanças e lidar com os seus efeitos. São propostas, a partir disso, as seguintes definições:

- **controle de mudanças não-planejadas** — relacionado com a habilidade do sistema de produção para interferir com eficácia nas causas das mudanças (**preventiva** ou **proativamente**) ou na forma como o sistema de manufatura sente as mudanças, de maneira a alterar uma ou algumas de suas dimensões, cujos efeitos teriam de ser lidados pelo sistema;
- **flexibilidade** — é a medida da habilidade do sistema de produção para lidar eficazmente com os efeitos (**reativamente**) das mudanças não-planejadas sentidos por ele.

Os mecanismos de controle das mudanças não-planejadas funcionariam como um **filtro**, reduzindo a quantidade das mudanças com as quais o sistema de manufatura terá de lidar. As mudanças (e seus efeitos) que passarem pelo **filtro** de controle terão, então, de ser administradas; o sistema terá de responder a elas, através de suas características de flexibilidade.

• Mecanismos de controle de mudanças não-planejadas intra-sistema de produção podem ser usados

para aumentar a flexibilidade do sistema como um todo. As mudanças não-planejadas causam, em geral, turbulência e descontinuidade. Por outro lado, o nível de flexibilidade de determinado sistema também depende da velocidade com que consegue responder às mudanças. O controle das mudanças internas ao sistema pode reduzir turbulências e descontinuidades, facilitando e favorecendo a velocidade de resposta e, portanto, a flexibilidade.

- Existem cinco tipos e duas dimensões relevantes na análise da flexibilidade dos sistemas de manufatura. Os tipos são:
 - **flexibilidade de novos produtos** — habilidade para introduzir novos produtos com eficácia ou alterar os já existentes em linha no sistema de manufatura (vista pela empresa D como seu principal diferencial competitivo, pois produz sob encomenda);
 - **flexibilidade de mix de produtos** — habilidade para produzir eficazmente alta porcentagem da linha de produtos total do sistema de manufatura em determinado intervalo de tempo (considerada de importância crucial pela empresa A, que monta sob encomenda);
 - **flexibilidade de volume** — habilidade para alterar níveis agregados de produção com eficácia (considerada pela empresa C, por exemplo, como muito importante, pois às vezes compradores americanos significativos colocam ordens *one off* de alto volume que podem representar 8% do faturamento anual de um produto em particular);
 - **flexibilidade de entrega** — habilidade para alterar, de forma eficaz, as datas de entrega prometidas (a empresa B, por exemplo, considera este tipo de flexibilidade importante quando lida com mudanças de programas das montadoras de veículos);
 - **flexibilidade de robustez** — habilidade do sistema de manufatura para responder eficazmente aos problemas relacionados às mudanças não-planejadas na disponibilidade de recursos e no suprimento de seus insumos.

Os quatro primeiros tipos de flexibilidade, considerados importantes pelos gerentes entrevistados, referem-se às **saídas** do sistema de manufatura e são similares aos quatro propostos por Slack (1989).

Entretanto, foi identificada nesta pesquisa a necessidade de desenvolvimento de habilidades específicas para lidar com mudanças no **processo de transformação** e nas **entradas** dos sistemas de manufatura. As empresas da amostra, principalmente as brasileiras, tinham desenvolvido mecanismos de fle-

xibilidade especialmente desenhados para lidar com as mudanças não-planejadas nas entradas e no processo.

A empresa C, por exemplo, devido às freqüentes quebras dos equipamentos (máquinas antigas) em um de seus setores, tinha veículo alocado e orçamento projetado e administrado pelo gerente de fábrica para permitir a compra rápida de peças de reposição no mercado *off the shelf*, sem ter de passar pelos trâmites normais de compras, em geral mais demorados.

É proposto, então, o quinto tipo de flexibilidade (de robustez), o qual deve ser igualmente planejado, administrado, medido e avaliado, para os casos que justifiquem tal procedimento.

Dois dimensões relevantes da flexibilidade aplicam-se a todos os seus tipos descritos. Uma, aqui chamada de **faixa**, refere-se à quantidade de estados distintos que determinado sistema pode assumir ou à largura da **faixa** de estados possíveis a um sistema (por exemplo, a quantidade de peças diferentes que uma máquina pode processar). A outra dimensão refere-se à capacidade de resposta ou, em outras palavras, à fricção causada pela mudança **entre estados**, como tempo, custos e esforço para reprogramar uma máquina para outro produto, entre os que é capaz de processar (Slack, 1989). Quanto menor a **fricção** causada pela mudança, maior a flexibilidade de **resposta** do sistema.

