

Este documento faz parte do material que compõe o livro:

Planejamento, Programação e Controle da Produção
MRP II / ERP: Conceitos, Uso e Implantação

Henrique L. Corrêa, Irineu G. N. Giansesi, Mauro Caon
Editora Atlas – 4^a edição – 2001
ISBN 85-224-2502-7

Este e outros documentos associados ao livro estão disponíveis em:

<http://www.salaviva.com.br/livro/ppcp>

Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saída¹

Henrique Luiz Corrêa e Nigel D. C. Slack***

**Departamento de Produção e Operações da EAESP - FGV e Consultor da
Corrêa & Associados (<http://www.correa.com.br>)*

***School of Industrial and Business Studies, University of Warwick, Inglaterra.*

Resumo

Este artigo apresenta algumas conclusões a que os autores chegaram em uma pesquisa de 3 anos, concluída recentemente, junto a empresas brasileiras e inglesas do ramo automobilístico, com o objetivo global de explorar conceitos específicos relacionados à análise estratégica da flexibilidade dos sistemas de manufatura (e suas inter-relações), e.g. a flexibilidade dos sistemas propriamente dita, as incertezas ambientais, a variabilidade de saídas. Neste artigo, são apresentados alguns resultados empíricos da pesquisa e também alguns aspectos relevantes de um modelo original desenvolvido para a análise das necessidades estratégicas de flexibilidade dos sistemas de manufatura. A pesquisa conclui e o modelo sugere que, pelo menos no nível estratégico, é inadequada a análise isolada da flexibilidade de sistemas de manufatura, nos moldes em que é encontrado na literatura corrente. Esta análise deve, ao contrário, sempre ser feita tendo em perspectiva o conceito, complementar ao conceito de flexibilidade, de controle das mudanças não planejadas (que ocorrem independente de uma decisão gerencial consciente da organização). Antes de reagir aos efeitos de tais mudanças (que é o papel da flexibilidade), o controle representa as ações gerenciais que buscam influenciar preventivamente, restringindo sua ocorrência ou os seus efeitos sobre o sistema. As mudanças não planejadas que, ou não podem ser controladas, ou que se decide não controlar, são administradas pelas características de flexibilidade do sistema. A maior ou menor ênfase no controle ou em flexibilidade é, portanto, em grande parte, uma decisão gerencial, daí a importância da consideração conjunta dos dois

¹ Artigo publicado na Revista de Administração da USP, Vol 29, Num 1, 1994.

conceitos complementares. Tipos e dimensões das ações de controle das mudanças não planejadas e de flexibilidade dos sistemas de manufatura são também identificados com base na pesquisa de campo e brevemente discutidos neste artigo com vistas à sua aplicação em situações gerenciais práticas.

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 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 to reduce 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.

INTRODUÇÃO

Várias áreas de pesquisa em anos recentes e.g. o Comportamento e Desenvolvimento Organizacional e a Engenharia Industrial têm lidado com o conceito de flexibilidade. Cada uma destas áreas aborda flexibilidade de forma diferente, dependendo do seu escopo. Cada uma delas também se utiliza de ferrental analítico próprio, coerente com a abordagem adotada. Os pesquisadores da área de Desenvolvimento Organizacional estão principalmente interessados na flexibilidade dos recursos humanos dentro da organização e nesse sentido, usam ferramentas como teorias comportamentais, psicologia e sociologia do trabalho, como pode ser observado

nos trabalhos, por exemplo, do IMS - "Institute of Manpower Studies" da Universidade de Sussex, Inglaterra. Por outro lado, em Engenharia Industrial, uma vasta literatura pode também ser encontrada sob o título FMS - "Flexible Manufacturing Systems", com uma abordagem normalmente bastante técnica que enfatiza aspectos como a sequenciação de sistemas automatizados flexíveis, utilizando frequentemente modelagem matemática.

Embora provavelmente útil para a solução de problemas específicos, o tipo de abordagem "localizada" exemplificada acima não parece adequada para um 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 uma abordagem que contemple o conjunto inter-relacionado de recursos produtivos - tecnológicos, humanos e infra-estruturais, de forma sistêmica. A literatura relevante que aborda o problema de flexibilidade dos sistemas de manufatura com este nível, normalmente atribui a necessidade de ser flexível a dois fatores principais: às incertezas ambientais e às necessidades (dadas por condicionantes do mercado) do sistema de manufatura de prover variabilidade de saídas. O restante deste artigo procura explorar em maior profundidade esta proposição da literatura.

