

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR João Murta Alves

E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 06, 09, 2001.

Paulo Corrêa Lima

ORIENTADOR

Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima
Dep. de Engenharia de Fabricação
FEM/UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

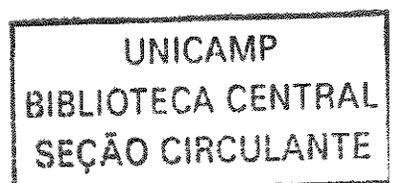
**Proposta de um Modelo Híbrido de Gestão da
Produção: Aplicação na Indústria Aeronáutica**

Autor: João Murta Alves

Orientador: Paulo Corrêa Lima

200207573

64/2001



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO**

Proposta de um Modelo Híbrido de Gestão da Produção: Aplicação na Indústria Aeronáutica

Autor: **João Murta Alves**

Orientador: **Paulo Corrêa Lima**

Curso: Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2001

S.P. - Brasil

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	AL87p
V.º	47884
T.º	16-837102
PREC.º	R\$ 11,00
DATA	15-02-02
N.º CPD	

CM00163792-2

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

AL87p Alves, João Murta
Proposta de um modelo híbrido de gestão da produção:
aplicação na indústria aeronáutica / João Murta Alves. --
Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Paulo Corrêa Lima.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Planejamento estratégico. 2. Administração da
produção. 3. Indústria aeronáutica. I. Lima, Paulo
Corrêa. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO

TESE DE DOUTORADO

**Proposta de um Modelo Híbrido de Gestão da
Produção: Aplicação na Indústria Aeronáutica**

Autor: João Murta Alves

Orientador: Paulo Corrêa Lima



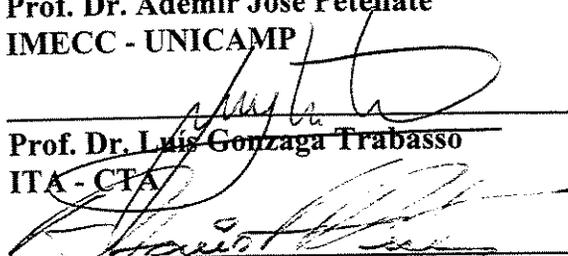
Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima, Presidente
FEM - UNICAMP



Prof. Dr. Olivio Novaski
FEM - UNICAMP



Prof. Dr. Ademir José Petenate
IMECC - UNICAMP



Prof. Dr. Luis Gonzaga Trabasso
ITA - CTA

Prof. Dr. Antonio Freitas Rentes
EESC - USP

Campinas, 06 de setembro de 2001

Dedicatória:

Dedico este trabalho aos meus pais:

João e Margarida;

À minha segunda mãe:

Carmina;

Às minhas irmãs:

Clélia Maria, Mariângela e Maria de Fátima;

E aos meus irmãos:

Carlos Antônio, José Ricardo e Paulo Roberto.

Agradecimentos

A concretização de uma tese de doutorado não é apenas a finalização de um trabalho científico, ainda que isto signifique muito esforço e dedicação. É ver um ideal se tornar realidade, é a concretização de um sonho. A visão de futuro e a graça de Deus sempre foram as molas propulsoras para vencer os obstáculos e perseverar, colocar as últimas pedras. Esta tese é um marco que delimita o fim de um empreendimento de vida, mas, sobretudo, é a marca do início de novos desafios.

Ao final deste empreendimento quero agradecer a imensurável colaboração do Prof. Paulo Lima. Sua consideração como orientador, sua intervenção e precisão nas observações contribuíram decisivamente para a consecução deste trabalho.

Agradeço aos professores dos cursos que realizei no Departamento de Estatística do IMECC e no Departamento de Fabricação da FEM, ambos da UNICAMP. Esses cursos foram básicos para a minha formação. Agradeço a todos os colegas do Departamento de Organização do ITA pelos constantes incentivos recebidos, de modo especial à Profa. Carmen Belderrain.

A Embraer, parte fundamental deste trabalho, onde realizei o estudo de caso, foi extremamente gentil e atenciosa. Seus funcionários, nos mais diversos níveis hierárquicos, sempre me atenderam com dedicação e interesse. Agradeço ao Marco Túlio Pellegrini, gerente da Divisão de Planejamento da Produção, meu primeiro contato na Empresa. Seu interesse foi um importante incentivo para começar o trabalho. Paulo Lourenção da área de Recursos Humanos foi o elo decisivo para a oficialização e início do estudo de caso. Agradeço imensamente a colaboração do José Celso Rocha, gerente da Divisão de Estamparia, sempre atencioso, abriu caminho e tornou possível o acesso às informações necessárias para o estudo de caso. Marisa Maciel, Márcia Rafael e Anderson Roque, prestaram uma grande ajuda no fornecimento de informações e no apoio para a impressão dos mapas. De uma maneira especial agradeço ao Ricardo Leite, da Programação e Controle da Produção da Estamparia. Sua atenção e

disponibilidade foram um suporte imprescindível para obter as informações necessárias ao mapeamento do fluxo de valor. A todos os supervisores, monitores e funcionários da Estamparia e de outras divisões da Embraer sou grato pelas informações prestadas.

À minha família, à qual dedico este trabalho, sou imensamente grato pelos incentivos e pelas orações.

