

A CONSTRUÇÃO DO PLANO AGREGADO ESTRATÉGICO DE PRODUÇÃO UMA ABORDAGEM CRÍTICA E OPERACIONAL

José Antonio Valle Antunes Júnior

Luís Henrique Rodrigues

Flávio Pizzato

Resumo:

O presente artigo propõe uma abordagem crítica e operacional da problemática da construção do chamado Plano Agregado Estratégico da Produção. Partindo das noções básicas propostas pela Teoria das Restrições, são aprofundados alguns aspectos críticos para a construção do Plano Agregado Estratégico da Produção. São ressaltados um conjunto de elementos estratégicos entre os quais pode-se incluir: introdução de novos produtos, ciclos de vida dos produtos, mercados, critérios estratégicos, prioridades dos clientes. Na sequência, o trabalho propõe formas objetivas de operacionalizar as proposições teóricas expostas. Para isso, propõe-se a utilização de softwares utilizando-se simultaneamente: i) os princípios, conceitos e pressupostos teóricos expostos neste artigo; ii) Técnicas de Pesquisa Operacional visando elaborar as modelagens que se fazem necessárias para tratar o problema. Finalmente, utilizando como referência para ilustrar a potencialidade da utilização da abordagem proposta o software PROFMIX, são discutidos os tópicos relevantes relativos a geração do Plano Agregado Estratégico de Produção e a efetivação da Análise de Investimentos nos Sistemas Produtivos tendo por base uma perspectiva de sistema.

Palavras-chave:

Área temática: *Gestão Estratégica de Custos*

A CONSTRUÇÃO DO PLANO AGREGADO ESTRATÉGICO DE PRODUÇÃO – UMA ABORDAGEM CRÍTICA E OPERACIONAL

José Antonio Valle Antunes Júnior, Doutor
Luís Henrique Rodrigues, PhD
Flávio Pizzato, Especialista

UNISINOS, junico@produttare.com.br, Professor do Centro de Ciências Econômicas
da UNISINOS

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Estratégica de Custos

A CONSTRUÇÃO DO PLANO AGREGADO ESTRATÉGICO DE PRODUÇÃO – UMA ABORDAGEM CRÍTICA E OPERACIONAL

ÁREA TEMÁTICA: Gestão Estratégica de Custos

RESUMO

O presente artigo propõe uma abordagem crítica e operacional da problemática da construção do chamado Plano Agregado Estratégico da Produção. Partindo das noções básicas propostas pela Teoria das Restrições, são aprofundados alguns aspectos críticos para a construção do Plano Agregado Estratégico da Produção. São ressaltados um conjunto de elementos estratégicos entre os quais pode-se incluir: introdução de novos produtos, ciclos de vida dos produtos, mercados, critérios estratégicos, prioridades dos clientes. Na sequência, o trabalho propõe formas objetivas de operacionalizar as proposições teóricas expostas. Para isso, propõe-se a utilização de *softwares* utilizando-se simultaneamente: i) os princípios, conceitos e pressupostos teóricos expostos neste artigo; ii) Técnicas de Pesquisa Operacional visando elaborar as modelagens que se fazem necessárias para tratar o problema. Finalmente, utilizando como referência para ilustrar a potencialidade da utilização da abordagem proposta o *software* PROFMIX, são discutidos os tópicos relevantes relativos a geração do Plano Agregado Estratégico de Produção e a efetivação da Análise de Investimentos nos Sistemas Produtivos tendo por base uma perspectiva de sistema.

1.) Introdução – A Exposição Geral da Problemática

Planejar a produção implica em um processo de desagregação que começa com uma avaliação abrangente da Empresa (produtos, mercados, condições financeiras gerais, previsões de demanda de longo prazo etc...), passando por um nível tático, chegando até o nível da Programação da produção. De forma geral, pode-se dizer que o planejamento global pode ser dividido em três níveis (Souza, 1995): i) Planejamento Estratégico; ii) Planejamento Tático; iii) Planejamento Operacional ou Programação da Produção.

No Planejamento Estratégico parte-se de uma visão de longo prazo da Empresa, onde são levados em consideração fatores de ordem econômica, financeiros, técnicos e de previsões agregadas de demanda. O objetivo do Planejamento Estratégico na produção consiste em realizar um planejamento global dos recursos que serão utilizados no empreendimento. O Planejamento Estratégico deve fornecer todas as informações agregadas necessárias para a realização da produção tais como: equipamentos que serão utilizados, escolha dos processos tecnológicos,

investimentos globais necessários, demandas agregadas estimadas, Recursos Humanos envolvidos, etc.

As informações de saída do Planejamento Estratégico são entradas essenciais do chamado Planejamento Tático da produção. O Planejamento Tático trabalha com um horizonte temporal intermediário entre o Planejamento Estratégico e o Planejamento Operacional. A partir das entradas provenientes do Planejamento Estratégico, dos pedidos firmes e da possibilidade de realização de um planejamento grosseiro da Capacidade, o Planejamento Tático é responsável pelo fornecimento do chamado Plano Agregado e Plano Mestre de Produção, a partir do qual é também realizado o Planejamento de Compras das Matérias-Primas e Componentes.

No nível do Planejamento Operacional ou Programação da Produção as preocupações estão diretamente associadas com o gerenciamento detalhado do dia-a-dia da Fábrica, ou seja, do chamado sequenciamento da produção.

Entretanto, essa segmentação no planejamento está inserida em um contexto maior que se configura a partir da abordagem de custos percebida pela empresa. Assim sendo, a definição tática do Plano Agregado Mestre de Produção, o qual estabelece o mix de produtos a ser oferecido pela empresa, é uma resultante direta da filosofia e método de custeio adotada pela mesma.

O presente artigo desenvolve um conjunto de discussões críticas e proposições operacionais acerca das possibilidades de construir de forma eficaz e prática um Plano Agregado Mestre de Produção. Como foi exposto acima tal tipo de discussão insere-se no contexto da abordagem de custos adotado. Na sequência serão apresentadas as idéias e conceitos básicos que permitirão ao leitor perceber os principais tópicos teóricos e práticos relacionados à temática em questão.