OBJETIVOS DA PESQUISA

Embora uma grande quantidade de autores da literatura sugiram que as incertezas ambientais e a variabilidade de saídas são as principais razões para uma organização perseguir o desenvolvimento de flexibilidade na manufatura, poucos trabalhos empíricos de pesquisa têm explorado os mecanismos por trás deste relacionamento. Numa tentativa de preencher esta lacuna, o objetivo geral da pesquisa desenvolvida e aqui descrita foi o de entender e explorar as relações entre as categorias "variabilidade de saídas", "incerteza ambiental" e "flexibilidade" dos sistemas de manufatura.

UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A relação incerteza - flexibilidade

Swamidass (1986) desenvolve um modelo conceitual de análise incorporando as variáveis "incerteza ambiental" e "flexibilidade de manufatura", testa o modelo empiricamente e, baseado

nos resultados do teste, conclui 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) argumenta que "sistemas sociais que enfrentam incertezas utilizam flexibilidade como uma resposta adaptativa"; prosseguindo, ele sugere que, uma vez que há diversos tipos de incerteza, deve haver correspondentemente, diversos tipos de flexibilidade para lidar com eles. Gupta e Goyal (1989) sugerem que sistemas de manufatura que são flexíveis podem utilizar flexibilidade como forma de responder e adaptar-se a situações imprevisíveis. Slack (1990) também sugere que as empresas usem flexibilidade para lidar com incertezas, tanto de curto como de longo prazo. Gerwin e Tarondeau (1989) vão um passo adiante nas análises, sugerindo ligações entre tipos particulares de flexibilidade e diferentes tipos de incerteza. Não exploram, entretanto, estas ligações e nem tampouco prescrevem formas de se utilizá-las de forma prática.

Atkinson (1984) afirma que as empresas parecem tentar desenvolver estruturas mais flexíveis de mão-de-obra no sentido de serem capazes de lidar mais eficientemente com incertezas que digam respeito ao suprimento da mão-de-obra. Flexibilidade poderia, também, ser desenvolvida como um "seguro", segundo Carter (1986), contra incertezas do processo, ao menos no curto prazo (Stecke e Raman, 1986).

A relação variabilidade de saídas-flexibilidade

Variabilidade de saídas, além das incertezas, tem sido apontada como outra razão para o interesse das empresas por desenvolver flexibilidade em nível estratégico. Flexibilidade permitiria às empresas, de acordo com Gupta e Goyal (1989), mudar suas estratégias competitivas, de baseadas nas tradicionais economias de escala para baseadas nas economias de escopo (Goldhar e Jelinek, 1983). Na medida em que os tempos de "set-up", ou de preparação de máquina, decrescem, a produção em lotes pequenos passa a ser tão econômica como a produção em larga escala. Sistemas de manufatura flexíveis são importantes, de acordo com Muramatsu et al. (1985), para que as empresas sejam capazes de adaptar-se a mudanças severas do mercado. Gerwin (1986), Kumar (1987), Chambers (1990), Frazelle (1986), Stecke e Raman (1986), e Slack (1990) também defendem que a necessidade por flexibilidade é crescente e é, entre outras coisas, devida às mudanças na natureza em que se dá a concorrência pelos mercados. De acordo com estes autores, hoje a concorrência é baseada, mais do que

nunca, na capacidade de as empresas responderem às diferentes necessidades dos diferentes grupos de clientes, com lotes de produção menores e uma maior proliferação das suas linhas de produtos.

Evitar a necessidade de flexibilidade

Embora este ponto não seja tão explorado pela literatura como se poderia esperar, dadas as suas implicações, alguns autores sugerem que flexibilidade não é necessariamente desejável em qualquer circunstância, dado que flexibilidade nunca se consegue de graça (Slack, 1988). Slack (1991) também argumenta que as empresas não deveriam fazer suas vidas desnecessariamente difíceis. Elas não deveriam, por exemplo, gerar a necessidade de ser 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, elas deveriam tentar eliminar as *causas* desta imperfeições, através do controle cuidadoso dos níveis de incerteza e complexidade envolvidos no processo propriamente dito. Com relação a controlar as incertezas, Thompson (1967) já argumentava que as organizações são sistemas abertos que enfrentam incerteza e ambiguidade, requerendo, entretanto, certeza e clareza para operar de uma forma racional. De acordo com o autor, então, os administradores das funções operacionais tenderiam a tentar reduzir seus níveis de incerteza para conseguirem manter os seus objetivos operacionais.