“A fidelidade é uma resposta livre e cheia de sentido ao mundo da verdade e dos valores, à sua significação *imutável* e *autônoma*, às suas exigências próprias. Sem a atitude fundamental da fidelidade, não há nenhuma cultura, nenhum progresso no conhecimento, nenhuma comunidade; mas sobretudo, nenhuma personalidade moral, nenhum amadurecimento moral, nenhuma vida interior una e consistente, e nenhum amor verdadeiro. Todo o esforço de educação tem que ter em conta este significado fundamental da fidelidade em sentido amplo, se não quiser condenar-se de antemão ao malogro.

A atitude fundamental da fidelidade é também pressuposto de toda a confiança, de toda a *credibilidade*. Como há alguém de manter uma promessa ou merecer crédito na luta das idéias, se vive apenas do momento que passa, sem formar uma unidade de sentido com passado, presente e futuro? Quem poderá contar com ele? Só o homem fiel torna possível aquela confiança que constitui o fundamento de qualquer comunidade; só ele possui aquele elevado valor moral que reside na firmeza, na lealdade, na confiabilidade”.

(“Atitudes Éticas Fundamentais” - Dietrich Von Hildebrand)

Índice

1	Introdução	1
1.1	Apresentação do problema	1
1.2	Relevância do assunto	5
1.3	Objetivo do trabalho	8
1.4	Metodologia de trabalho	8
1.5	Conteúdo do trabalho	9
2	Administração Estratégica com Foco na Produção	11
2.1	Uma visão geral sobre o processo de administração estratégica	11
2.2	Análise do ambiente	12
2.3	Estabelecendo a diretriz organizacional: missão e objetivos	15
2.4	Formulação da estratégia	15
2.5	Implementação da estratégia	20
2.6	Controle estratégico	21
2.7	Estratégia funcional: a busca da excelência na produção	22
2.8	Considerações finais	26
3	A Indústria Aeronáutica e o Mercado	27
3.1	Breve histórico da indústria aeronáutica brasileira	27
3.2	Embraer pós-privatização	30
3.2.1	Formação de capital	30
3.2.2	A família de jatos para a aviação regional	32

3.2.3	A nova família de aeronaves	35
3.2.4	Resultados econômicos-sociais	36
3.2.5	Desenvolvimento organizacional	38
3.3	A Embraer e o mercado de aviação regional	42
3.3.1	A participação da Embraer no mercado de aviação regional	42
3.3.2	Expectativas de mercado	44
3.3.3	Foco estratégico na restrição	46
3.4	Considerações finais	50
4	Os Desperdícios da Produção em Massa	51
4.1	Desperdício versus valor agregado	51
4.2	As sete categorias dos desperdícios na produção	53
4.3	O custo real: eficiência financeira e qualidade	57
4.4	Os indicadores de produtividade do processo produtivo	63
4.5	Considerações finais	68
5	O Estado da Arte da Administração da Produção	69
5.1	Princípios e objetivos da Manufatura Enxuta	69
5.1.1	Os princípios do pensamento enxuto	71
5.1.2	Os objetivos do sistema de Manufatura Enxuta	77
5.2	Mudança de mentalidade: educação e treinamento	81
5.3	As ferramentas <i>lean</i> para combater os desperdícios da produção	85
5.3.1	Organização do local de trabalho – 5S's	86
5.3.2	Fluxo contínuo e <i>kanban</i>	88
5.3.3	Nivelamento da produção	95
5.3.4	Manutenção Produtiva Total – MPT	96
5.3.5	Redução de <i>setup</i>	101
5.3.6	Automação racional: automação	105

5.3.7	Produção celular e operador flexível	107
5.4	Vantagens e limitações da Manufatura Enxuta	112
5.5	Considerações finais	113
6	Sistemas de Suporte à Administração da Produção	114
6.1	Planejamento dos Recursos da Manufatura – MRP II	114
6.1.1	Histórico do cálculo das necessidades de recursos para a manufatura	115
6.1.2	Uma visão geral sobre o MRP II	116
6.1.3	Vantagens e limitações do MRP II	123
6.1.4	Integração do MRP II com a Manufatura Enxuta	124
6.1.5	Considerações finais sobre o MRP II	128
6.2	Teoria das Restrições – TOC	129
6.2.1	Histórico da TOC aplicada à produção	130
6.2.2	Uma visão geral do Gerenciamento das Restrições na Produção - GRP	131
6.2.3	Vantagens e limitações do GRP	140
6.2.4	Integração do GRP com o MRP II e a Manufatura Enxuta	141
6.2.5	Considerações finais sobre o GRP	143
6.3	Gerenciamento da Qualidade Total – TQM	144
6.3.1	Breve histórico do controle da qualidade	144
6.3.2	Uma visão geral sobre o TQM	146
6.3.3	O suporte do TQM à gestão da produção	153
6.3.4	Considerações finais sobre o TQM	164
7	O Modelo Proposto e sua Metodologia de Implementação	166
7.1	Crerios para a estruturação do modelo proposto	166
7.2	A metodologia de implementação do modelo proposto	172
7.2.1	Primeira fase: desenhar o mapa do estado atual do fluxo de valor	173
7.2.2	Segunda fase: desenhar o mapa do estado futuro do fluxo de valor	176