2.) O Relacionamento entre a Filosofia de Custos e o Processo Decisório no Sistema Produtivo

A Figura 1 mostra de forma esquemática a relação entre os princípios e técnicas de Administração da Produção, a definição da filosofia de custeio e dos indicadores globais e os respectivos métodos de custeio e indicadores operacionais e locais a serem adotados. Ela mostra que, partindo das condições de competitividade impostas pelos mercados com as quais as empresa interage (necessidade de flexibilidade, custos baixos, qualidade, etc.), é imprescindível a definição de uma meta ou de uma estratégia que permita sua sobrevivência e oriente seu desenvolvimento.

Assim, para que se alcance com eficácia a operacionalização dessa meta estratégica, torna-se necessário o estabelecimento prévio de uma Filosofia que balize a escolha do processo tecnológico a ser utilizado, bem como das lógicas de gerenciamento dos mesmos. Em função dos processos tecnológicos e do modelo de organização da produção escolhido, é possível determinar-se qual é a Filosofia de

Custeio mais adequada para auxiliar nos diversos níveis de gestão. De outra parte, esta Filosofia de Custeio deve ser capaz de fornecer informações que suportem as transformações necessárias em nível do Planejamento da Produção. Finalmente, para que estas filosofias de custeio possam ser eficientemente operacionalizadas, devem existir métodos de custeio passíveis de preencher os resultados parciais requeridos pelos princípios valorizados por essas filosofias. A dinâmica da definição conjunta da filosofia e dos métodos de custeio caracteriza o processo de custeio a ser adotado pela empresa.

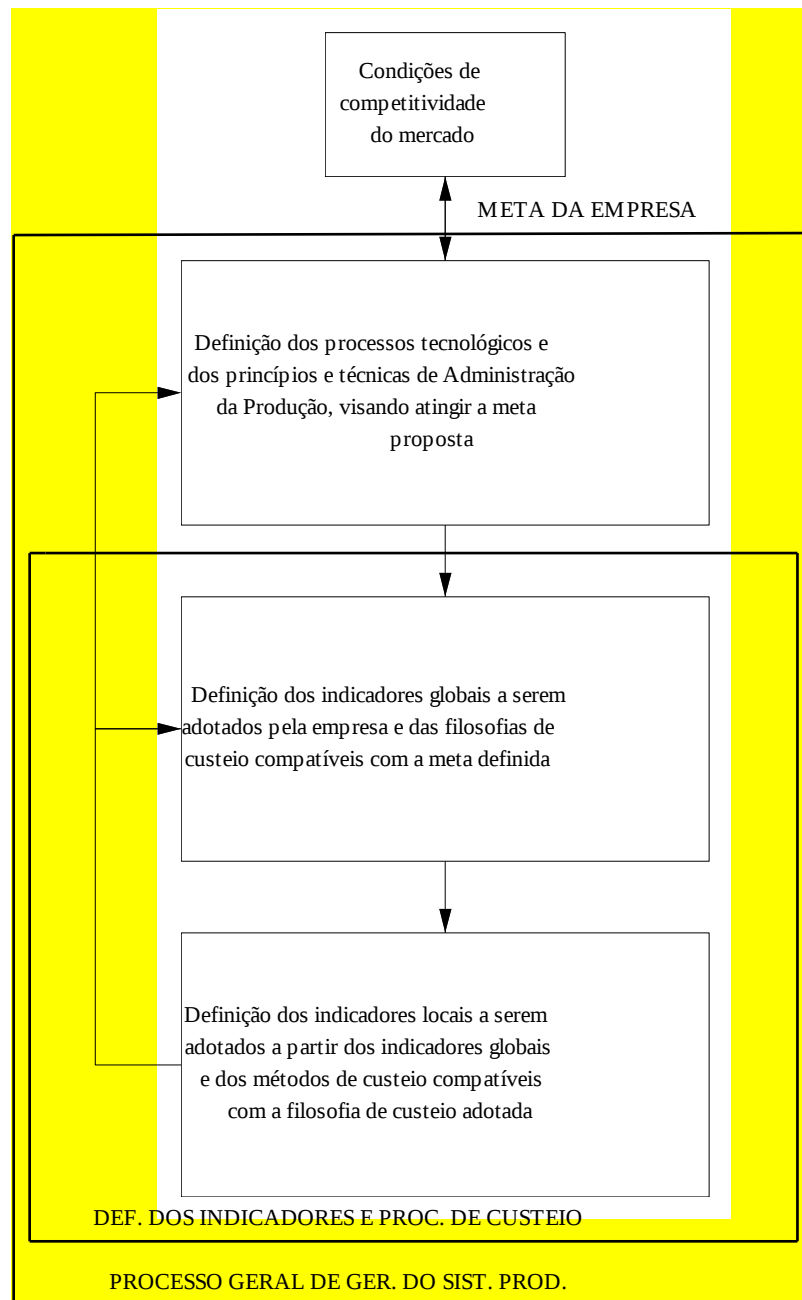


Figura 1- Esquema Geral de Definição de um Processo de Gerenciamento do Sistema Produtivo

Para fins da definição do Plano Agregado Estratégico da Produção parte-se do pressuposto da necessidade de adotar a Filosofia do Custeio Variável em sua plenitude. Dentro desta lógica a Empresa é visualizada a partir da seguinte lógica geral:

- A Empresa utiliza-se de uma série de recursos produtivos adquiridos no mercado (exemplo: Máquinas/Equipamentos, Recursos Humanos, Instalações Elétricas/Pneumáticas/Hidráulicas etc...) que definirão a Capacidade da Fábrica. Estes recursos, que definem a Capacidade da Fábrica, implicam em Custos Fixos que deverão ser pagos todo o final de período, sendo que estes **Custos Fixos são considerados da Empresa – definindo a sua Capacidade - e não dos produtos;**
- Já os Custos Variáveis de forma geral, com um peso grande para as matérias-primas, são consideradas como custos associados aos produtos;
- A idéia da Filosofia do Custeio Variável consiste em definir um *mix* de produto que utilize da melhor maneira a Capacidade Disponível da Fábrica de forma que o somatório das margens de contribuição obtidas ((Preço – Custo Variável) X Quantidades vendidas) possa pagar os Custos Fixos e gerar Lucro.