Comentários gerais sobre a literatura

Embora a existência de algum tipo de relação entre os três conceitos - variabilidade de saídas, incerteza e flexibilidade seja reconhecido pelos principais autores da literatura, mais pesquisa é ainda necessária para prover tanto o suporte empírico para estas relações como uma maior compreensão dos mecanismos que as regem. Se flexibilidade, por exemplo, é o remédio indicado para se lidar com variabilidade de saídas e com incertezas, talvez haja uma lei geral de formação por trás destas relações, algum conceito mais abrangente que relacione também as duas categorias: incerteza e variabilidade, já que nenhuma evidência consta na literatura que faça crer que estas duas categorias exauram 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 que eles usam para fazer isso? Os

principais autores na área de gestão de operações de manufatura têm passado ao largo destas importantes questões.

Parece oportuno se tentar desenvolver uma teoria geral, um racional geral por trás dos conceitos mencionados acima. Esta teoria ajudaria a explicar, analisar e tomar decisões com relação à flexibilidade, levando em conta um maior número de variáveis relevantes envolvidas, ao invés de apenas uma ou algumas, tratadas isoladamente. Parece haver, ainda hoje, depois de anos de exploração de flexibilidade pela literatura, um entendimento insuficiente, não só das relações entre os fatores, mas também da própria maneira que a flexibilidade é vista em termos das contribuições que pode dar ao desempenho estratégico da manufatura. Isto fica evidente pelo número de trabalhos publicados recentemente, ainda preocupados em definir conceitos, tipos e dimensões de flexibilidade de manufatura e mesmo tentando achar analogias físicas que consigam modelá-los - como o interessante porém parcial² modelo de flexibilidade como um "amortecedor", proposto por Slack (1991).

METODOLOGIA

A pesquisa aqui descrita é uma tentativa de entender e explorar os mecanismos por trás do relacionamento entre as variáveis mencionadas acima: incerteza, variabilidade e flexibilidade dos sistemas de manufatura, numa tentativa de contribuir para a construção de teoria: uma teoria que acomode as variáveis mais relevantes envolvidas no processo de tomada de decisão com relação a flexibilidade de manufatura, a partir da literatura recente mais relevante e de uma pesquisa de campo. Esta pesquisa de campo foi realizada ao longo de 2 anos, junto a 8 empresas manufatureiras, sendo 3 na Inglaterra e 5 no Brasil. Foi utilizada a metodologia de estudos de casos, considerada mais apropriada à natureza e 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,

²O modelo é parcial porque contempla apenas o aspecto reativo da flexibilidade (um amortecedor é um elemento passivo), deixando de atentar para o fato que crescentemente as organizações podem usar a sua flexibilidade para obter vantagens competitivas proativamente, por exemplo oferecendo produtos personalizados em mercados anteriormente servidos de forma massificada (e.g. alguns segmentos do mercado automobilístico).

escolhidos (quanto à 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 que as informações coletadas realmente representem as categorias pesquisadas). Este aspecto é particularmente importante em casos que tratam de conceitos cujo entendimento não seja uniforme e consagrado, como é o caso da presente pesquisa. Os procedimentos de tratamento dos dados coletados foram o mais sistemáticos possível, de modo a aumentar a confiabilidade da pesquisa.

O nível de análise considerado nesta pesquisa³ é o dos sistemas de manufatura, ou, em outras palavras, o nível do conjunto inter-relacionado de recursos de manufatura. Este nível de análise não necessariamente significa fábricas inteiras de uma empresa (as quais, em muitos casos, podem ser organizações enormes e de difícil tratamento analítico), mas pode significar, também, unidades de produção relativamente autônomas dentro de fábricas maiores.