7.2.3	Terceira fase: elaborar um plano de implementação das melhorias definidas	183
7.2.4	Quarta fase: implementação do plano	186
7.3	Responsabilidades do coordenador do fluxo de valor	186
7.4	Considerações finais	188
8	Caso: O Fluxo de Valor da Família de Revestimentos Estirados	189
8.1	A Estamparia dentro da função produtiva da Embraer	189
8.2	Aplicando a metodologia EMB-Lean	191
8.2.1	Primeira fase: desenhar o mapa do estado atual do fluxo de valor	191
8.2.2	Segunda fase: desenhar o mapa do estado futuro do fluxo de valor	203
8.2.3	Considerações sobre a elaboração do plano e sua implementação	215
8.3	Considerações finais	218
9	Conclusão	219
	Referências Bibliográficas	225
	Anexo	232

Resumo

Alves, João Murta, *Proposta de um Modelo Híbrido de Gestão da Produção: Aplicação na Indústria Aeronáutica*. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 236 p. Tese (Doutorado)

Este trabalho analisa o potencial competitivo da produção e propõe um modelo de gestão para o aprimoramento do processo produtivo da Embraer. Esclarece a importância da prática da administração estratégica numa economia globalizada, caracterizada por padrões competitivos dinâmicos, e enfatiza que a busca de vantagens competitivas leva uma empresa manufatureira a desenvolver visão estratégica com foco na produção. Esta questão se evidencia no caso da Embraer, principal representante da indústria aeronáutica brasileira, que precisa aprimorar o seu fluxo produtivo para responder melhor ao mercado de aviação regional. Este mercado apresenta boas oportunidades de negócios que precisam ser exploradas para a Empresa capitalizar recursos e acelerar o seu crescimento. A investigação sobre o modelo atual de gestão da produção da Empresa revela um sistema com muitos desperdícios que afetam negativamente o tempo de resposta, o critério competitivo mais valorizado pelo mercado. A revisão bibliográfica fornece o suporte teórico para o aprimoramento dos métodos de gestão da produção da Embraer, revelando o sistema de Manufatura Enxuta - um sistema de combate aos desperdícios - e outros sistemas que podem ser integrados a ele. A partir desta pesquisa, propõe-se um modelo híbrido de gestão da produção para a família de aeronaves da aviação regional, avaliando a consistência do mesmo através de estudo de caso. Os resultados obtidos revelam a eficácia do modelo proposto e permitem sugerir a sua implementação em todo o sistema produtivo da Embraer.

Palavras chave

Estratégia, Gestão da Produção, Manufatura Enxuta, Embraer

Abstract

Alves, João Murta, *Proposal of a Production Management Hybrid Model: Application on Aeronautical Industry*. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 236 p. Tese (Doutorado)

This work analyses the competitive potential of the production area and proposes a management model to improve Embraer's productive process. It explains the importance of practicing strategic management in order to compete in a global economy, characterized by dynamic competitiveness standards, and emphasizes that a manufacturing company, searching for competitive advantages, must develop strategic vision with focus on production area. This issue becomes evident in the case Embraer - the major representative of the Brazilian aeronautical industry - which needs to improve its productive flow in order to give a better response to regional aviation market. This market has good business opportunities that need to be explored so that Embraer can capitalize resources and accelerate its growth. Investigation about the Company current production management model reveals a system with a lot of waste which negatively affects the response time, the most valued competitive criteria of the market. Academic literature review provides a theoretical support to improve Embraer's production management methods, revealing the Lean Manufacturing System - an elimination of wastes system - and other systems that may be integrated with it. Based on this research, this work proposes a production management hybrid model to regional aviation aircrafts families, evaluating its consistency through case study. Results reveal the effectiveness of the proposed model, allowing to suggest its implementation on whole Embraer's productive system.

Key Words

Strategy, Production Management, Lean Manufacturing, Embraer

Capítulo 1

Introdução

Uma empresa manufatureira para desenvolver e manter vantagens competitivas, dentro de um mercado cada vez mais competitivo e globalizado, deve focar a produção¹ com visão estratégica, buscando, continuamente, o aprimoramento do modelo de gestão do seu processo produtivo. A indústria aeronáutica brasileira, notadamente a Embraer, enfrenta este desafio.

1.1 Apresentação do problema

É ampla e rica a bibliografia que enfatiza a visão administrativa dominante na indústria manufatureira desde o período pós-guerra, onde setor de produção e seu pessoal passaram anos sendo isolados do processo decisório global da empresa. As decisões estratégicas eram tomadas e apenas comunicadas ao setor de produção para a sua execução. O planejamento e o controle da produção eram fundamentados nos princípios da revolução industrial de Adam Smith, aprimorados pelas técnicas de Taylor e outros pioneiros da engenharia industrial. Essas técnicas eram baseadas em se analisar um trabalho e dividi-lo em suas partes componentes, aperfeiçoar cada parte e estabelecer padrões. As técnicas de estudo de tempos e movimentos, padronização de funções, salário por peça produzida, gráficos de Gantt, cálculos de retorno simples e o processo de determinação de lote econômico, eram adequados para o controle de custos, planejamento da produção e utilização dos equipamentos.