- Há várias formas de exercer **controle** sobre as mudanças não-planejadas. Foram identificadas na pesquisa sete ações gerais utilizadas pelos gerentes para **controlar** os níveis dessas mudanças. Os exemplos a seguir expostos foram escolhidos entre os muitos encontrados na pesquisa de campo⁽³⁾:
 - **monitoração/previsões** — reduz os níveis de incerteza e novidade das mudanças a serem administradas na demanda e nas novas tecnologias (a empresa C mantém escritórios de projetos em centros tecnológicos mais avançados para acompanhar os desenvolvimentos das tecnologias de produto e processo relevantes ao seu ramo de atividades); a monitoração dos rumos do movimento sindical reduz a incerteza quanto à possível paralisação (as empresas B e C normalmente agem nesse sentido);
 - **coordenação/integração** — coordenação ou integração com os fornecedores, sejam eles internos ou externos, reduz os níveis de incerteza das mudanças relacionadas ao fornecimento de insumos (todas as empresas da amostra têm programas de

- redução da base de fornecedores e duas delas já operam em EDI — *electronic data interchange* — com alguns de seus maiores fornecedores);
- **foco/confinamento** — o foco em grandes pedidos reduz a frequência de ocorrência de trocas e preparações de máquina; focalizar a maioria das células em faixas estreitas ou famílias de produtos e poucas na tarefa de produzir flexivelmente os produtos restantes confina (e, portanto, reduz) a necessidade de ser flexível a apenas estas últimas (a empresa A trabalha com *layout* celularizado, mantendo várias células para a manufatura de famílias bem-definidas de produtos e uma célula equipada com máquinas de controle numérico e mão-de-obra multi-hábil que se encarrega de manufaturar flexivelmente os produtos não encaixados nas outras células);
 - **delegação/subcontratação** — a subcontratação de firmas especialistas em determinadas tecnologias de certas partes do produto reduz a necessidade da empresa responder às mudanças que eventualmente nelas ocorram (a empresa A projetou por muitos anos seus próprios motores *diesel*, mas resolveu delegar essa tarefa a uma firma especializada italiana porque as mudanças na tecnologia desses motores tornaram-se muito frequentes devido às novas e exigentes leis inglesas de emissões de gases, considerando ser oneroso demais tentar se manter atualizada apenas com recursos próprios);
 - **desenvolvimento de múltiplas fontes/substituição** — a manutenção de múltiplas fontes de fornecimento reduz o tamanho da mudança com a qual a empresa terá de lidar no caso de interrupção das entregas de um fornecedor; a substituição de máquina constantemente quebrada por outra mais confiável pode reduzir a incerteza e a frequência de mudanças não-esperadas na disponibilidade do equipamento (as empresas da amostra que se encontravam nos estágios iniciais de seus programas de desenvolvimento e redução da base de fornecedores, como as B, C e D, mantinham fornecedores alternativos para seus itens mais importantes, até alguns sobressaírem como os melhores candidatos a **exclusivos**);
 - **negociação/propaganda/promoções** — a negociação com clientes pode permitir congelamento de programas de produção, reduzindo a frequência das mudanças solicitadas; as promoções podem diminuir o tamanho das mudanças nos volumes da demanda, suavizando-as; a negociação com clientes internos pode levar à padronização de componentes e partes, reduzindo a necessidade

de trocas (a empresa D, por exemplo, produz sob encomenda e, tendo de lidar com enorme variedade de produtos finais, descobriu que isto não significava, necessariamente, grande variedade de componentes, pois os produtos finais eram, em geral, configurações diferentes de reduzida quantidade de componentes que poderiam ser padronizados. Passou, então, via negociação entre os setores envolvidos, a padronizar itens componentes, já tendo alcançado resultados significativos);

- **manutenção/atualização/treinamento** — a manutenção preventiva de equipamentos reduz a frequência, o tamanho e, possivelmente, a incerteza das mudanças referentes à disponibilidade de equipamentos; o treinamento de pessoal reduz as mudanças de programas causadas por erros; a atualização de dados dos sistemas diminui as mudanças ocasionadas por inadequação de registros, quando estes são detectados (programas de treinamento em qualidade reduziram substancialmente os retrabalhos nas empresas B e C; todas as empresas da amostra também dispunham de programas de manutenção preventiva, extensivamente utilizados ou planejados para implantação.

Vários movimentos e técnicas gerenciais modernos podem ser vistos como formas particulares de algumas dessas sete ações gerenciais. São exemplos disto as técnicas de controle de fluxo de materiais, como o *kanban* — caso particular de **coordenação/integração**; o conceito de foco na manufatura — caso particular de **foco/confinamento**; a manutenção preventiva — caso particular de **manutenção/atualização/treinamento**; e o desenvolvimento ou a engenharia simultânea — outro caso particular de **coordenação/integração**.