A escolha dos elementos da amostra, em metodologia de estudos de caso, não deve ser feita de forma aleatória. Ao contrário, eles devem ser escolhidos de forma a prover exemplos polares que preencham as categorias teóricas necessárias e convenientes à pesquisa (Pettigrew, 1979 *apud* Eisenhardt, 1988). Atendendo a este preceito, as empresas componentes da amostra da pesquisa aqui apresentada foram escolhidas dentre empresas inglesas e brasileiras. As brasileiras, por se considerar que a categoria "incerteza" seria privilegiada, já que o ambiente industrial brasileiro é notoriamente um ambiente de alta incerteza. Incluíram-se empresas inglesas que produzem sob encomenda para prover os exemplos polares necessários à categoria "variabilidade de saídas". Todas as empresas estudadas pertencem ao setor automobilístico, produzindo produtos metal-mecânicos, de considerável conteúdo tecnológico. O número de casos foi limitado pelos recursos de pesquisa. A quantidade de gerentes entrevistados por caso estudado variou de empresa para empresa conforme o seu porte e disponibilidade, nunca, entretanto sendo menor que 4. Detalhes sobre a metodologia, assim como sobre as proposições

³Gerwin(1986) chama a atenção para os problemas que podem advir de se analisar indiscriminadamente flexibilidades em níveis diferentes - por exemplo, o nível do sistema produtivo e o nível da empresa como um todo.

da pesquisa e detalhes a respeito do ferramental e método utilizado na pesquisa de campo podem ser achados em Corrêa (1992).

Os casos estudados

O número de casos estudados em profundidade foi de 4 empresas (2 no Brasil e 2 na Inglaterra), além de outras quatro empresas, também analisadas em detalhe 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. Por solicitação de algumas das empresas da amostra, será mantido sigilo quanto à identidade das empresas. As empresas da amostra estudada em profundidade serão chamadas aqui empresas A, B, C e D. Elas são brevemente descritas abaixo.

- *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 que fabrica os motores e o sistema de transmissão dos veículos.
- *Empresa B* - uma fabricante brasileira de carburadores, localizada em São Paulo. É a maior fornecedora OEM de carburadores para as montadoras de veículos brasileiras, sendo parte de uma grande corporação industrial multi-nacional com sede na Europa.
- *Empresa C* - uma fabricante brasileira de amortecedores, que produz e distribui auto-peças para o mercado doméstico e também para exportação. É uma empresa totalmente brasileira e, hoje, uma das maiores fabricantes brasileiras de auto peças.
- *Empresa D* - uma fabricante inglesa de veículos localizada na região de Midlands, e 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 "kits" de veículos produzidos na fábrica da empresa D por ano são exportados para 140 países.

ALGUNS RESULTADOS DA PESQUISA

Abaixo são anunciados alguns dos resultados da pesquisa de campo realizada.

Resultado 1. Incerteza e variabilidade não são categorias adequadas para uso em modelos de apoio à decisão gerencial com relação à flexibilidade. Em primeiro lugar são

conceitos muito abstratos para os gerentes, muitos deles, bastante pragmáticos. Em segundo, há um racional por trás dos dois conceitos e que é o que realmente motiva as empresas a desenvolverem flexibilidade: as mudanças não planejadas às quais os sistemas de manufatura estão sujeitos. Incerteza e variabilidade de saídas seriam, então, apenas duas *dimensões ou tipos* de mudanças não planejadas, como será explorado mais adiante neste artigo.

Resultado 2. Os gerentes entendem que diferentes *tipos* de mudanças não planejadas deveriam ser administrados via desenvolvimento, pelas organizações, de diferentes características dos seus recursos produtivos. Apenas como exemplo ilustrativo, especificamente em termos de mudanças não planejadas sobre as quais se tem pouca previsibilidade (ou se trabalha sob incerteza), os gerentes entrevistados mencionaram com mais frequência as seguintes características:

| Incertezas com relação a | Podem ser administradas desenvolvendo |
|--------------------------------------|---|
| suprimentos de materiais | habilidade de reprogramação |
| | coordenação com fornecedores |
| | estoques de segurança |
| | máquinas flexíveis (multi-capazes) |
| mix da demanda | habilidade de reprogramação da produção |
| | trocas rápidas de ferramentas |
| | estoques de acabados e semi-acabados |
| | habilidade de conseguir baixos lead-times de suprimento |
| quebras de máquina | manutenção preventiva |
| | ação corretiva rápida |
| | habilidade de re-roteamento do fluxo |
| absenteísmo da mão-de-obra | multi-habilidade da mão-de-obra |
| | alguma capacidade extra de mão-de-obra |
| introdução de novos produtos | integração projeto/processo/produção |
| | habilidade para sub-contratar fornecimento |
| comportamento gerencial nas mudanças | treinamento/conscientização |
| demanda agregada | sistemas de previsão adequados |
| suprimento de mão-de-obra | treinamento interno da mão-de-obra |
| intervenção governamental | tempos curtos: todos os ciclos de produção |
| informação tecnológica | habilidade de sub-contratar suprimento |
| comportamento dos sindicatos | monitoramento cuidadoso do ambiente |

Quadro 1. Relações entre as incertezas mais citadas como potencialmente prejudiciais à competitividade, presentes no sistema de produção e as características de recursos / ações gerenciais mais adequadas para lidar com elas, segundo os gerentes entrevistados.