¹ Neste trabalho as palavras “produção” e “manufatura” são utilizadas indistintamente, indicando o processo de fabricação no chão-de-fábrica. As expressões “sistema de manufatura” e “sistema de produção” são utilizadas indistintamente, indicando a integração de todas as funções da empresa (marketing, engenharia, produção, vendas, finanças, etc.)

Era a época da produção em massa, impulsionada por Henry Ford. Em resumo, o conceito de produção em massa era caracterizado, entre outros, pelos seguintes fatores:

- Grandes lotes e operações repetitivas para cada operário;
- Concepções estabilizadas de engenharia e linhas concisas de produtos;
- Alta proporção dos custos totais destinada à mão-de-obra direta;
- Elevada quantidade de máquinas idênticas na fábrica;
- Processos por lotes e layout por função;
- Fluxos desconexos e um volume substancial de manuseio de materiais efetuado pelos empregados; e
- Crença em inventário como ativo e segurança contra incertezas.

Ainda que algumas das técnicas mencionadas sejam ainda válidas, vivenciamos atualmente conceitos de administração da manufatura bastante diferenciados. Estamos em uma nova era econômica. A concorrência crescente, mudanças sociais e novas tecnologias estão transformando o modelo administrativo “taylorista” em um modelo de administração flexível, capaz de responder rapidamente às necessidades dos clientes.

SKINNER [1987], falando sobre política corporativa, diz: *“Em minha experiência, muitos grupos da alta administração não estão conscientes da força potencial de uma organização superior de produção como arma competitiva [...]. A alta administração deve se perguntar se a produção está sendo desenvolvida e empregada para obtenção de vantagens competitivas [...]. É essencial que ocorram mudanças na gerência de produção. As empresas e gerentes que liderarem a introdução de mudanças na gerência de fabricação irão ganhar uma importante vantagem competitiva”*.

Portanto, uma primeira questão que se coloca para estudo é o fato da administração da produção ser detentora de um potencial competitivo ainda pouco explorado pelas empresas manufatureiras, que continuam na sua grande maioria com as mesmas práticas administrativas do velho paradigma da produção em massa.

Nas últimas décadas, as posições competitivas ocupadas pelos principais países industrializados mudaram. Algumas nações de longa tradição industrial foram superadas por outras de menor tradição, dentre as quais o Japão é o melhor exemplo. Observa-se que o sucesso

da indústria manufatureira japonesa tem sido, em parte, pela sua habilidade na gestão comercial e financeira, mas, principalmente, pela alta qualidade e baixos custos de seus produtos, conseguidos através de uma excelência na administração da produção, excelência esta que a maioria dos seus concorrentes ocidentais não conseguiu igualar a tempo. As melhores empresas japonesas estavam usando as melhorias obtidas com suas peculiares e inovadoras práticas industriais, como sua principal arma competitiva, em oposição às empresas ocidentais que teriam considerado a produção como “um problema já resolvido”.

As pressões da indústria e do seu meio ambiente sobre as empresas são fortes e aumentam à medida que aumenta a globalização da economia. Estas pressões consistem na exigência de prazos de fabricação mais curtos, entregas mais rápidas, produtos com melhor qualidade, maior flexibilidade para produzir itens especiais e preços melhores.

Entretanto, como conseguir isto com um modelo de administração pouco flexível, desenvolvido para a fabricação em massa? Como conseguir isto sem incorrer em custos e estoques maiores? Este é o dilema da alta administração e em especial da gerência de produção.

Cabe ressaltar que a falta de visão estratégica na produção, por grande parte das empresas brasileiras, tem permitido a continuidade de uma estrutura organizacional de produção com poder muito centralizado e, como conseqüência, a pouca valorização dos recursos humanos no chão-de-fábrica. O próprio Ford, por ter promovido fortemente a intercambiabilidade das peças e a facilidade de ajustá-las entre si – o que representou uma boa contribuição para a ciência -, considerava os operários da linha de produção tão e meramente intercambiáveis quanto às peças do carro.

Nesse sentido, WOMACK et al. [1992] comentam: “Ford achava normal seus trabalhadores não darem, voluntariamente, qualquer informação sobre as condições operacionais – por exemplo, uma ferramenta com defeito – e muito menos sugerirem meios de aperfeiçoar o processo”. A realidade econômica atual, com o crescimento da concorrência e maior exigência do mercado, exige uma transformação social nas relações de trabalho dentro das organizações. Se, anteriormente, a lógica da divisão do trabalho fazia com que o trabalhador participasse de apenas uma fração do processo, atualmente, a competitividade exige que ele participe de uma parte cada vez maior do ciclo produtivo, com maior autonomia e controle sobre a produção. O mercado exige essa transformação.

Todas estas considerações de mudança de paradigma na administração da produção, incluindo a transformação social necessária, se evidenciam na realidade histórica e atual da indústria aeronáutica brasileira. A Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica -, em torno da qual se desenvolve a indústria aeronáutica no Brasil, durante os seus 32 anos de existência, tem feito grandes investimentos no seu setor produtivo, tanto na formação de recursos humanos quanto na aquisição de máquinas e equipamentos, obtendo bons ganhos de produtividade. Entretanto, o aumento de competitividade no mercado internacional de aviação regional exige da Empresa um melhor direcionamento dos seus recursos produtivos.