CONCLUSÕES

A proposição inicial foi estudar os mecanismos por trás do relacionamento entre as variáveis incerteza, variabilidade de saídas e flexibilidade de sistemas de manufatura, uma vez que vários autores haviam sugerido existirem relações entre essas variáveis sem, contudo, terem abordado os mecanismos por trás delas. O objetivo era construir, se possível, uma teoria sobre o tema.

A adoção da metodologia de estudo de caso mostrou-se altamente adequada aos objetivos da pesquisa, pois permitiu a alteração de seu foco à medida em que informações eram levantadas empiricamente. Em estudos de casos, os processos de coleta e análise dos dados superpõem-se (Eisenhardt, 1988).

Identificou-se na pesquisa de campo, por exemplo, que os gerentes enfatizam, tanto ou mais, **evitar ter de ser flexível** em detrimento de **ser flexível**, como faz crer grande parte da literatura. Outro ponto ficou claro: as categorias incerteza e variabilidade de saídas são inadequadas como motivos para a flexibilidade, para efeito do desenvolvimento de modelos de apoio à tomada de decisão gerencial. Incerteza e variabilidade de saídas são, então, manifestações ou dimensões do real motivador da flexibilidade, o conjunto de mudanças não-planejadas ao qual o sistema de manufatura está exposto.

Constatou-se, igualmente, que para adequado entendimento do conceito de flexibilidade (habilidade para responder às mudanças não-planejadas) é impossível não considerar, sistemicamente, o seu complemento, ou seja, o controle das mudanças. Os níveis de habilidade a serem desenvolvidos pelo sistema de manufatura, para complementarmente controlar as mudanças não-planejadas e lidar com os seus efeitos — que por algum motivo não foram controlados —, envolvem diferentes recursos (por exemplo, quanto investir em manutenção preventiva — controle — e em corretiva — flexibilidade de robustez) e dependem de decisão gerencial. Para tomar essa decisão, é importante que o administrador disponha de cenário abrangente, contemplando todas as variáveis significativas envolvidas.

Propôs-se, então, um modelo de relacionamento entre as mudanças não-planejadas, o controle delas e a flexibilidade dos sistemas de manufatura. Com o objetivo de caminhar no sentido do desenvolvimento de uma teoria mais abrangente sobre flexibilidade de manufatura, foram identificados dimensões de mudança, tipos e dimensões de flexibilidade e tipos de controle, a partir da literatura e da pesquisa de campo.

Seguramente, mais pesquisas são necessárias para aprofundar conceitos ainda pouco explorados, como as relações contingentes entre as diversas dimensões de mudança, os diferentes tipos de controle e os distintos tipos e dimensões de flexibilidade. Outros aspectos a serem investigados dizem respeito às medidas e formas de medir os diversos níveis de flexibilidade. Considerações referentes aos custos envolvidos com a flexibilidade, assim como com o controle de mudanças, também merecem mais atenção por parte dos pesquisadores, pois a decisão gerencial sobre os níveis de flexibilidade e de controle mais adequados às necessidades estratégicas da organização tem, obrigatoriamente, de contemplar os custos.

A abordagem proposta, mesmo que sirva apenas para estabelecer as bases para futuros desenvolvimentos, parece consistente e adequada à análise estratégica organizacional com relação às necessidades de flexibilidade na manufatura. ♦

NOTAS

- (1) O modelo é parcial porque contempla apenas o aspecto reativo da flexibilidade (um amortecedor é um elemento passivo), deixando de atentar para o fato de crescentemente as organizações poderem usar sua flexibilidade para obter vantagens competitivas proativamente, por exemplo oferecendo produtos personalizados em mercados anteriormente servidos de forma massifica-

da (alguns segmentos do mercado automobilístico).

- (2) Gerwin (1986) chama a atenção para os problemas que podem advir da análise indiscriminada de flexibilidades em níveis diferentes — por exemplo, em nível do sistema produtivo e da empresa como um todo.
- (3) Mais exemplos podem ser encontrados em Corrêa (1992).

RESUMO

Neste artigo são apresentadas algumas conclusões baseadas em pesquisa de três anos, concluída recentemente, junto a empresas brasileiras e inglesas do ramo automobilístico, com o objetivo global de investigar conceitos específicos relacionados à análise das necessidades estratégicas de flexibilidade dos sistemas de manufatura (e suas inter-relações): flexibilidade dos sistemas propriamente dita, incertezas ambientais e variabilidade de saídas. Além de resultados empíricos, são mostrados aspectos relevantes de modelo original desenvolvido para essa análise. O modelo sugeriu e a pesquisa permitiu concluir ser inadequada, pelo menos em nível estratégico, a análise isolada da flexibilidade, nos moldes encontrados na literatura corrente. Ela deve ser feita tendo sempre em perspectiva o conceito, complementar ao de flexibilidade, de controle das mudanças não-planejadas. A intensidade da ênfase nas ações de controle dessas mudanças ou na flexibilidade é, em grande parte, decisão gerencial. Portanto, é fundamental considerar esses dois conceitos em conjunto. Tipos e dimensões das ações de controle das mudanças não-planejadas e de flexibilidade dos sistemas de manufatura são identificados com base na pesquisa de campo e brevemente discutidos com vistas à sua aplicação em situações gerenciais práticas.

