

PRODUTIVIDADE TOTAL E MANUFATURA AVANÇADA: A CRÍTICA AO MODELO DE SON E A NOVA LÓGICA DO DESEMPENHO GLOBAL

Cosmo Severiano Fo

Resumo:

Os sistemas avançados de manufatura estão alicerçados nos princípios de maximização da produtividade organizacional, de melhoramento contínuo dos padrões de qualidade, de aumento da capacidade reativa da organização e de integração informacional das atividades operacionais. Uma medida da produtividade total desses sistemas é definida na abordagem de Son, conhecida como IMPM (Integrated Manufacturing Performance Measure), e cuja matriz de avaliação é dada pela relação entre a quantidade total de output produzida e os custos de produtividade, de flexibilidade e de qualidade envolvidos no processo produtivo. Este artigo analisa as limitações desse modelo com base no novo conceito de desempenho global, desenvolvendo uma contestação crítica à abordagem do autor.

Palavras-chave:

Área temática: Custos, qualidade e produtividade.

PRODUTIVIDADE TOTAL E MANUFATURA AVANÇADA: A CRÍTICA AO MODELO DE SON E A NOVA LÓGICA DO DESEMPENHO GLOBAL

COSMO SEVERIANO FO

Universidade Federal da Paraíba
Departamento de Engenharia de Produção
Bloco "G", Sala 01 - Cidade Universitária - Caixa Postal: 5045
CEP: 58051-970 - João Pessoa - Pb - Brasil
Fone: (083) 216.7124 - Telefax: (083) 216.7549

RESUMO

Os sistemas avançados de manufatura estão alicerçados nos princípios de maximização da produtividade organizacional, de melhoramento contínuo dos padrões de qualidade, de aumento da capacidade reativa da organização e de integração informacional das atividades operacionais.

Uma medida da produtividade total desses sistemas é definida na abordagem de Son, conhecida como IMPM (Integrated Manufacturing Performance Measure), e cuja matriz de avaliação é dada pela relação entre a quantidade total de output produzida e os custos de produtividade, de flexibilidade e de qualidade envolvidos no processo produtivo.

Este artigo analisa as limitações desse modelo com base no novo conceito de desempenho global, desenvolvendo uma contestação crítica à abordagem do autor.

INTRODUÇÃO

Durante a década de 80, conforme assinala Kaplan (1990, p.1), muitas empresas desenvolveram enormes esforços, no sentido de incorporar em suas operações os modernos programas de gerenciamento da qualidade total (TQM), os processos de produção e distribuição de natureza *just-in-time* (JIT), assim como os sistemas flexíveis de manufatura (SFM's).

A verificação do desempenho operacional destas novas técnicas de produção, requer necessariamente uma adaptação do sistema contábil-financeiro ao novo ambiente produtivo¹ da empresa. Esta consideração se justifica pelo fato de que as tradicionais medidas de desempenho da manufatura, conhecidas como **indicadores de produtividade**, tornaram-se ineficazes para traduzir o nível de desempenho da organização, justamente por estarem vinculadas a um sistema contábil, que controla basicamente apenas os elementos tangíveis da estrutura de custos.

Sabe-se, por exemplo, que a produtividade global da empresa, na realidade, não resulta apenas do exercício de sua atividade principal (produção de bens ou serviços), mas

¹ O desenvolvimento de um sistema contábil adaptado aos novos paradigmas dos sistemas de manufatura, constitui uma abordagem largamente defendida por diversos autores. O assunto é particularmente tratado nos trabalhos de: Robert S. Kaplan, "Yesterday's Accounting Undermines Production", *Harvard Business Review* (July-August, 1984), 95-101; e H. Thomas Johnson and Robert S. Kaplan, *Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting* (Boston: Harvard Business School Press, 1987).

resulta da interação das diversas ações organizacionais, combinadas com o esforço de todos os atores envolvidos em sua execução.

Nos anos recentes, as **tecnologias avançadas de manufatura** (AMT's) têm sido responsáveis por um novo paradigma de desempenho dos sistemas produtivos, respondendo assim às oportunidades de melhoramento dos ganhos de produtividade, buscadas pelas organizações.