A análise da necessidade de expansão da indústria aeronáutica brasileira, tendo a Embraer como o sua principal representante, face às mudanças de paradigmas na gestão da produção, leva à caracterização da questão prática que se coloca para estudo. Ou seja, a Embraer, na realidade atual, com sua competência-chave na aviação regional reconhecida internacionalmente, com uma excepcional carteira de negócios e um potencial de mercado que lhe dá segurança para planejar um crescimento sustentável, precisa de uma produção ágil e eficaz, que dê respostas rápidas ao mercado naqueles produtos já consolidados – homologados pelos órgãos competentes e aprovados pelo mercado – visando o ótimo aproveitamento da demanda existente, face à concorrência.

O modelo atual de gestão da produção da Embraer não consegue dar vazão ao fluxo de produção demandado pelo mercado internacional de aviação regional. Portanto, a função produção é atualmente a restrição do sistema organizacional como um todo, necessitando ser explorada e elevada para a consecução dos objetivos estratégicos da Empresa e, como consequência, o fortalecimento da indústria aeronáutica brasileira.

Concluindo, o problema que se coloca para estudo se insere dentro de um contexto macro do processo de administração estratégica e se fundamenta no fato da função produção apresentar um potencial competitivo ainda pouco explorado pela indústria manufatureira. Esta questão se aplica à indústria aeronáutica brasileira, onde a Embraer se vê na absoluta contingência de focalizar a sua gestão da produção com maior visão estratégica para melhorar o tempo de resposta ao mercado, reduzir custos, aumentar o fluxo produtivo e capitalizar recursos para investir no desenvolvimento de novos produtos.

1.2 Relevância do assunto

Dentro da atual realidade competitiva mundial, uma empresa manufatureira que queira prosperar ou mesmo sobreviver, deve procurar ter um conhecimento sempre atualizado da indústria e das forças competitivas que a dirigem e, como conseqüência, elaborar uma estratégia competitiva que contemple a produção como fonte geradora de vantagens competitivas, elevando a sua gestão ao estado da arte, com as devidas adaptações ao setor industrial específico e às exigências do mercado. O potencial da produção como arma competitiva e o conceito de administração da produção como um ativo estratégico não podem mais ser negligenciados pelos administradores.

CORRA e GIANESI [1996] enfatizam que a produção deve ser encarada como arma competitiva poderosa. Segundo eles *“É necessária a conscientização, por parte da organização competitiva como um todo, dos mais altos aos mais baixos escalões, de que a produção pode ser uma importantíssima arma competitiva, desde que bem equipada e administrada, isto é, considerando a produção de forma compatível com sua importância. A concorrência se dá, hoje, com base em critérios, como, por exemplo, produtos livres de defeitos, produtos confiáveis, entregas confiáveis e rápidas, largamente influenciados pela função da manufatura. A produção já não pode ser encarada como um mal necessário (aquele setor que deveria ser administrado visando minimizar os potenciais prejuízos que pudesse vir a causar), mas como um setor que tem, como nenhum outro, o potencial de criar vantagem competitiva sustentada através do atingimento da excelência em suas práticas”*.

O enfoque estratégico sobre a produção, para se obter vantagens competitivas, deve necessariamente encarar o tempo de resposta ao mercado e o controle dos custos como critérios competitivos vitais para o sucesso do empreendimento. Com a globalização cada vez maior da economia e à medida que as novas tecnologias da microeletrônica, automação, inovações em tecnologias de informação, métodos de melhoria da qualidade e de gerenciamento de processos são rapidamente difundidos, as diferenças de qualidade entre produtos concorrentes vão se reduzindo, tornando mais sensível ao cliente/consumidor as diferenças de tempo de resposta, flexibilidade e preço, este último considerado agora dentro de uma visão mais sistêmica, isto é, não apenas o preço de aquisição, mas também o custo operacional do produto para o cliente/consumidor ao longo do tempo. Na verdade os clientes procuram e querem encontrar

valor no produto para confirmar sua aquisição. Ou seja, os custos envolvidos na produção do produto devem refletir para o mercado um preço que ele está disposto a pagar em troca dos valores que encontra no produto. O que os clientes/consumidores buscam são produtos e serviços com valor agregado.

Valor agregado são as melhorias ou funções criadas e estabelecidas no produto ou serviço que propiciam vantagem percebida e atendam às necessidades e expectativas dos clientes. É importante esclarecer que o custo para agregar essas melhorias ou funções ao produto deve ser real, isto é, livre de desperdícios. Entendendo-se desperdício como tudo aquilo que ultrapassa o mínimo de recursos materiais e humanos necessários para agregar valor ao produto.

A Figura 1.1, MOURA [1987], adaptada para este estudo, ilustra o perfil do mercado atual, mostrando a relevância do tempo de resposta e da redução dos custos pela eliminação dos desperdícios, pois o cliente/consumidor, cada vez mais bem informado e exigente, quer atendimento rápido e produtos cujos preços reflitam seus valores reais, valores agregados.