Resultado 3. Os gerentes consideram flexibilidade como sendo *uma das maneiras* de se lidar com mudanças não planejadas às quais a organização está sujeita. Entretanto, os gerentes consideram que 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.

Resultado 4. Apesar de a maioria dos gerentes considerarem mais interessante *reduzir* a necessidade de ser flexível do que desenvolver flexibilidade propriamente, eles nem sempre conseguem discriminar claramente quais seriam mecanismos de *redução das mudanças* e quais seriam os mecanismos de desenvolvimento de flexibilidade.

A partir destes e outros resultados empíricos e da literatura relevante, foi desenvolvido um modelo conceitual que é uma tentativa de estabelecer algumas bases sobre as quais uma teoria com relação à flexibilidade de manufatura possa ser construída. Algumas das proposições do modelo desenvolvido são mencionados e brevemente descritos abaixo.

Proposição 1. As mudanças não planejadas, às quais as empresas estão sujeitas, têm dimensões, as quais é importante definir, já que a gestão de cada uma pode demandar ações gerenciais distintas. As principais dimensões identificadas são:

- *o tamanho* da mudança (por exemplo um aumento substancial no volume demandado);
- *a novidade* da mudança (por exemplo a demanda por um cliente de uma especificação totalmente nova de um produto);
- *a frequência* com que ocorre a mudança (por exemplo mudanças frequentes no mix de produtos demandados pelo cliente ou mudanças de disponibilidade de equipamento que quebram frequentemente);
- *a velocidade* com que ocorre a mudança (uma alteração nos volumes demandados, por exemplo, pode ocorrer lenta ou bruscamente); e,
- *a incerteza* (entendida como imprevisibilidade, segundo o ponto de vista da organização) com que ocorre a mudança. As empresas brasileiras da amostra, consistentemente, exemplificaram esta característica pelas ações governamentais no Brasil, em anos recentes.

Proposição 2. Há duas formas complementares de se administrarem as mudanças não planejadas (e suas dimensões) em sistemas de manufatura: a) controlando as mudanças e b) lidando com os efeitos da mudança. As seguintes definições são, a partir disto, propostas:

- *controle de mudanças não planejadas* - relacionanda com a habilidade do sistema de produção de interferir eficazmente com as causas das mudanças (*preventiva ou proativamente*) ou com a forma com que o sistema de manufatura sente as mudanças de forma a alterar uma ou algumas das suas dimensões, com os efeitos das quais, o sistema teria, de outra forma, que lidar; e,
- *flexibilidade* - é a medida da habilidade do sistema de produção de lidar eficazmente com os efeitos (*reativamente*), sentidos pelo sistema, das mudanças não planejadas.

Os mecanismos de controle de mudanças não planejadas, então, funcionariam como um "filtro" destas mudanças, restringindo a quantidade de mudanças com as quais o sistema de manufatura tem de lidar. As mudanças (e seus efeitos) que passam pelo "filtro" de controle, então, terão de ser administradas; o sistema terá de responder a elas, através das características de flexibilidade do sistema.

Proposição 3. Mecanismos de controle de mudanças não planejadas intra-sistema de produção podem ser usado para aumentar a flexibilidade do sistema como um todo. Porque as mudanças não planejadas em geral são causadoras de turbulência e descontinuidade e porque o nível de flexibilidade de um sistema também depende da velocidade com a qual ele consegue responder às mudanças, o controle das mudanças internas ao sistema pode reduzir turbulências e descontinuidades internas, facilitando e favorecendo a velocidade de resposta e portanto a flexibilidade do sistema.