Palavras-chave: flexibilidade de manufatura, estratégia de manufatura, sistemas de manufatura

ABSTRACT

This paper presents some of the conclusions of a recently concluded 3-year research project carried out by the authors, which comprised English and Brazilian manufacturing companies belonging to the automotive industry. The overall objective of the research was to explore some concepts related to manufacturing flexibility at the strategic level, e.g. environmental uncertainty, variability of outputs and system flexibility itself and, their inter-relationships. In this paper some of the empirical results of the research work are announced and also some aspects of an original framework which was developed to help managers analyse the manufacturing systems flexibility and strategic requirements are proposed. The research's conclusions suggest that, differently from what is normally found in the current literature, the strategic analysis of manufacturing flexibility should not be done separately from the concept of unplanned change control, which, at the strategic level, is complementary to the concept of flexibility. Rather than reacting to the effects of the unplanned change after they crop up (which is the role of flexibility) the concept of control refers to the managerial actions which try, preventively, to influence the occurrence of the changes, aiming for reducing their effects upon the system. Types and dimensions of unplanned change control and also types and dimensions of flexibility are also identified, based on the field work carried out and, further discussed aiming at making it possible to apply such concepts to practical managerial contingencies.

Uniterms: manufacturing flexibility, manufacturing strategy, manufacturing systems

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINSON, J. Manpower strategies for flexible organizations. *Personal Management*, p.28-31, Aug. 1984.
- BRYMAN, A. *Research methods and organization studies*. London, Unwin Hyman, 1989.
- CARTER, M.F. Designing flexibility into automated manufacturing systems. ORSA/TIMS CONFERENCE ON FMS, 2. STECKE, K. & SURI, R. (eds.). *Proceedings*. Amsterdam, Elsevier, 1986.
- CHAMBERS, S. Flexibility in the context of manufacturing strategy. INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE OPERATIONS MANAGEMENT ASSOCIATION UK — MANUFACTURING STRATEGY — THEORY AND PRACTICE, 5. University of Warwick, June 1990.
- CORRÊA, H.L. *The links between uncertainty, variability of outputs and flexibility in manufacturing systems*. Coventry, Inglaterra, 1992. Tese (Doutorado) — University of Warwick.
- EISENHARDT, K.M. *Building theory from case study research*. Stanford University, Department of Industrial Engineering and Engineering Management, Oct. 1988. [Working paper]
- FRAZELLE, E.H. Flexibility: a strategy response in changing times. *Industrial Engineering*, p.17-20, Mar. 1986.
- 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.
- GERWIN, D. & TARONDEAU, J.C. International comparisons of manufacturing flexibility. In: FERDOWS, K. *Managing international manufacturing*. Amsterdam, North-Holland, 1989.
- GOLDHAR, J.D. & JELINEK, M. Plan for economies of scope. *Harvard Business Review*, Nov./Dec. 1983.
- GUPTA, Y.P. & GOYAL, S. Flexibility of manufacturing systems: concepts and measurements. *European Journal of Operational Research*, v.43, p.119-135, 1989.
- KUMAR, V. Entropic measures of manufacturing flexibility. *International Journal of Production Research*, v.25, n.7, p.957-966, 1987.
- MINTZBERG, H. An emerging strategy of "direct" research. *Administrative Science Quarterly*, v.24, p.580-589, 1979.
- MURAMATSU, R.; KAZUYOSHI, I.; KATSUHIKO, T. Some ways to increase flexibility in manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, v.23, n.4, p.691-703, 1985.
- SLACK, N.D.C. Manufacturing systems flexibility: an assessment procedure. *Systems*, v.1, n.1, Feb. 1988.
- _____. *Managing the manufacturing function*. Uxbridge, Brunel University, 1989.
- _____. *Managing operations: the operations advantage*. In: *The directors handbook*. London, Director's Books, 1990.
- _____. *The manufacturing advantage*. London, Mercury, 1991.
- STECKE, K.E. & RAMAN, N. *Production flexibilities and their impact on manufacturing strategy*. University of Michigan, Graduate School of Business Administration, Dec. 1986. [Working paper n.484]
- SWAMIDASS, P.M. & NEWELL, W.T. Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytical model. *Management Science*, v.33, n.4, Apr. 1987.
- THOMPSON, J.D. *Organizations in action*. New York, McGraw-Hill, 1967.