Com relação à indústria aeronáutica, a redução do tempo de resposta e preços competitivos são critérios extremamente valorizados pelo mercado globalizado da aviação regional. Este segmento de mercado representa um potencial de US\$ 74.60 bilhões para os próximos 20 (vinte) anos, dividido conforme abaixo [Fonte: Embraer (Jun/2000)]:

- Categoria de 20 a 39 assentos: US\$ 15,80 bilhões
- Categoria de 40 a 59 assentos: US\$ 58,80 bilhões

A participação da Embraer e seus concorrentes nesse mercado dependerá em grande parte da capacidade de cada organização em desenvolver um fluxo produtivo capaz de atender a esta demanda. O aprimoramento do processo produtivo da Embraer, através do melhor direcionamento do seu fluxo de produção, redundará na redução do *lead time* e dos custos correlatos, propiciando maior flexibilidade e segurança nas negociações de preços e prazos com os clientes. Outrossim, num ambiente globalizado onde as condições de mercado são altamente mutantes, é imprescindível a adaptação da Embraer aos novos critérios de competitividade, o que significa o desenvolvimento de novos produtos com inovações e tecnologias que estejam na vanguarda da concorrência. Para tanto, a Empresa precisa de recursos de capital cuja fonte

potencial seriam os lucros diferenciais advindos da sua capacidade produtiva em liderar o atendimento à demanda existente.

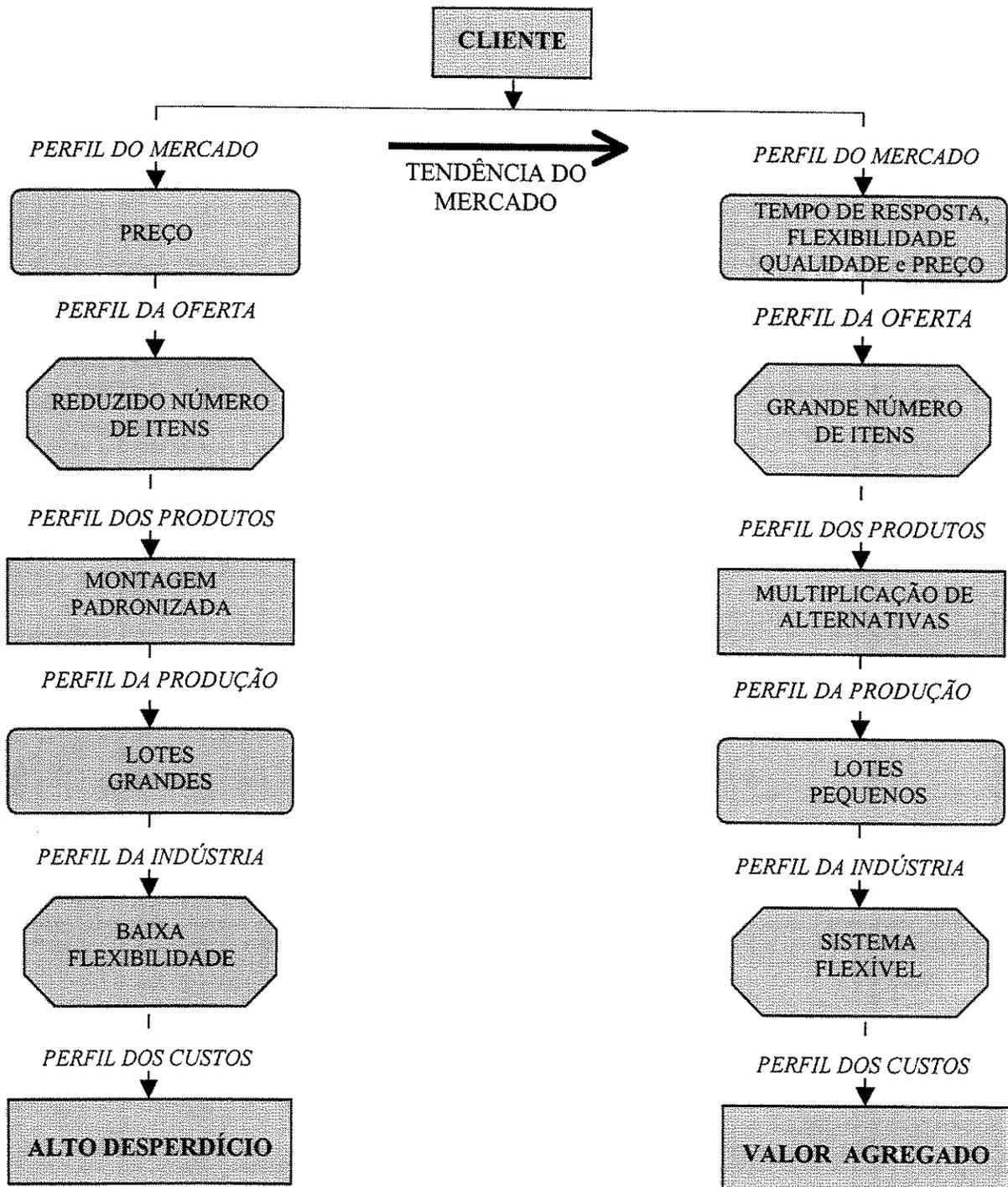


Figura 1.1- produção em massa com alto desperdício *versus* produção com valor agregado

1.3 Objetivo do trabalho

Dentro do problema proposto para estudo, o objetivo deste trabalho é propor um modelo de gestão para o aprimoramento do processo produtivo da indústria aeronáutica brasileira, com foco na Embraer, sua principal representante.