Fundamentalmente, a preocupação básica das AMT's é com a melhoria da produtividade e qualidade da produção, o que constitui, na verdade, o grande desafio do desenvolvimento tecnológico. Por outro lado, o monitoramento e avaliação dos ganhos de produtividade, decorrentes da aplicação dessas tecnologias, impõe a formulação de modelos de mensuração mais adequados, que permitam avaliar o desempenho global da produção. Admitindo-se que os modernos sistemas de produção estão baseados em AMT's, pode-se compreender que uma medida da produtividade global dessas empresas, deve traduzir obrigatoriamente os novos conceitos de manufaturabilidade, como forma de melhor expressar os resultados deles decorrentes.

É neste contexto de considerações que se insere o modelo de avaliação do desempenho desenvolvido por Son (1987), denominado "Medida de Desempenho Global da Produção" (**IMPM – Integrated Manufacturing Performance Measure**).

O objetivo deste artigo é o de analisar o modelo IMPM dentro da nova lógica conceitual do desempenho global, imposta pela operacionalidade das AMT's. Para tanto, utilizou-se o método da indução lógica dedutiva, como a melhor forma de análise dos conceitos estabelecidos e de sistematização das inferências desejadas.

OS FUNDAMENTOS DO MODELO DE SON

O Modelo IMPM parte do princípio de que o somatório do custo total de um sistema produtivo, envolve custos que estão claramente relacionados com a produtividade das operações; custos diretamente relacionados com a variável qualidade; e, custos claramente orientados para a flexibilidade do sistema.

A Figura 1 esquematiza a organização desses custos em duas categorias: os custos relativamente bem estruturados (*RWSC – Relatively Well-Structured Costs*) e os custos relativamente mal estruturados (*RISC – Relatively ill-Structured Costs*).

FIGURA 1 - SISTEMA DE CUSTOS PARA ANÁLISE DA MANUFATURA AVANÇADA

CUSTO DA MANUFATURA	CUSTO DE PRODUTIVIDADE	Mão-de-Obra Material Depreciação Máquina Ferramenta Chão de Fábrica Software	<i>Input para</i> ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----	Produtividade da Mão-de-Obra Produtividade do Material Produtividade do Capital Produtividade da Máquina Produtividade da Ferramenta Produtividade da Planta Produtividade do Software
	CUSTO DE QUALIDADE	Prevenção Falha	----- -----	Qualidade do Processo Qualidade do Produto
	CUSTO DE FLEXIBILIDADE	Set-up Espera Ociosidade Estoque	----- ----- ----- -----	Flexibilidade do Produto Flexibilidade do Processo Flexibilidade da Máquina Flexibilidade da Demanda

FONTE: Son Young (1987)

Os custos relativamente bem estruturados (RWSC) referem-se aos custos de produtividade, e são denominados assim por se tratarem de itens de *inputs* tangíveis, facilmente quantificáveis e bastante conhecidos pelos contadores.

Conforme as proposições do autor, os custos relativamente mal estruturados (RISC) são aqueles para os quais ainda existe uma relativa falta de conhecimento sobre os mesmos, bem como considerável indisposição por parte dos contadores em sua exploração aprofundada. Esses custos referem-se aos custos da qualidade e aos custos da flexibilidade.

Com base nestas considerações, o Modelo de Desempenho Global da Produção estabelece a seguinte matriz de avaliação para a produtividade total:

$\text{IMPM} = \text{Valor Total de Output} / (\text{CP} + \text{CQ} + \text{CF})$	
onde:	
CP	é o custo da produtividade;
CQ	é o custo da qualidade;
CF	é o custo da flexibilidade.

De acordo com a abordagem apresentada, o custo total de produção em um ambiente avançado de manufatura, inclui os custos de produtividade (definidos como os

custos dos itens de entrada das medidas convencionais de produtividade), os custos de qualidade e os custos de flexibilidade, correspondendo, respectivamente, aos custos dos elementos de entrada das medidas de qualidade e de flexibilidade.

Os termos "relativamente bem-estruturados e relativamente mal-estruturados", são similares aos termos "programados e não-programados" de Simon (1960), assim como aos "estruturados e não-estruturados" de Gorry e Scott Morton (1971), ambos citados pelo autor. A diferença entre esses termos reside, principalmente, na ênfase sobre o termo "relativamente", uma vez que se considera a idéia de que a definição de tais custos, é ainda uma área com bastante densidade de investigações científicas.