Cabe ressaltar ainda que no bojo da Teoria Das Restrições são utilizados todos os conceitos e pressupostos básicos defendidos pela Filosofia do Custeio Variável.

3.) O Plano Agregado Estratégico de Produção no Contexto da Teoria das Restrições – Uma Explicação Geral

A discussão sobre o Plano Agregado Estratégico de Produção insere-se diretamente no campo do chamado Planejamento Tático. O Planejamento Tático pode ser realizado a partir dos dois primeiros passos da chamada Teoria das Restrições (*Theory Of Constraints - TOC*), ou seja, através da identificação do sistema global de restrições (passo 1 da TOC) e da melhor utilização do sistema de restrições (passo 2 da TOC). Conforme Rodrigues (1994) a TOC primeiro reconhece que existem recursos restritivos em qualquer sistema e, posteriormente, procura definir a máxima utilização das restrições do sistema.

A viabilização das proposições da TOC na prática industrial passa pela compreensão da necessidade de construção de um Modelo/Definição de Fábrica desde um ponto-de-vista de um Sistema Global de Produção. Isto implica, na utilização de técnicas ligadas a Pesquisa Operacional aplicada.

Ronen & Starr (1990) mostram didaticamente, solucionando o mesmo problema proposto por Goldratt no livro 'A Corrida', que a solução, utilizando técnicas de Programação Linear, é equivalente à obtida através da utilização sistemática das 5 regras da TOC.

Luebbe & Finch (1992) fazem uma comparação entre a TOC e a Programação Linear. Luebbe & Finch (1992) esclarecendo que, contrariamente ao pensamento de

muitas pessoas que pressupõem que a TOC e a Programação Linear são virtualmente a mesma coisa, a TOC se constitui “em uma filosofia de manufatura, tal como o *Just-In-Time* (JIT) ou o Controle da Qualidade Total (TQC) são filosofias de manufatura” enquanto a Programação Linear “é apenas uma técnica específica” necessária para a aplicação prática da TOC (Luebbe & Finch, 1992, p. 1471).

Investigar os pressupostos da TOC, especialmente de seus passos 1 e 2, é essencial para compreender a problemática da geração do Plano Estratégico Agregado de Produção a partir do pensamento de Goldratt. No bojo do processo de decisão no âmbito das Empresas algumas respostas devem ser obtidas tais como:

- i) qual o *mix* ideal de produção que maximiza os Indicadores de Desempenho da Empresa?;
- ii) qual o nível ótimo de inventário que deve ser utilizado levando em conta o atendimento dos Indicadores Gerais de Performance?
- iii) qual a real Capacidade da Fábrica para um dado *mix* de produção? Qual a necessidade de utilização real da Capacidade?
- iv) existem gargalo(s) de produção internos à Fábrica ou as restrições são externas ao sistema (por exemplo, restrições no mercado)?

Na sequência será feita uma explicação da utilização teórica da Pesquisa Operacional para a geração do Plano Estratégico Agregado de Produção. No caso da utilização da Pesquisa Operacional para a solução do problema proposto por Goldratt, a Função Objetivo a ser utilizada envolve a maximização do somatório do Ganho menos os Custos Fixos totais. O Lucro Líquido na TOC é definido como o Ganho menos as Despesas Operacionais. O Ganho por sua vez é constituído pelo somatório da contribuição unitária de cada produto, ou seja, pelo somatório do preço de cada produto menos os custos variáveis. As Despesas Operacionais envolvem fatores como: custo das horas-extras, o custo dos Inventários e as demais Despesas Operacionais da Fábrica. As restrições do sistema estão relacionadas com: as restrições de cada posto de trabalho, as restrições da estrutura de produto, as restrições de mercado de cada produto (quantidades máximas e mínimas aceitas de cada produto no mercado), com as restrições dos investimentos máximos em Inventários. A solução principal, ou seja, a saída principal do sistema, implica na geração de um Plano Agregado Estratégico de Produção que maximiza o Lucro da Empresa. Na verdade, os passos 1 e 2 propostos por Goldratt serão resolvidos internamente via a utilização de técnicas de Pesquisa Operacional. Através das saídas operativas é possível verificar pontos tais como: a utilização de cada recurso, as cargas de máquinas, o(s) gargalo(s), o tempo de horas-extras adotado, os Inventários, informações para o Marketing (os produtos que não poderão ser vendidos em um dado período) e a análise de sensibilidade dos recursos (Rodrigues, 1994).

Na mesma linha de raciocínio, porém sem explicitar a utilização da Pesquisa Operacional, Spencer & Cox (1995) propõe um método geral para a determinação do Plano Mestre de Produção no ambiente da TOC. Estes passos são (Spencer & Cox, 1995):

- i) determinar a restrição (gargalo) utilizando uma análise de Capacidade;
- ii) determinar quais componentes cujos roteiros incluem as restrições;

- iii) usar a margem de contribuição unitária por minuto de utilização da restrição da Capacidade para estes componentes/produtos;
- iv) utilizar uma priorização, a partir das maiores contribuições unitárias na restrição, para construir o Plano Mestre de Produção utilizando-se de um gráfico de Gantt de tal maneira que a restrição seja completamente explorada;
- v) programar todos os itens finais cujos roteiros dos componentes não incluam a restrição ('produtos livres', ou seja, independentes da restrição);
- vi) desenvolver uma Programação para a liberação de material usando uma lógica de Programação para trás (*backward*) e a criação de um Pulmão junto à restrição;
- vii) desenvolver a Programação de entrega através de uma Programação para a frente (*forward*) a partir da restrição e criar o 'Pulmão de Mercado/Entrega'.