Este estudo é um esforço preliminar no sentido de colocar a gestão da produção da Embraer no seu posicionamento estratégico adequado, acompanhando o estado da arte, abrindo um amplo campo de pesquisa para a continuidade de novos trabalhos.

1.4 Metodologia de trabalho

Uma vez caracterizado o problema e definido o objetivo do trabalho, estabelece-se uma metodologia de trabalho para a consecução do objetivo.

O esforço de uma organização para se obter vantagens competitivas deve ser conseqüência de decisões estratégicas fundamentadas na análise do ambiente na qual ela está inserida. Assim, no primeiro passo da metodologia de trabalho ressalta-se a importância da prática da administração estratégica e apresenta-se o contexto onde se desenvolve a estratégia competitiva. A prática da administração estratégica permite identificar a área funcional que num determinado momento restringe a organização de aumentar a sua lucratividade. Essa área é a restrição da organização e é ela que limita o fluxo de valor para o mercado. A introdução de princípios e conceitos sobre administração estratégica no início deste trabalho caracteriza bem a passagem de uma visão macro do empreendimento para uma decisão de agir localmente através do aprimoramento da restrição. A decisão de aprimorar a restrição busca o aprimoramento da organização como um todo.

O próximo passo na pesquisa visa obter junto à Embraer - que pratica com muita eficiência a administração estratégica - a confirmação da identificação da função produção como a restrição organizacional ao aumento de sua lucratividade no mercado de aviação regional.

Uma vez que a identificação da função produção como a restrição organizacional torna-se uma evidência objetiva, faz-se necessária a análise do modelo atual de gestão da produção da Embraer frente à demanda de mercado. Com esta análise obtêm-se uma visão clara das limitações do sistema e das necessidades de melhoria face às exigências dos clientes.

O conhecimento do modelo atual de gestão da produção da Embraer impulsiona a pesquisa sobre o estado da arte da administração da produção buscando encontrar novos princípios gerenciais que possam ir ao encontro das reais necessidades da empresa no seu contexto competitivo.

O próximo passo na metodologia de trabalho deve redundar na efetiva contribuição científica para a indústria aeronáutica brasileira. Ou seja, como consequência do conhecimento adquirido com a pesquisa do estado da arte na administração da produção apresenta-se um modelo híbrido de gestão, como proposta de aprimoramento do processo produtivo da Embraer. Com esta proposta não se pretende apresentar um novo modelo de gestão, mas uma contribuição científica para aprimorar o modelo atual de administração da produção da Embraer.

O último esforço de pesquisa é verificar a consistência do modelo proposto através de estudo de caso, aplicando a metodologia de implementação do modelo sobre a família de revestimentos estirados, fabricados pela Divisão de Estamparia da Embraer. A análise dos resultados obtidos deve levar à conclusão sobre a efetividade do modelo proposto.

1.5 Conteúdo do trabalho

O presente trabalho está estruturado em nove capítulos, cujo conteúdo é sucintamente apresentado a seguir.

O Capítulo 2 apresenta os princípios da administração estratégica ressaltando a importância da sua prática dentro do contexto atual de globalização da economia. Outrossim, enfatiza que nas condições atuais de concorrência, com o mercado cada vez mais exigente, o setor produtivo de uma empresa manufatureira apresenta um potencial excepcional de desenvolvimento de vantagens competitivas, através do desenvolvimento da excelência em suas práticas.

O Capítulo 3 apresenta numa visão geral o desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira, com ênfase na Embraer, ressaltando as principais características da Empresa pós-privatização, sua posição competitiva no mercado internacional de aviação regional e a restrição que a impede de aumentar a sua participação nesse segmento.

O Capítulo 4 apresenta as principais fontes de desperdício da produção inerentes ao modelo gerencial da produção em massa, conceituando os custos correlatos e definindo alguns indicadores de produtividade que balizam a eficiência de um processo produtivo, face às exigências de competitividade do mercado.

O Capítulo 5 apresenta o estado da arte da administração da produção: o *Lean Manufacturing System* (Sistema de Manufatura Enxuta). Mostra uma visão geral dos princípios do pensamento enxuto, os objetivos do sistema e analisa suas ferramentas de combate aos desperdícios da produção, com ênfase na necessidade de transformação cultural.

O Capítulo 6 dá seqüência à pesquisa bibliográfica e apresenta os sistemas que bem integrados à Manufatura Enxuta contribuem de maneira efetiva para o aprimoramento do processo produtivo. Estes sistemas dão suporte ao planejamento e ao fluxo da produção sincronizada com a demanda, ajudando a empresa a atender às necessidades do mercado. São os sistemas: MRP II – *Manufacturing Resources Plannig* (Planejamento dos Recursos da Manufatura), TOC – *Theory of Constraints* (Teoria das Restrições) e TQM – *Total Quality Management* (Gerenciamento da Qualidade Total).

O Capítulo 7 apresenta a proposta de um modelo híbrido de gestão para o setor produtivo da Embraer, em torno da qual se desenvolve a indústria aeronáutica brasileira, visando aumentar a sua produtividade e atender melhor a demanda do mercado internacional de aviação regional. Este modelo híbrido tem como eixo principal o sistema de Manufatura Enxuta, suportado pelo MRP II, TOC e TQM. A sua metodologia de implementação é apresentada em passos seqüenciais.