Os elementos do custo RWSC (de produtividade), podem ser sintetizados em sete itens (ver Figura 1), definidos e quantificados da seguinte forma:

CP.1 - MÃO-DE-OBRA - O custo combinado da mão-de-obra corresponde ao custo do trabalho direto e indireto, requerido pelas atividades de produção, incluindo salários, encargos e vantagens. Diferentemente do que ocorre em um sistema convencional, nos sistemas de manufatura avançada o operador multifuncional é treinado para lidar com diferentes máquinas.

Assim sendo, a remuneração do operador deve ser determinada em função das diferentes taxas de remuneração, bem como dos vários indicadores de produção, atribuídos para cada máquina. Nesse sentido, o custo combinado da mão-de-obra corresponde ao *input* para a produtividade do trabalho, podendo ser determinado a partir da seguinte equação:

$$C_L = \sum c_d n_d + \sum c_i n_i + c_{fr}$$

$$C_L = (\text{custo da mão-de-obra direta}) + (\text{custo da mão-de-obra indireta}) + (\text{vantagens})$$

onde:

- L1 é o número das diferentes tarefas usando mão-de-obra direta;
- c_d é o salário da tarefa d por unidade de tempo;
- n_d é a quantidade de mão-de-obra direta requerida pela tarefa d;
- L2 é o número de diferentes tarefas usando mão-de-obra indireta;
- c_i é o salário da tarefa i durante o horizonte de planejamento;
- n_i é a quantidade de mão-de-obra indireta requerida pela tarefa i;
- c_{fr} são as vantagens pagas à mão-de-obra direta e indireta no horizonte de planejamento.

CP.2 - MATERIAL - Refere-se ao custo combinado de todos os materiais utilizados na produção, incluindo os materiais diretos e indiretos, bem como os custos de ordenamento desses materiais. No entendimento do modelo proposto, o custo desses recursos corresponde ao *input* para a produtividade do material, e deve ser calculado da seguinte forma:

$$C_R = \sum C_d(J) n_d(J) + C_{id} + C_o$$

C_R = (custo do material direto) + (custo do material indireto) + (custo de ordenamento)

onde:

J é o número das diferentes peças;
 $C_d(J)$ é o custo do material direto utilizado na peça J;
 $n_d(J)$ é a quantidade de material direto usado na peça J;
 C_{id} é o custo do material indireto, exceto ferramentas;
 C_o é o custo total de ordenamento dos materiais.

CP.3 - MÁQUINA - O custo de máquina é a contrapartida do custo da mão-de-obra, em um ambiente de elevada configuração tecnológica. O cálculo desse custo inclui os itens de energia, manutenção, reparos, seguro e juros sobre o capital empatado. Nesse sentido, o procedimento de cálculo envolve as seguintes variáveis:

$$C_M = \sum c_u(k) T_m(k) + c_{mt}(k) T_{mt}(k) + c_r(k) T_r(k) + aF_k + bF_k \}$$

C_M = (Energia) + (Manutenção) + (Reparos) + (Seguro) + (Juros sobre o Capital)

onde:

$c_u(k)$ é o custo de energia da máquina k por unidade de tempo;
 $T_m(k)$ é o tempo total, em horas de máquina, da máquina k;
 $c_{mt}(k)$ é o custo de manutenção da máquina k, por unidade de tempo;
 $T_{mt}(k)$ é o tempo total, em horas de manutenção, da máquina k;
 $c_r(k)$ é o custo de reparo da máquina k, por unidade de tempo;
 $T_r(k)$ é o tempo total, em horas de reparo, da máquina k;
a é a taxa de seguro;
 F_k é o valor de compra da máquina k;
b é a taxa normal de juros.

CP.4 - CHÃO DE FÁBRICA - diz respeito ao custo de energia, manutenção, reparos, seguro e juros sobre o capital, associados à planta de produção. Corresponde ao custo do espaço ocupado pelas máquinas, equipamentos de produção, produtos em processo e em estoque, bem como pelas inversões de apoio como restaurante, cantina e salas de lazer. Em

ambientes de manufatura avançada, esse custo tende a ser bem menor em relação à produção convencional, uma vez que o arranjo celular reduz as necessidades de espaço. A permanente redução de estoques e o uso de instalações flexíveis, também colaboram para a diminuição desse custo. A metodologia de cálculo prevê a seguinte equação:

$$C_S = c_{sp} S_M$$

onde:

c_{sp} é o custo, por metro quadrado, do chão de fábrica;
 S_M é o tamanho, em metro quadrado, da planta de produção.