É neste ponto que torna-se necessário uma reflexão aprofundada sobre diversas questões referentes aos **pressupostos** que devem conduzir a aplicação das técnicas de Pesquisa Operacional ou lógicas similares de acordo com uma ótica que, a partir das noções (dos *insights*) proporcionadas originalmente pela TOC, seja capaz de oferecer as melhores respostas para as questões estratégicas da Empresa. Isto implica em:

- i) ampliar a ótica de formulação da Função Objetivo para abarcar **aspectos estratégicos** da Empresa que não aparecem originalmente na Função Objetivo exposta acima. Estes aspectos estratégicos fundamentalmente ligam a Função-Produção com outras funções da Empresa tais como as Funções Marketing, Finanças e Desenvolvimento de Novos Produtos. Portanto, está se tratando de temas relativos à disciplina de Estratégia de Produção;
- ii) discutir com mais detalhes o chamado **Conceito ou Definição de Fábrica**. Este assunto é importante porque existem muitos pressupostos sobre a Definição de Fábrica que não são claros do ponto-de-vista da solução do problema.
- iii) detalhar alguns aspectos relativos às **restrições gerais do Sistema Produtivo** para que o Modelo, embora determinístico e com os pressupostos associados a funções de primeiro grau (Programação Linear ou Inteira), represente de forma o mais fiel possível a realidade.
- iv) a utilização do Modelo para a **Análise de Investimentos**;
- v) discutir os **limites** da Pesquisa Operacional para a modelagem da Fábrica.

4.) A Estratégia de Produção e o Plano Agregado Estratégico de Produção

O conceito de Estratégia de Produção foi originalmente cunhado por Skinner(1969). Skinner (1969) identificou uma lacuna importante na estratégia geral corporativa das Empresas industriais. Esta lacuna estava vinculada ao fato de que a Função Manufatura não estava convenientemente contemplada na Estratégia de Negócios da Empresa. Skinner (1969) vislumbrou e postulou a necessidade de que as

decisões levadas adiante nos Sistemas Produtivos fossem elaboradas a partir de uma ótica eminentemente estratégica. Desta forma surge a disciplina de Estratégia de Produção.

Skinner (1969) propõe que a Estratégia de Produção deve estar subordinada à Estratégia de Negócios, suportando as decisões tomadas no âmbito global da corporação. A Estratégia de Produção deve ser compatível com as diferentes condições de competição que existem concretamente em diferentes mercados. Antunes e Alvarez (1995) postulam que a proposta de Skinner pode ser resumida da seguinte maneira: “é feita uma análise do mercado (com a consequente formação de uma estratégia de Marketing) e das condições internas da Empresa (onde a manufatura é vista como uma restrição)”. A partir daí “gera-se a estratégia corporativa, a qual irá determinar a *task* (tarefa/missão da manufatura) esperada da produção, originando a Estratégia de Produção” (Antunes & Alvarez, 1995, p. 207).

Uma questão importante, dentro da lógica da Estratégia de Produção consiste em estabelecer um procedimento operacional prático que permita a tomada de decisões envolvendo a compatibilização entre as necessidades e recursos das ‘Funções’ de Marketing e Produção. Este procedimento passa, necessariamente, pela definição da meta da Empresa. Goldratt postula que a meta da Empresa consiste em **ganhar dinheiro agora** e, também, no **futuro**. Conforme Bercht (1996) a primeira parte da meta pode ser alcançada levando-se em conta rigorosamente as atuais condições de recursos e de mercado das Empresas. No entanto, a segunda parte da meta é realmente o grande objetivo da Empresa e “será o resultado de uma série de ações coordenadas” nas organizações, envolvendo ações em “várias áreas das Empresas” (Bercht, 1996, p. 94). É precisamente neste sentido que torna-se possível compreender a constituição do Plano Agregado Estratégico de Produção. Para isso utilizar-se-á como referência o artigo de Ronen & Rozen (1992) e a Dissertação de Mestrado de Bercht (1996).

Ronen & Rozen (1992) desenvolveram um Modelo intitulado de “Modelo do Plano Mestre de Produção Estratégico” – *Strategic Master Production Scheduling Model (SMPC)*. Este Modelo foi projetado partindo do pressuposto de que existe uma demanda independente materializada nas ordens do cliente, ou seja para **um ambiente do tipo Fabricação Sob-Encomenda (Make-To-Order)**. Ronen & Rozen (1992) partem do pressuposto de que todas as ordens de atendimento dos clientes tem uma demanda para a produção em um período de tempo próximo da análise que está sendo feita. O Modelo apresenta como entradas os seguintes pontos (Ronen & Rozen, 1992):

- i) Gerenciamento – são apresentados os critérios relativos às ordens dos clientes e aos produtos;
- ii) Marketing – são apresentadas as prioridades relativas aos produtos e aos clientes para cada critério estratégico de decisão;
- iii) Produção – apresentação dos roteiros de fabricação e dos recursos produtivos e eventuais roteiros preferidos por determinada razão estratégica.

As saídas do Modelo proposto relacionam-se com o estabelecimento de um Plano Mestre de Produção – PMP - para um dado período, baseado em critérios estratégicos que levam em consideração sinérgica e conjuntamente as tarefas de Gestão do Marketing e da Produção.

A extrapolação deste Modelo para Empresas do tipo fabricação para estoque (*Make-To-Stock*) pode ser feita com facilidade. Ronen & Rozen (1992) observam que na fabricação para estoque a produção é levada adiante de acordo com a previsão de vendas dos produtos no mercado. Como resultante as ordens não podem ser, teoricamente, submetidas aos pesos relativos de prioridades. Sendo assim, apenas os produtos estarão sujeitos à priorização de acordo com os critérios estratégicos. Sendo assim, a função utilidade conterá apenas a priorização feita por produtos.