Proposição 4. Há 5 tipos e duas dimensões de flexibilidade os quais são relevantes para a análise de flexibilidade dos sistemas de manufatura:

- *Flexibilidade de novos produtos*: a habilidade de introduzir eficazmente novos produtos ou alterar produtos existentes na linha de produtos feitos pelo sistema de manufatura (visto pela empresa D como seu principal diferencial competitivo, já que ela produz sob encomenda);
- *Flexibilidade de mix de produtos*: a habilidade de produzir eficazmente uma alta porcentagem da linha de produtos total do sistema de manufatura em um determinado intervalo de tempo (considerado de importância crucial pela empresa A, que monta sob encomenda);

- *Flexibilidade de volume:* a habilidade de alterar níveis agregados de produção eficazmente (considerado pela empresa C, por exemplo, como muito importante, já que às vezes compradores americanos importantes colocam ordens "one off" de alto volume, que podem representar 8% do faturamento anual de um particular produto);
- *Flexibilidade de entrega:* a habilidade de alterar datas de entrega prometidas de forma eficaz (a empresa B, por exemplo, considera este tipo de flexibilidade importante quando lida com mudanças de programas das montadoras de veículos); e
- *Flexibilidade de robustez:* a habilidade de o sistema de manufatura de responder eficazmente a problemas relacionados a 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 bastante similares aos quatro propostos por Slack (1989). Entretanto, foi identificada, na presente pesquisa, a necessidade do desenvolvimento de habilidades específicas para se lidar com mudanças no *processo de transformação* e nas *entradas* dos sistemas de manufatura. Principalmente as empresas brasileiras da amostra tinham desenvolvidos mecanismos de flexibilidade especialmente desenhados para lidar com mudanças não planejadas com as entradas e o processo. A empresa C, por exemplo, devido às frequentes quebras nos equipamentos de um de seus setores, cujas máquinas são antigas, tem um carro especialmente alocado e um orçamento projetado e administrado pelo gerente de fábrica para rapidamente permitir comprar peças de reposição no mercado "off the shelf", sem ter de passar pelos trâmites normais de compras, em geral mais demorados. É, então, proposto o quinto tipo de flexibilidade (de robustez), que também deve ser planejado, administrado, medido e avaliado, nos casos que isto justificarem.

Flexibilidade tem, também, duas dimensões, que se aplicam a todos os tipos descritos acima. Uma, aqui chamada de *faixa* se refere à quantidade de estados diferentes que um sistema pode assumir, ou à largura da *faixa* de estados possíveis a um sistema, por exemplo, quantas peças diferentes uma máquina pode processar. Outra dimensão refere-se à capacidade de resposta, ou em outras palavras, à fricção que a mudança *entre estados* causa, por exemplo, o tempo, os custos e o esforço para re-preparar uma máquina para um outro produto, dentre

aqueles que ela é capaz de processar (Slack, 1989). Quanto menos *fricção* causar a mudança, mais flexibilidade de *resposta* o sistema terá.

Proposição 5. Há várias formas de se exercer *controle* sobre as mudanças não planejadas. Sete ações gerais foram identificadas na pesquisa de campo, as quais os gerentes utilizam para *controlar* os níveis das mudanças não planejadas. Os exemplos foram tirados dentre muitos identificados na pesquisa de campo.

- *Monitoração/previsões* - ex: reduz os níveis de incerteza e novidade, por exemplo, 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), monitoração dos rumos do movimento sindical reduz incerteza quanto a uma possível paralização (as empresas B e C normalmente fazem isso);
- *Coordenação/integração* - ex: coordenação ou integração com os fornecedores, sejam eles internos ou externos, reduz os níveis de incerteza das mudanças relacionadas com o 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* - ex: foco em pedidos grandes reduz a frequência com que as trocas e preparações de máquina ocorrem; 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 (a empresa A, que trabalha com layout celularizado, mantém várias células que manufaturam 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 que não se encaixam em nenhuma das outras células);
- *Delegação/subcontratação* - ex: subcontratação de empresas especialistas em determinadas tecnologias de certas partes do produto reduz a necessidade de a empresa responder às mudanças que por acaso possam ocorrer nestas tecnologias (a empresa A, que por anos projetou seus próprios motores Diesel, resolveu delegar esta

tarefa para uma firma especializada italiana, porque devido às novas e mais exigentes leis inglesas de emissões, as mudanças na tecnologia de motores Diesel se tornaram muito frequentes e se considerou que seria oneroso demais para a empresa tentar se manter atualizada apenas com recursos próprios);