CP.5 - FERRAMENTAS - Está relacionado com o custo de manutenção e reposição dos equipamentos cortantes, devido ao uso e/ou perdas. O princípio da reposição regular das ferramentas permite minimizar as quebras e/ou panes de ferramentas e máquinas, bem como a qualidade do processo, através da inspeção preventiva. Em geral esse custo é determinado pelas seguintes variáveis:

$$C_T = \sum c_u(m) \{ n_w(m) + n_b(m) \}$$

C_T = (custo unitário por equipamento) + (número total de equipamentos substituídos)

onde:

M é o número de diferentes equipamentos;
 c_u é o custo unitário do equipamento do tipo m ;
 n_w é o número de equipamentos usados do tipo m ;
 n_b é o número de equipamentos quebrados do tipo m .

CP.6 - SOFTWARE - Trata-se do custo de manutenção dos diversos *softwares* utilizados pelo sistema de produção, tais como o sistema operacional (OS), equipamentos de programação automática (APT's) para máquinas de comando numérico, sistema de gerenciamento de base de dados (DBMS), planejamento das necessidades de material (MRP), tecnologia de produção otimizada (OPT), entre outros. Esse custo deve ser calculado através das seguintes variáveis:

$$C_c = \sum c_{ms}(s) n_{sw}(s)$$

onde:

$c_{ms}(s)$ é o valor da quota de sócio do *software* de tipo "s", no horizonte de planejamento;
 $n_{sw}(s)$ é o número de *softwares* do tipo "s".

CP.7 - DEPRECIAÇÃO - É talvez o elemento mais importante do custo de manufatura, uma vez que as novas tecnologias de produção custam muito caro. Corresponde assim, ao custo de

reposição dos equipamentos e instalações de produção, quando tornados inúteis pelo uso ou com o tempo. A obsolescência devida ao progresso tecnológico, deve também ser calculada como custo de depreciação. Na acepção desse modelo o custo de depreciação constitui um item de *input* da produtividade do capital.

Os custos mal-estruturados (RISC) por sua vez, envolvem tanto os custos de qualidade, quanto os custos de flexibilidade. Os custos de qualidade apresentam-se organizados em quatro categorias: prevenção, avaliação, falhas internas e falhas externas. Em função da nova orientação sobre controle de qualidade, os custos de prevenção e avaliação apresentam-se combinados sob a denominação de "custos de prevenção", enquanto que os custos de falhas internas e externas apresentam-se como "custos de falhas".

CQ.1 - PREVENÇÃO - O custo de prevenção está relacionado com as atividades de prevenção de defeitos dos produtos (acabados), através de checagem e correção de problemas de qualidade no processo, antes da inspeção final. Seus valores decorrem dos custos de atividades de treinamento de operadores, serviços de consultoria de qualidade, testes de laboratório, montagem e acompanhamento de gráficos de controle e processos de capacidade. A determinação do custo de prevenção deve seguir a seguinte equação de cálculo:

$$C_p = \sum \sum c_p(j, k) N$$

onde:

$c_p(j, k)$ é o custo de prevenção da peça j para a máquina k , por unidade de tempo;

N é o número de peças e de processos de máquinas.

CQ.2 - FALHAS - O custo de falhas está relacionado com os produtos acabados que não alcançaram o padrão de qualidade desejado. Esse custo inclui as despesas com falhas internas, relacionadas com desperdício de material e retrabalho, assim como as despesas com falhas externas, decorrentes de reclamações e litígio, pagamento/reposição de garantia e reparos de produtos devolvidos. Uma metodologia que permite determinar o custo de falhas, é a seguinte:

$$C_F = \sum c_f(j) Q_j$$

onde:

$c_f(j)$ é o valor do custo de falha da peça j ;

Q_j é a quantidade de peças j produzida.