De um ponto-de-vista crítico os tópicos a serem levantados, relativos ao Plano Agregado Estratégico da Produção, são:

- i) o Modelo proposto por Ronen & Rozen (1992) é **genérico** em sua concepção global podendo, assim, ser aplicada em todos os tipos de Indústrias de Forma: Fabricação Sob-Pedido X Fabricação Sob-Encomenda e Empresas do tipo V-A-T;
- ii) no curto-prazo o melhor resultado nos Indicadores Lucro Líquido, Retorno Sobre o Investimento e Caixa será obtido quando não forem considerados os critérios estratégicos relativamente aos produtos e os clientes propostos por Ronen & Rozen (1992). **No entanto, embora isto implique em ganhar o máximo de dinheiro hoje, pode não implicar em ganhar o máximo dinheiro no futuro.** Somente uma avaliação, utilizando-se critérios estratégicos permitirá, ou mais rigorosamente, ampliará a probabilidade de que seja assegurado 'ganhar dinheiro no futuro', via a escolha do *mix* adequado de produção;
- iii) a operacionalização das idéias de Goldratt, utilizando como ferramenta a Pesquisa Operacional, deve levar em consideração os **pressupostos** utilizados na construção do Modelo. Por exemplo, caso não forem considerados aspectos tais como a Definição de Fábrica e os critérios estratégicos relativos a produtos e clientes, os resultados obtidos estarão umbilicalmente ligados as condições de contorno utilizadas para a construção do Modelo da Fábrica e do mercado;
- iv) o Plano Agregado Estratégico de Produção deve ser entendido como uma ferramenta poderosa que “ajuda a transformar as estratégias de Marketing, relacionadas com o desenvolvimento de novos produtos e clientes, em um planejamento de produção considerando as restrições do chão-de-fábrica” (Bercht, 1996, p. 95). Em um grande número de casos os conflitos existentes entre Marketing e Produção derivam de aspectos como:
 - a. os dados e informações disponíveis pelos especialistas oriundos de diferentes áreas são contraditórias entre si;
 - b. inexistência de um Método de Trabalho que permita a tomada de decisão conjunta levando em consideração os vários aspectos

envolvidos. Neste sentido, a discussão proposta pelo Plano Agregado Estratégico de Produção é fundamental para que as decisões sejam tomadas mantendo as necessidades da Estratégia de Negócios a partir de uma relação horizontal e não 'hierárquica' entre as distintas 'funções' da Empresa, mais especificamente entre o Marketing e a Produção.

- v) O Modelo proposto por Ronen & Rozen (1992) apresenta alguns problemas no que tange à operacionalização prática do problema:
 - a. o cálculo das prioridades utilizando-se o trabalho original de Ronen & Rozen (1992) torna-se difícil de ser feito na prática, quando estiverem em jogo grandes quantidades de produtos, mercados, clientes e os critérios estratégicos (Bercht, 1996);
 - b. existem limites na operacionalização proposta no Modelo no que tange ao equacionamento da Função Objetivo, por exemplo, ao não considerar os custos financeiros derivados dos estoques e o número de horas-extras;
 - c. no Modelo original proposto são consideradas apenas restrições internas à Fábrica e de Marketing. No entanto, muitas outras restrições podem ser importantes tais como: restrições financeiras, restrições de pessoal, compras, fornecimento de matérias-primas. Visando melhorar a acuracidade do Modelo geral proposto por Ronen & Rozen (1992), e respondendo especificamente às limitações expostas anteriormente, propor-se-á no próximo item a utilização de uma ferramenta chamada PROFMIX, desenvolvida originalmente por Rodrigues e Pizzato (Rodrigues, 1994).

5.) Os Limites da Modelagem da Fábrica e suas implicações no Planejamento Agregado Estratégico da Produção

De uma maneira geral, uma Empresa industrial apresenta um elevado grau de complexidade no que tange aos seus aspectos físico-operacionais. Desta forma, quando da construção dos Modelos que visam representar esta realidade física torna-se necessário estabelecer um conjunto de simplificações que permitam equacionar de forma prática o problema. No caso da construção do Plano Agregado Estratégico de Produção, utiliza-se de uma modelagem para otimização do sistema baseado em técnicas de Pesquisa Operacional. Pode-se apontar os seguintes limites na modelagem da Fábrica visando a construção do Plano Agregado Estratégico de Produção:

- i) o problema real a ser tratado apresenta um elevado grau de estocasticidade. No entanto, devido à complexidade envolvida torna-se muito difícil tratá-lo a partir de uma ótica estocástica do ponto-de-vista técnico-econômico. Sendo assim, utiliza-se de uma abordagem determinística e bastante agregada que supõe uma relação de linearidade entre as variáveis envolvidas. As soluções obtidas devem levar em conta este tipo de pressuposto. De um ponto-de-vista prático, pode-se dizer que a solução obtida permite

- reconhecer, em grandes linhas, os gargalos de produção. Pode-se inclusive gerar um Plano Mestre Estratégico de Produção com relativo grau de acuracidade. No entanto, a detecção dos chamados CCRs torna-se impossível devido ao nível de agregação com que o problema é tratado. Sendo assim, um Plano Mestre de Produção com maior acurácia, que possa levar em consideração estes CCRs exige um ferramental operacional mais refinado que será discutido na parte referente ao módulo de Programação da Fábrica;
- ii) em muitos casos os limites encontram-se na falta de um conhecimento e de informações que permitam a modelagem completa do sistema. Por exemplo, isto pode ocorrer relativamente à Manutenção de determinadas máquinas. Quando do processo de modelagem do sistema como um todo pode não ser reconhecida a importância da manutenção de algumas máquinas críticas e/ou inexitem as informações necessárias. Torna-se necessário observar que neste caso os limites são dos modelistas e do grupo de pessoas envolvidas de uma dada Empresa e não das técnicas de PO associadas à resolução do problema.