- *Desenvolvimento de múltiplas fontes/substituição* - ex: manutenção de múltiplas fontes de fornecimento reduz o tamanho da mudança com a qual a empresa terá que lidar no caso de interrupção de fornecimento por um fornecedor; a substituição de uma máquina que frequentemente quebra por uma mais confiável pode reduzir a incerteza e a frequência de mudanças não esperadas na disponibilidade do equipamento (as empresas da amostra que se encontram nos estágios iniciais dos seus programas de desenvolvimento e redução da base de fornecedores, como as empresas B,C e D, mantêm fornecedores alternativos para seus itens mais importantes até que um ou alguns despontem como sendo os melhores candidatos a fornecedores "exclusivos");
- *Negociação/propaganda/promoções* - ex: negociação com clientes pode permitir congelamento de programas de produção, reduzindo a frequência das mudanças solicitadas, promoções podem reduzir o tamanho das mudanças nos volumes da demanda, amaciando-a; negociação com clientes internos pode levar a padronização de componentes e partes, reduzindo a necessidade de trocas (a empresa D por exemplo, que produz sob encomenda, tendo que lidar com uma enorme variedade de produtos finais, descobriu que uma variedade enorme de produtos finais não necessariamente significa uma enorme variedade de componentes, já que os produtos finais são em geral, configurações diferentes de uma quantidade mais reduzida de componentes, que podem ser padronizados. Passou então, via negociação entre setores envolvidos a padronizar itens componentes, já tendo alcançado resultados relevantes); e,
- *Manutenção/atualização/treinamento* - ex: manutenção preventiva de equipamentos reduz a frequência, o tamanho e possivelmente a incerteza das mudanças referentes à disponibilidade de equipamentos; treinamento de pessoal reduz mudanças de programas causadas por erros, a atualização de dados dos sistemas reduz as mudanças causadas por inacidade 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 estavam com programas de manutenção preventiva ou em planos ou já sendo extensivamente utilizados.)

Para mais exemplos, veja Corrêa (1992).

Vários movimentos e técnicas gerenciais modernas podem ser vistas como formas particulares de algumas destas 7 ações gerenciais, como por exemplo, as técnicas de controle de fluxo de materiais como o kanban, que é um caso particular de *coordenação/integração*, o conceito de foco na manufatura, que é um caso particular de *foco/confinamento*, manutenção preventiva, que é um caso particular de *manutenção/atualização/treinamento* e desenvolvimento ou engenharia simultânea, que é outro caso particular de *coordenação/integração*.

CONCLUSÕES

A proposição inicial da pesquisa era a de estudar os mecanismos por trás do relacionamento entre as variáveis incerteza, variabilidade de saídas e flexibilidade de sistemas de manufatura, porque a literatura sinalizava para relações entre as três, sem entretanto chegar a detalhes dos mecanismos por trás das relações. O objetivo era o de, possivelmente, construir teoria.

A adoção da metodologia de estudos de casos se mostrou altamente adequada para os objetivos da pesquisa pois ela permitiu que o foco da pesquisa se alterasse na medida em que informações eram levantadas do campo. Em estudos de casos, os processos de coleta e análise dos dados se superpõem (Eisenhardt, 1988).

Foi identificado na pesquisa de campo, por exemplo, que os gerentes enfatizam tanto ou mais o "evitar de ter que ser flexível" do que o "ser flexível", ao contrário do que faz crer grande parte da literatura. Outro ponto que ficou claro é que as categorias incerteza e flexibilidade eram inadequadas como motivos para o desenvolvimento de flexibilidade, para efeitos do desenvolvimentos de modelos de apoio à tomada de decisão gerencial. Incerteza e variabilidade seriam, então, manifestações ou dimensões do real motivador de flexibilidade que é o conjunto de mudanças não planejadas aos quais o sistema de manufatura está exposto.

Foi identificado também que, para um adequado entendimento do conceito de flexibilidade (entendido como a habilidade de responder às mudanças não planejadas), é impossível não considerar sistemicamente, também, o seu complemento: 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 efeitos das mudanças, que por algum motivo não foram controladas, envolve diferentes recursos (como quanto investir em manutenção preventiva (controle) e quanto em corretiva (flexibilidade de robustez)) e é uma decisão gerencial. Para que possa tomar esta decisão, é importante que o administrador tenha um cenário mais rico, que contemple todas as variáveis relevantes envolvidas.