O estudo de Son e Hsu (1991) evidencia o fato de que o melhoramento da qualidade do produto, encontra-se atualmente no topo da lista de prioridades dos fabricantes. Os autores argumentam que os custos da qualidade não aparecem nos relatórios da contabilidade (apesar de corresponderem de 25 a 35% do custo da manufatura), por dois motivos: primeiro, por que eles são relativamente novos e mal-estruturados, o que torna difícil sua mensuração objetiva; e, segundo, por que o sistema contábil convencional está atrasado e, portanto, inadequado, para acomodar essa categoria de custos.

A abordagem desenvolvida por Son (1990) considera que os quatro custos não-convencionais de *set-up*, espera, ociosidade e estoque, são na verdade, componentes do custo de flexibilidade. Eles são usados para medir as flexibilidades do produto, do processo, das máquinas e equipamentos e da demanda, respectivamente.

CF.1 - SET-UP - Trata-se do custo de preparação das máquinas para cada fase do processo produtivo. Assumindo que o custo de *set-up* pode ser reduzido em função dos lotes de pequeno tamanho, considera-se então que o sistema de manufatura é adaptável à mudanças em um mix de produtos. Esta adaptabilidade é definida como "flexibilidade do produto", de modo que o custo de *set-up* pode representar um indicador dessa flexibilidade. Um método pelo qual esse custo pode ser determinado, é o seguinte:

$$A = \sum C_{su}(k) T_{su}(k)$$

onde:

$C_{su}(k)$ é o custo de *set-up*, por unidade de tempo, para a máquina k;

$T_{su}(k)$ é o tempo total de *set-up* para a máquina k, durante o horizonte de planejamento.

CF.2 - ESPERA - Refere-se ao custo de oportunidade de peças que estão esperando por serviço, em algum ponto do processo de produção, de modo que esse custo pode ser considerado como o custo do estoque de trabalho-em-processo. Normalmente identifica-se duas fontes de espera para uma peça: o atraso do lote (tempo necessário para que o lote esteja completo) e o atraso do processo (decorrente de desequilíbrios verificados no processo). A redução do custo de espera indica que o processo de manufatura está apto para responder integralmente aos problemas de gargalos, causados pelo tempo de processamento desbalanceado, quebras de máquinas, etc. Esta habilidade é definida como "flexibilidade do processo". Esse custo apresenta a seguinte composição:

$$C_w = v [\sum \sum T_w(j, k) \{ n(j, k - 1) - n(j, k) \} + \sum T_w(j, K_j + 1) n(j, K_j + 1)]$$

$$C_w = (\text{custo de espera por unidade de tempo}) (\text{tempo total de espera das peças produzidas})$$

onde:

v é o custo de oportunidade por unidade de tempo;

K_j	é o número de processos dos quais a peça j faz parte;
$T_w(j, k)$	é o tempo de espera acumulado da peça j sobre o processo k ;
$n(j, -1)$	é a quantidade de matéria-prima da peça j em área de produção;
$n(j, k)$	é o número de peças j que passaram pelo processo k ;
$\{n(j, k-1) - n(j, k)\}$	é a quantidade de peças em elaboração entre os processos $k-1$ e k ;
$n(j, K_j + 1)$	é o número total de peças acabadas j ;

CF.3 - OCIOSIDADE OU SUB-UTILIZAÇÃO - Trata-se de um outro custo de oportunidade associado com a sub-utilização dos equipamentos de produção. Quando se reduz os custos de ociosidade, tem-se que as máquinas e os equipamentos de manufatura estão bem utilizados, apesar da introdução freqüente de novos produtos, ou seja, o maquinário é flexível. Esta flexibilidade é definida como "flexibilidade da máquina ou do equipamento". Neste sentido, o custo de ociosidade pode ser facilmente calculado pela equação abaixo:

$$C_I = v \sum (1 - u_k) N$$

C_I = (custo de ociosidade por unidade de tempo) (tempo total de ociosidade do equip.)

onde:

v é o custo de oportunidade por unidade de tempo;

u_k é a utilização da máquina k ;