A título de conclusão é importante frisar que, reconhecendo os limites reais de modelagem da Fábrica, o objetivo no campo do Planejamento Agregado Estratégico da Produção consiste em **desenvolver uma solução básica inicial otimizada** que permita identificar o(s) gargalo(s) nos Sistemas Produtivos.

6.) A Operacionalização do Plano Agregado Estratégico de Produção e da Análise de Investimentos: A Utilização do PROFMIX

A seguir apresenta-se uma ferramenta útil para operacionalizar as noções discutidas teoricamente – O *software* PROFMIX.

6.1) Apresentação geral sucinta do PROFMIX

O PROFMIX, relacionado com a construção do módulo de Plano Agregado de Produção (Rodrigues, 1994). De acordo com Rodrigues (1994), o PROFMIX tem por objetivo maximizar a lucratividade de uma dada Empresa em um certo horizonte do tempo através da especificação do *mix* de produtos, da Capacidade de Produção e do nível de Inventários necessário no período considerado. O PROFMIX pode ser utilizado para um certo conjunto de decisões estratégicas entre as quais pode-se incluir (Rodrigues, 1994):

- i) qual linha de produtos deve ser priorizada para a maximização dos Indicadores Lucro Líquido, Retorno Sobre o Investimento e Caixa;
- ii) decisões sobre investir ou não em novos equipamentos e processos;
- iii) testar a possibilidade de introduzir novos produtos no mercado;
- iv) testar a utilização de rotas alternativas para a produção de uma determinada gama de produtos;

- v) servir como elemento que permita definir de forma relativamente otimizada o Plano Mestre de Produção.

O PROFMIX tem três módulos principais que são: gerenciamento das entradas necessárias através do banco de dados, montagem do Modelo matemático a ser otimizado e leitura da solução ótima e relatórios gerenciais de saída.

Os dados de entrada necessários para alimentar o banco de dados são (Rodrigues, 1994):

- i) **Recursos** – aqui são fornecidas as informações sobre as máquinas, detalhando os aspectos relativos à Capacidade disponível de cada recurso e, caso seja possível a execução de horas-extras, os custos por hora das mesmas. Para efeito de modelagem os recursos são agrupados em uma unidade intitulada de centros de trabalho. Estes centros de trabalho agrupam máquinas que executam tarefas idênticas e, portanto, têm taxas de produção bastante similares;
- ii) **Informações de Marketing e Finanças** – as informações relativas ao Marketing incluem a precisão de vendas máxima e mínima de cada produto final, enquanto as informações financeiras incluem os preços e o custo das matérias-primas associadas a cada componente;
- iii) **Roteiros** – descrevem os componentes do produto final com seus roteiros principal e alternativos;
- iv) **Orçamento disponível para a compra de Inventários** – aqui é apresentada a quantidade máxima de recursos disponível na Empresa para o investimento necessário em estoque nos períodos considerados.

A montagem e a solução do Modelo matemático são feitas utilizando Princípios e Técnicas ligados à Pesquisa Operacional. O Modelo segue algumas premissas básicas que são (Rodrigues, 1994):

- i) os recursos são modelados a partir da lógica de centros de trabalho e não através da lógica de máquinas individuais;
- ii) a lista de materiais é feita e consolidada tendo por base os componentes de montagem finais;
- iii) os baldes de tempo (*Time Buckets*), ou seja a Capacidade disponível para um dado período de tempo, são estipulados geralmente em 1 mês;
- iv) não é considerado o escalonamento no tempo nos baldes de tempo assumindo-se que existe Capacidade suficiente para a produção das quantidades alocadas, não havendo problemas relativos ao Sequenciamento.

Nesta fase é definida a Função Objetivo do PROFMIX que visa maximizar a rentabilidade da planta industrial. Esta Função Objetivo constitui-se, de forma geral, do somatório das margens de contribuição (preço menos custos diretamente alocáveis aos produtos) multiplicada pela quantidade dos produtos subtraído dos custos financeiros relativos aos Inventários e dos custos relativos às horas-extras. Os grupos de restrições que o Modelo contém inclui (Rodrigues, 1994):

- i) **Restrições de Capacidade** – visa garantir que o plano final seja exeqüível em termos de Capacidade disponível (horas normais e, se for o caso, horas-extras);
- ii) **Restrições da estrutura do produto** – a demanda final dos produtos é explodida nos componentes necessários para a sua execução. Estas restrições são importantes no sentido de permitir a produção antecipada de alguns componentes que passam nos centros de trabalho gargalo, permitindo assim que os produtos acabados sejam entregues dentro dos prazos propostos. Esta consideração é mais relevante para as Empresas do tipo A;
- iii) **Restrições de mercado** – leva em conta a máxima e a mínima quantidade que o mercado aceita de cada produto;
- iv) **Restrição de inventário** – leva em consideração a máxima quantidade disponível no orçamento para o investimento em estoques.

A partir daí, o PROFMIX gerará dois Modelos diferenciados partindo do pressuposto da Capacidade finita ou infinita (Rodrigues, 1994). No segundo Modelo, o de Capacidade infinita, é introduzida uma variável de folga – que não tem custo – o que permite satisfazer toda a demanda dos produtos. A comparação dos dois Modelos permite a identificação do maior gargalo e sugere qual a necessidade de incremento de Capacidade e, por consequência, os investimentos associados para eliminar os eventuais gargalos.