Foi então proposto um modelo de relacionamento entre as mudanças não planejadas, o controle destas mudanças 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 identificadas dimensões de mudança tipos e dimensões de flexibilidade e tipos de controle, a partir da literatura e pesquisa de campo.

Seguramente mais pesquisa é ainda necessária para explorar conceitos que ainda continuam pouco explorados, como as relações contingentes entre as diversas dimensões de mudança e os diversos tipos de controle e tipos e dimensões de flexibilidade. Outro ponto que necessita exploração são as medidas e formas de medir flexibilidade. Considerações referentes aos custos envolvidos, tanto com flexibilidade como com o controle de mudanças também merecem mais atenção por parte dos pesquisadores, pois a decisão gerencial sobre níveis de flexibilidade e de controle mais adequados às necessidades estratégicas da organização têm obrigatoriamente que contemplar custos.

A abordagem proposta, entretanto, ainda que sirva apenas para estabelecer as bases para futuros desenvolvimentos, parece consistente e adequada às necessidades de análise estratégica da organização quanto às suas necessidades de flexibilidade na manufatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINSON, J. "Manpower Strategies for Flexible Organisations". Personal Management. pp. 28-31. Aug 1984.
- BRYMAN, A. Research Methods and Organization Studies. Unwin Hyman. London, 1989.
- CARTER, M.F. "Designing Flexibility Into Automated Manufacturing Systems". Proceedings of the 2nd ORSA/TIMS Conference on FMS. Editors Stecke, K. and Suri, R. Elsevier. Amsterdam, 1986.

- CHAMBERS, S. "Flexibility in the context of manufacturing Strategy". Paper presented in the 5th International Conference of the Operations Management Association UK - Manufacturing Strategy - Theory and Practice. Univ. of Warwick. June 1990.
- CORRÊA, H.L. The Links Between Uncertainty, Variability of Outputs and Flexibility in Manufacturing Systems. Tese de Doutorado. University of Warwick. Coventry, Inglaterra, 1992.
- EISENHARDT, K.M. "Building Theory from Case Study Research". Working Paper. Department of Industrial Engineering and Engineering Management. Stanford University. October 1988.
- FRAZELLE, E.H. "Flexibility: A Strategy Response in Changing Times". Industrial Engineering. pp 17-20. March 1986.
- GERWIN, D. "An Agenda for Research on the Flexibility of Manufacturing Processes". International Journal of Operations and Production Management. vol. 7, n.1. pp. 38-49, 1986.
- GERWIN, D. and TARONDEAU, J.C. "International Comparisons of Manufacturing Flexibility" in Ferdows, K. Managing International Manufacturing. North-Holland. Amsterdam, 1989.
- GOLDHAR, J.D. and Jelinek, M. "Plan for Economies of Scope". Harvard Business Review. Nov-Dec 1983.
- GUPTA, Y.P. and Goyal, S. "Flexibility of Manufacturing Systems: Concepts and Measurements". European Journal of Operational Research. vol. 43. pp 119-135. 1989.
- KUMAR, V. "Entropic Measures of Manufacturing Flexibility". International Journal of Production Research. vol.25. no.7. pp 957-966. 1987.
- MINTZBERG, H. "An Emerging Strategy of 'Direct' Research". Administrative Science Quarterly. vol.24. pp 580-589. 1979.
- MURAMATSU, R. et. al. "Some Ways to Increase Flexibility in Manufacturing Systems" . International Journal of Production Research. vol 23. no. 4.. pp 691-703. 1985.
- SLACK, N.D.C. "Manufacturing Systems Flexibility - An Assessment Procedure". Systems. vol 1, no.1. Feb 1988.
- SLACK, N.D.C. "Managing the Manufacturing Function". Brunel University. Uxbridge, 1989a.
- SLACK, N.D.C. "Managing Operations: The Operations Advantage". in The Directors Handbook. Director's Books. London, 1990.
- SLACK, N.D.C. Achieving a Manufacturing Advantage. Mercury. London, 1991.
- STECKE, K.E. and Raman, N. "Production Flexibilities and Their Impact on Manufacturing Strategy". Working Paper no. 484. Graduate School of Business Administration. University of Michigan. Dec 1986.
- SWAMIDASS, P.M. and Newell, W.T. "Manufacturing Strategy, Environmental Uncertainty and Performance: A Path Analytical Model". Management Science. vol 33, no. 4. Apr 1987.
- THOMPSON, J.D. Organizations in Action. McGraw-Hill. New York, 1967.