CF.4 - ESTOQUE - Refere-se ao custo do estoque, em alta ou em baixa, de matérias-primas e produtos acabados. Os produtos em processo são contabilizados no custo de espera. As reduções no custo de estoque, provenientes de sua rotatividade, indicam uma boa capacidade de resposta à demanda interna para matérias-primas e produtos acabados, ou seja, assume-se assim que o sistema de produção está adaptado às mudanças na taxa de demanda. Esta adaptabilidade é definida como "flexibilidade da demanda". Uma metodologia de cálculo pode assumir o seguinte procedimento:

$$C_H = c_{sp} S_I + \sum [c_{sm}(j) \{I_{om}(j) + U_j - W_j\} + c_{sf}(j) \{I_{of}(j) + Q_j - D_j\}] + \sum [c_{bm}(j) \{W_j - U_j - I_{om}(j)\} + c_{bf}(j) \{D_j - Q_j - I_{of}(j)\}]$$

onde:

S_I é a área de depósito do estoque;

$c_{sm}(j)$	é o custo de transportar uma unidade de matéria-prima da peça j ;
$l_{om}(j)$	é o estoque inicial de matéria-prima da peça j ;
U_j	é a quantidade de matéria-prima obtida dos fornecedores;
$c_{sf}(j)$	é o custo de transportar uma unidade do produto acabado da peça j ;
$l_{of}(j)$	é o estoque inicial de produtos acabados da peça j ;
D_j	é a taxa de demanda para a peça j ;
$c_{bm}(j)$	é o custo de escassez (falta) de uma unidade de matéria-prima da peça j ;
$c_{bf}(j)$	é o custo de escassez (falta) de uma unidade de produto acabado da peça j .

Considerando que o desempenho global do sistema de produção, corresponde a uma medida correta da produtividade da empresa, a argumentação do autor sugere um conceito amplo de produtividade, baseado na eficiência tridimensional do sistema, ou seja, eficiência dos recursos, dos processos e dos produtos.

APLICAÇÃO E ANÁLISE DO MODELO DE SON

Para ilustrar a abordagem conceitual desta medida de desempenho, apresenta-se a seguir um exemplo numérico (ver Figura 2), descrevendo os valores da produção da empresa TJY.

FIGURA 2 - EXEMPLO NUMÉRICO-DEMONSTRATIVO DO CÁLCULO DO IMPM

		1988	1989
<i>Output</i>	Taxa de Produção	2000	2000
	Preço Deflacionado	20	20
	<i>Output Total</i>	40,000	40,000
<i>Input</i>	Custo de Produtividade	30,000	32,000
	Custo da Mão-de-Obra	3,000	2,000
	Custo do Capital	2,000	5,000
	Custo de Qualidade	6,000	3,000
	Custo de Flexibilidade	6,000	1,000
	<i>Input Total</i>	42,000	37,000
		1988	1989
Produtividade da		40,000 / 3,000 = 13.33	40,000 / 2,000 = 20.00
Mão-de-Obra			
Produtividade do		40,000 / 2,000 = 20.00	40,000 / 5,000 = 8.00
Capital			
Produtividade Total		40,000 / 30,000 = 1.33	40,000 / 32,000 = 1.25
IMPM		40,000 / 42,000 = 0,95	40,000 / 37,000 = 1.11

FONTE: Adaptado de Son (1990, p.42)

A ilustração da figura em pauta apresenta o caso de uma companhia que fabrica diversos tipos de produtos, cada um dos quais apresentando diferentes taxas de produção. Todos esses produtos no entanto, podem ser agregados em uma mesma unidade de valor, uma vez que seus preços são igualmente deflacionados pela mesma referência de valor. Observa-se assim que, em 1988, o valor total de *output* é menor que o valor total de *input*. Este resultado pode ser atribuído aos eventuais desperdícios de produção, traduzidos pelos elevados índices de sucateamento e retrabalho, de custos de garantia e *set-up*, bem como os de estoque de matérias-primas, produtos em processo e acabados.

Considerando apenas os indicadores convencionais de produtividade (produtividade da mão-de-obra, produtividade do capital e produtividade total) e, embora a companhia continue sofrendo perdas, gerentes e administradores insensatos podem admitir a existência de uma boa performance de manufatura, uma vez que tais indicadores são todos maiores que 1 – o *primeiro paradoxo da produtividade*.

Em meados de 1989, a companhia implementou um pacote de tecnologias avançadas de produção, com o objetivo de melhorar sua lucratividade. Assim, a automação da fábrica encurtou significativamente o valor global de *input*, apesar do elevado aumento do

custo de capital, decorrente do investimento em novas tecnologias. Isto pode ser explicado entretanto, pela diminuição dos custos de mão-de-obra, qualidade e flexibilidade, resultante da redução de desperdícios imposta pelas novas tecnologias. Desse modo, o aumento do custo de capital é extraordinariamente compensado pela diminuição dos outros custos.