Finalmente tem-se os relatórios de saída que incluem (Rodrigues, 1994):

- i) **Plano de Produção:** permite alocar para cada período de tempo considerado as quantidades de produtos finais a serem produzidas e, também, as quantidades dos componentes necessárias para a fabricação dos artigos finais;
- ii) **Utilização dos Recursos:** apresenta o percentual de utilização de cada recurso para os diversos períodos considerados;
- iii) **Carga-Máquina:** detalha a quantidade de produtos e componentes a serem produzidos em uma máquina específica;
- iv) **Gargalo(s):** identifica o(s) maior(es) gargalo(s) por período e sugere a necessidade de Capacidade adicional para este(s) recurso(s) específico(s);
- v) **Horas-Estras:** demonstra o plano de horas-extras para cada período de planejamento;
- vi) **Inventário:** mostra as quantidades de produtos/componentes que devem ser fabricados antecipadamente para evitar os picos de necessidade de utilização da Capacidade;
- vii) **Informações relativamente ao mercado:** apresenta o percentual de produtos que não poderão ser atendidos no mercado em um dado período específico de tempo, em virtude da existência de restrições de Capacidade ou de Inventários;
- viii) **Estatísticas:** descreve as informações gerais relativas ao Modelo tais como: número de variáveis e restrições e tempo de resolução do Modelo.

Do ponto-de-vista deste trabalho alguns pontos devem ser considerados sobre a versão original do PROFMIX proposta por Rodrigues (1994). Estes pontos são:

- O PROFMIX permite operacionalizar na prática os passos 1 e 2 propostos na TOC. Ou seja, permite o gerenciamento da rotina no que tange ao estabelecimento racional do Plano Agregado de Produção e do Plano Mestre de Produção.
- O PROFMIX está otimizando os resultados de ‘ganhar dinheiro hoje’ uma vez que a Função Objetivo está montada de maneira a levar em consideração apenas os aspectos de curto-prazo. Porém não garante ‘ganhar dinheiro no futuro’ na medida em que o longo prazo não é, necessariamente, um somatório de curtos prazos. Para que seja possível levar em consideração aspectos estratégicos de médio e longo prazo, torna-se necessário modificar a Função Objetivo levando em conta os principais critérios estratégicos. Neste caso, objetiva-se a construção de um Plano Agregado Estratégico de Produção. Esta discussão será feita no item que se segue.
- O PROFMIX permite determinar o(s) gargalo(s) e, portanto, fornece informações essenciais para a operacionalização do passo 4 da TOC – levantar as capacidades das restrições. Torna especialmente exequível a realização de uma Análise de Investimentos levando em conta o Sistema Produtivo como um todo, ou seja, os ótimos globais.

6.2 Discussão crítica sobre a utilização do PROFMIX para a geração do Plano Agregado Estratégico de Produção

Ronen & Rozen (1992) apresentam uma proposta geral para chegar-se ao chamado Plano Agregado Estratégico de Produção. Dentro do quadro conceitual geral proposto por Ronen & Rozen, o PROFMIX pode ser utilizado com vantagens operacionais para a geração do Plano Agregado Estratégico de Produção e o Plano Mestre Estratégico de Produção. Estas vantagens podem ser sintetizadas como segue:

- i) o PROFMIX permite a elaboração de um Modelo conceitual de Fábrica muito amplo sem limitações de caráter computacional do uso do SIMPLEX para resolver tal tipo de problema;
- ii) o PROFMIX, a partir de sua lógica interna de construção, permite chegar a uma determinação dos planos de produção com uma lógica de balde de tempo que pode chegar a 1 semana, embora geralmente seja tratada para um balde de tempo de 1 mês.

A única alteração necessária no PROFMIX visando o cálculo do Plano Agregado Mestre de Produção refere-se à modificação na Função Objetivo. Adotar-se-á, neste caso, a lógica dos critérios estratégicos originalmente propostas por Ronen & Rozen (1992). Tendo como base o ciclo de rotinas, para fins do modelo proposto neste trabalho a saída – o Plano Mestre Estratégico de Produção tentativo – será adotado como entrada para a elaboração da Programação da produção. Já para o ciclo de melhorias e de desenvolvimento de novos produtos, torna-se necessário estabelecer um conjunto de Cenários futuros possíveis envolvendo os investimentos necessários no(s) gargalo(s) e/ou no desenvolvimento dos mercados e os Ganhos marginais daí

advindos. Ou seja, torna-se necessário uma discussão sobre a Análise de Investimentos nos Sistemas Produtivos estudados.

6.3) Discussão sobre a utilização do PROFMIX para efetivar a Análise de Investimentos nos Sistemas Produtivos

Uma vez estipulado o conceito de Fábrica e a partir daí modelando-se a mesma, pode-se fazer um conjunto de simulações determinísticas que permitirão fazer a análise de um conjunto de futuros Cenários possíveis. Estes Cenários devem levar em consideração duas situações gerais:

- i) se o(s) gargalo(s) é(são) interno(s) ao Sistema Produtivo então torna-se necessário sugerir investimentos neste(s) gargalo(s) e, se for o caso de existir potencialidades adicionais no mercado, propor simultaneamente investimentos em Propaganda e Marketing visando ampliar ainda mais as potencialidades de vendas.
- ii) no caso da restrição ser externa à Fábrica pode-se propor investimentos em Propaganda e Marketing e, talvez, no desenvolvimento de novos produtos. Neste caso, pode-se aumentar a demanda e criar uma situação onde o(s) gargalo(s) se torne(m) interno(s) à Fábrica. Isto pode levar à necessidade de imaginar-se, em certos Cenários a compra de recursos internos à Fábrica.

Um procedimento genérico para estabelecer-se uma Análise de Investimentos relativamente às mudanças no Sistema Produtivo em questão poderia ser:

- i) verificar as restrições do Sistema Produtivo genérico So e o Lucro Líquido por ele gerado;
- ii) propor um conjunto de Cenários alternativos possíveis – S1, S2 ... Sk, Sn - levando em consideração para cada um deles uma estimativa dos Investimentos necessários (por exemplo, em compra de máquinas e no desenvolvimento de mercado) e as alterações que acontecerão nas várias restrições do sistema (ex. restrições de Capacidade dos centros de trabalho e do mercado);
- iii) para cada Cenário considerado calcular, via a utilização do PROFMIX com a Função Objetivo levando em consideração fatores estratégicos, as receitas adicionais e o Lucro Líquido gerado pelo novo Cenário;
- iv) utilizar os Princípios e Técnicas de Engenharia Econômica, por exemplo a Taxa Interna de Retorno e o Valor Presente Líquido, para avaliar os vários Cenários desenhados e tomar uma decisão em função das informações sistêmicas disponíveis.