Por outro lado, o valor total de *output* permanece inalterado, uma vez que os dois exercícios utilizam a mesma taxa de produção, bem como o mesmo preço deflacionado. Portanto, é correto afirmar que a companhia realmente obteve lucros após os investimentos, pois o *output* total excede o *input* total.

Neste caso, avaliar as mudanças ocorridas no desempenho da produção durante os dois exercícios, tomando por base apenas os indicadores parciais de produtividade, pode sem dúvida levar a resultados contraditórios. Isso porque, enquanto a produtividade da mão-de-obra indica o desempenho melhorado, a produtividade do capital representa uma redução do desempenho.

Desta maneira, ao utilizar o indicador de produtividade total, a companhia é igualmente induzida a acreditar que gerou lucros, uma vez que o resultado é todavia positivo. Na verdade, esse resultado é conceitualmente confuso, pois o índice de produtividade total indica apenas um decréscimo do desempenho da manufatura – o *segundo paradoxo da produtividade*.

Utilizando o IMPM como indicador de desempenho global da manufatura, pode-se verificar a impertinência de ambos os paradoxos. No caso do primeiro paradoxo da produtividade, por exemplo, o IMPM aponta um índice de 0.95 (menor que 1), contrariamente portanto aos índices registrados pelos indicadores parciais (todos maiores que 1). Em relação ao segundo paradoxo, o IMPM estabelece um índice de aumento (de 0.95 para 1.11), contrariando novamente o índice convencional de produtividade total, que registra um decréscimo do desempenho.

A partir destas demonstrações, o autor conclui que o método do IMPM avalia sobretudo a eficácia da manufatura num horizonte de longo prazo, integrando unidades de produtividade, de qualidade e de flexibilidade, para indicar o grau de realização ou consecução das metas de produção.

INFERÊNCIAS CRÍTICAS AO MODELO APRESENTADO

Desse processo de análise do modelo de Son, algumas considerações críticas podem ser apresentadas, sobretudo no que diz respeito à sua aplicabilidade frente ao conceito de desempenho global da manufatura.

É incontestável o fato de que o uso de medidas de desempenho baseadas na produtividade de fator total, constitui um importante mecanismo para a verificação do desempenho dinâmico da organização, sobretudo quando esse desempenho pode ser comparado com os resultados obtidos pelos concorrentes. Essa abordagem permite, dessa maneira, a identificação de perspectivas e *insights* sobre as capacidades, oportunidades e vulnerabilidades da organização em questão.

Na verdade, muitas das medidas conhecidas no contexto dessa abordagem, apresentam no entanto algumas limitações, principalmente quando analisadas do ponto de vista de sua aplicação para a criação de vantagens competitivas. Nesse sentido, estas medidas carecem de parâmetros de mensuração mais globais, com caracteres de integração igualmente mais amplos.

As novas configurações tecnológicas da produção, associadas aos novos sistemas organizacionais, impõem a criação de uma perspectiva mais dinâmica dos sistemas de avaliação da produtividade. A discussão emergente é que os atuais parâmetros de medida devem ser ampliados, de modo a expressarem uma maior grandeza de valor.

Neste contexto de considerações, a medida resultante da abordagem de Son constitui um parâmetro extremamente limitado do valor global da manufatura avançada. Ao assumir os custos de set-up, de espera, de ociosidade e de estoque como medidas de flexibilidade do sistema, o autor restringe bastante aquilo que pode ser definido como sendo a "capacidade reativa da organização".

Sabe-se, por exemplo, que a reatividade da empresa constitui uma medida de grandeza da flexibilidade incorporada em diversos níveis da organização, e não apenas no sistema produtivo. Por sua vez, o desempenho global é uma medida de produtividade total da empresa, e não apenas da manufatura, como sugere o IMPM.

Neste sentido, muitos parâmetros de avaliação da flexibilidade estão ausentes da matriz proposta por Son. É o caso, por exemplo, dos custos associados ao número de pontos de estocagem intermediária, ao lead time total de produção, à polivalência e multifuncionalidade da mão-de-obra, à periodicidade de manutenção preventiva, à rotatividade de clientes, à variedade da demanda, às falhas nos cronogramas operacionais, ao percentual da planta ocupada com os estoques, à sincronização dos fluxos à montante e à jusante, etc.

No que diz respeito aos custos relacionados à qualidade, vários outros parâmetros de avaliação estão fora da matriz do IMPM e, que, na verdade, constituem elementos importantes da produtividade global. É o caso, por exemplo, do percentual de cancelamento dos pedidos, da frequência de panes no processo produtivo, da rotatividade da mão-de-obra, do número de acidentes no trabalho, das horas-extras de trabalho, dos investimentos em P&D, do percentual de fornecedores em garantia de qualidade, etc.

Admitindo-se a idéia de que a manufatura avançada produz resultados que se generalizam por toda a organização, em função dos conceitos e dos métodos produtivos empregados, pode-se aferir que uma medida global de seu desempenho deve constituir um vetor de atributos, cujos valores possam ser medidos nas mais diversas instâncias da estrutura produtiva.

A construção de um sistema de avaliação mais adequado, requer portanto a formulação de uma perspectiva dinâmica em torno das unidades de mensuração. Essa perspectiva deve incluir a definição de um sistema de informações seguras para apoiar os procedimentos de avaliação, incluindo dados do tipo: padrões de *output* e *input* no tempo, conhecimento dos competidores, estratégias da concorrência, etc.

Por outro lado, os procedimentos de avaliação que estão sendo propostos para aferir o desempenho da manufatura avançada, padecem da inadequação dos atuais sistemas contábeis, que não respondem as necessidades de acompanhamento e controle de muitas unidades importantes de sua estrutura de custos. A contabilidade das atividades ou o método ABC de apuração dos custos, aparece como uma alternativa importante ao sistema contábil tradicional, devendo ser testado como ferramenta de análise.

Os esforços para a integração da pesquisa em áreas interdisciplinares do processo de gestão, pode permitir o desenvolvimento de sistemas contábeis mais adequados às novas configurações organo-produtivas, assegurando assim a viabilidade operacional de métodos de avaliação mais adequados.

CONCLUSÕES

Paralelamente ao desenvolvimento das novas formas de gestão, presencia-se a eclosão das novas tecnologias, que modificam sensivelmente os modos de produção, bem como as regras de funcionamento dos sistemas logísticos. Nesta ordem de consideração, verifica-se o re-aparelhamento tecnológico dos sistemas produtivos, através dos novos *softwares*, *hardwares* e *humanwares* de produção.

A avaliação do desempenho desses novos sistemas produtivos, impôs modificações importantes nos mecanismos de apuração e gestão dos custos, estimulando a definição de novas medidas de produtividade,

De um modo geral, considera-se bastante expressivo o avanço produzido no campo da avaliação econômica dos modernos sistemas produtivos, uma vez que estas contribuições constituem abordagens básicas para apoiar outros estudos e pesquisas em andamento. Considera-se outrossim, que estas contribuições são ainda de natureza bastante generalista, adequando pouca especificidade no que diz respeito a configuração tecnológica do novo modo de produzir.

O foco central da contestação apresentada neste artigo, reside na idéia de que a medida de desempenho de um sistema avançado de produção, deve constituir uma unidade vetorial de produtividade, indexada aos parâmetros de valor das tecnologias empregadas pela estrutura produtiva.

BILBIOGRAFIA

- GORRY, G. A. e SCOTT, Morton M. S. A framework for management information systems. **Sloan Management Review**, v, 13, n. 1, pp.55-71, 1971.
- KAPLAN, Robert S. Limitations of cost accounting in advanced manufacturing environments. In:------(coord). **Measures for manufacturing excellence**. Boston, Harvard Business School Press, 1990.
- SIMON, H. A. **The new science of management decision**. New York, Harper and Row, 1960.
- SON, Young K. **An economic evaluation model for advanced manufacturing systems**. (tese de doutorado), Auburn University, USA, 1987.

------. A performance measurement method which remedies the productivity paradox. **Production and Inventory Management Journal**, v. 31, n. 2, pp.38-43, 1990.

------. e HSU, L. F. A method of measuring quality costs. **International Journal of Production Research**, v. 29, n. 9, pp.1785-1794, 1991.