8. Conclusões

Inicialmente o presente trabalho explicita os diferentes níveis de planejamento, quais sejam: Planejamento Estratégico, Planejamento Tático e Planejamento Operacional (Programação da Produção).

Na literatura disponível a respeito do Planejamento, Programação e Controle da Produção e dos Materiais – PPCPM é colocada uma ênfase no aspecto Programação da Produção, uma vez que este tipo de problema caracteriza-se por apresentar uma dificuldade técnica considerável. No entanto, o presente artigo ressalta a importância estratégica da construção do chamado Plano Estratégico Agregado da Produção nas Empresas Industriais. A justificativa para a escolha deste estudo relaciona-se com os seguintes tópicos gerais:

- i) os aspectos teóricos e práticos relacionados com a necessidade de **definir o mix de produção que maximiza, no curto, médio e longo-prazo, o resultado econômico-financeiro da Empresa;**
- ii) a necessidade de gerar novos conceitos que permitam entender o problema proposto na profundidade necessária, como é o caso explicitado neste trabalho do conceito intitulado de **‘Definição’ ou ‘Conceito’ de Fábrica;**
- iii) explicitar os caminhos práticos, relacionados com a modelagem de Sistemas Produtivos Industriais, que permitam **melhorar consideravelmente a tomada de decisão no que tange a definição do chamado Plano Agregado Estratégico de Produção.**

Para equacionar, de forma o mais elucidada possível, a questão do Plano Agregado Estratégico de Produção partiu-se das idéias colocadas na chamada Teoria das Restrições. Os passos 1 e 2 da Teoria das Restrições são essenciais na medida em que postulam que o desempenho dos Sistemas Produtivos dependem da determinação das restrições dos mesmos (passo 1 da TOC), e da melhor utilização econômico-financeira destas restrições (passo 2 da TOC). O artigo mostra que, partindo das noções básicas expostas pela TOC, alguns aspectos conceituais críticos devem ser aprofundados tais como:

- i) explicitar as diferenças básicas entre a solução proposta pela TOC e pela modelagem proposta pela Pesquisa Operacional;
- ii) a necessidade de considerar aspectos estratégicos tais como: introdução de novos produtos, ciclos de vida dos produtos, mercados, critérios estratégicos, prioridades dos clientes etc.. (Bercht, 1996; Ronen & Rozen, 1992);
- iii) a necessidade de propugnar um amplo conjunto de distintas formas de utilização da Fábrica, ou seja, propor várias Definições de Fábrica.

A partir das discussões anteriores, levando em consideração o grau de complexidade do problemas em questão o artigo propõe formas objetivas de operacionalizar as proposições teóricas expostas. Para isso, propõe-se a utilização de *softwares* utilizando-se simultaneamente dois elementos básicos:

- i) os princípios, conceitos e pressupostos teóricos expostos neste artigo;
- ii) técnicas de Pesquisa Operacional visando elaborar as modelagens que se fazem necessárias. Particularmente, sugere-se neste trabalho a utilização do *software* PROFMIX.

Finalmente, para ilustrar a potencialidade de utilização do PROFMIX em particular, e da solução proposta de forma geral, discutem-se os tópicos relativos a geração do Plano Agregado Estratégico de Produção e a efetivação da Análise de Investimentos nos Sistemas Produtivos tendo por base uma perspectiva de sistema.

9. Referências Bibliográficas

- ANTUNES, J.A.V & ALVAREZ, R. R. **Fábricas Focalizadas: Um Estudo de Caso**. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, XIX, João Pessoa, 1995, **Anais...** v. I, n. 7, p. 205-223. (Produção Industrial e de Serviços).
- BERCHT, M. **Plano Agregado Estratégico de Produção**. Porto Alegre, PPGE/UFRGS, 1996. (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção).
- GOLDRATT, E. M. & COX, J. F. **A Meta**. Editora do IMAM, São Paulo, 1986.
- LUEBBE, R. & FINCH, B. Theory of Constraints and Linear Programming: a Comparison. **International Journal Production Research**, 1992, v. 30, n. 6, p. 1471-1478.
- RODRIGUES, L. H. **Apresentação e Análise Crítica da Tecnologia da Produção Otimizada (Optimized Production Technology - OPT) e da Teoria das Restrições (Theory of Constraints – TOC)**. In: Encontro da Associação Nacional de Programas de Pós-Graduação em Administração, XIV, Florianópolis/SC, 1990.
- RODRIGUES, L. H. **Developing na Approach to Help Companies Synchronise Manufacturing**. Universidade de Lancaster, Inglaterra, 1994. (Tese de Doutorado em Ciências Administrativas).
- RONEN, B. & STARR, M. K. Synchronized Manufacturing as in OPT: From Practice to Theory. **Computers Engineering**, 1990, v. 18, n. 4, p. 585-600.
- RONEN, B. & ROZEN, E. The Missing Link Between Manufacturing Strategy and Production Planning. **International Journal Production Research**, 1992, v. 30, n. 11, p. 2659-2681.
- SKINNER, W. Manufacturing: Missing Link in Corporate Strategy. **Harvard Business Review**, May-June, 1969, p. 5-14.
- SOUZA, C. V. A Hierarquia no Planejamento de Produção e a Avaliação da Capacidade de Produção. **Working Paper**, Porto Alegre, PPGE/UFRGS, 1995.
- SPENCER, M. S. & COX, J. F. Master Production Scheduling Development in a Theory of Constraints Environment. **Production and Inventory Management Journal**, first quarter, 1995, p. 8-13.