O Capítulo 8 apresenta a aplicação do modelo proposto ao processo produtivo da família de revestimentos estirados da Divisão de Estamparia da Embraer. A confrontação do mapa do estado atual com o mapa do estado futuro do fluxo de valor evidencia os ganhos de produtividade com a aplicação do modelo

O Capítulo 9 estabelece as conclusões do presente trabalho, ressaltando a importância dos resultados obtidos e a eficácia do modelo proposto. Finaliza sugerindo temas e uma linha de abordagem para pesquisas futuras.

Capítulo 2

Administração Estratégica com Foco na Produção

O conhecimento e a prática da administração estratégica levará uma empresa manufatureira a identificar a produção como uma arma competitiva poderosa para alcançar os seus objetivos de lucratividade. A busca da excelência na produção vai ao encontro da redução do tempo de resposta, um dos requisitos mais valorizados pelo mercado.

2.1 Uma visão geral sobre o processo de administração estratégica

KOTLER [1998], falando sobre planejamento estratégico diz: *“A década de 70 fez emergir o conceito de planejamento estratégico e suas ferramentas especiais, como resultado de uma sucessão de ondas de choque, como crise de energia, inflação de dois dígitos, estagnação econômica, concorrência japonesa vitoriosa e o fim da reserva de mercado em setores industriais chaves, que golpearam a indústria americana. As empresas americanas não podiam mais confiar em simples projeções de crescimento para planejar sua produção, vendas e lucros. O planejamento convencional de longo prazo precisava ser convertido em planejamento estratégico”*.

O conceito de planejamento estratégico evoluiu, nos anos 90, para administração estratégica, caracterizando-se por uma visão mais sistêmica da administração dos negócios, face à globalização da economia e aos paradigmas gerenciais surgidos nas últimas duas décadas. Portanto, nas condições econômicas atuais, face ao crescente aumento da concorrência, a prática

da administração estratégica, com a definição e a implementação de uma estratégia competitiva, está no cerne da definição do sucesso ou fracasso das empresas.

Neste ponto, faz-se necessária a explicitação de alguns conceitos fundamentais para o entendimento do processo de administração estratégica. Genericamente, FERREIRA [1975] define estratégia como: “*É a arte de explorar condições favoráveis e aplicar os meios disponíveis com vista à consecução de objetivos específicos*”. PORTER [1991] define estratégia competitiva como: “*É a estratégia através da qual uma empresa busca uma posição competitiva favorável dentro do seu meio ambiente, fundamentalmente dentro da indústria à qual pertence*”.

CERTO e PETER [1993] definem administração estratégica como: “*Um conjunto de etapas interligadas entre si formando um processo contínuo e integrado ao seu meio ambiente. O propósito da administração estratégica é ajudar a organização a selecionar e ordenar os negócios de maneira que se mantenha saudável, apesar das turbulências que venham a ocorrer em qualquer um de seus negócios específicos ou linhas de produtos/serviços*”. Segundo o autor, as etapas do processo de administração estratégica são as mostradas na Figura 2.1, que serão, sucintamente, comentadas a seguir:

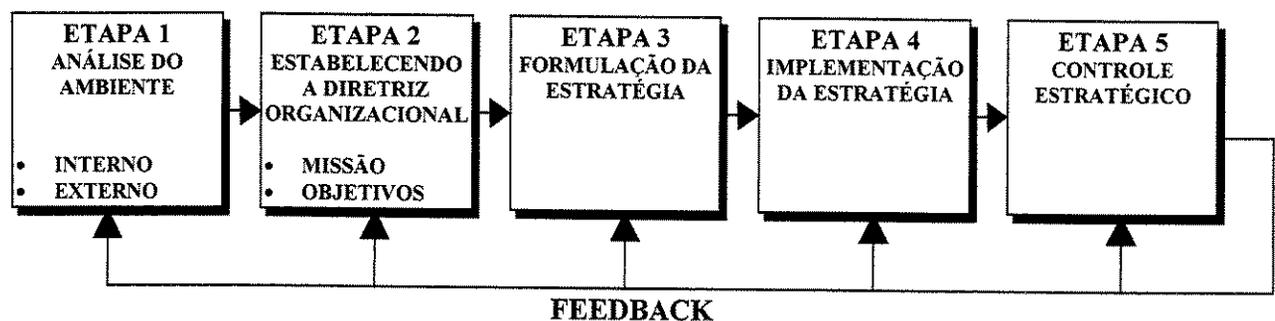


Figura 2.1 - O processo de Administração Estratégica

2.2 Análise do ambiente

A análise do ambiente é a observação e avaliação do ambiente, com seus fatores tanto internos como externos à organização, com a finalidade de identificar os riscos e as oportunidades, tanto presentes como futuras, que possam influenciar a capacidade das organizações de atingir suas metas.

Em geral, o propósito da análise do ambiente é avaliar o ambiente de modo que a administração possa reagir adequadamente e aumentar o sucesso organizacional. Para executar uma análise eficiente e efetiva, devemos compreender como o ambiente no qual uma organização está inserida se constitui. CERTO e PETER [1993] propõem uma divisão do ambiente organizacional em: ambiente geral, ambiente operacional e ambiente interno, conforme esquematizado na Figura 2.2.

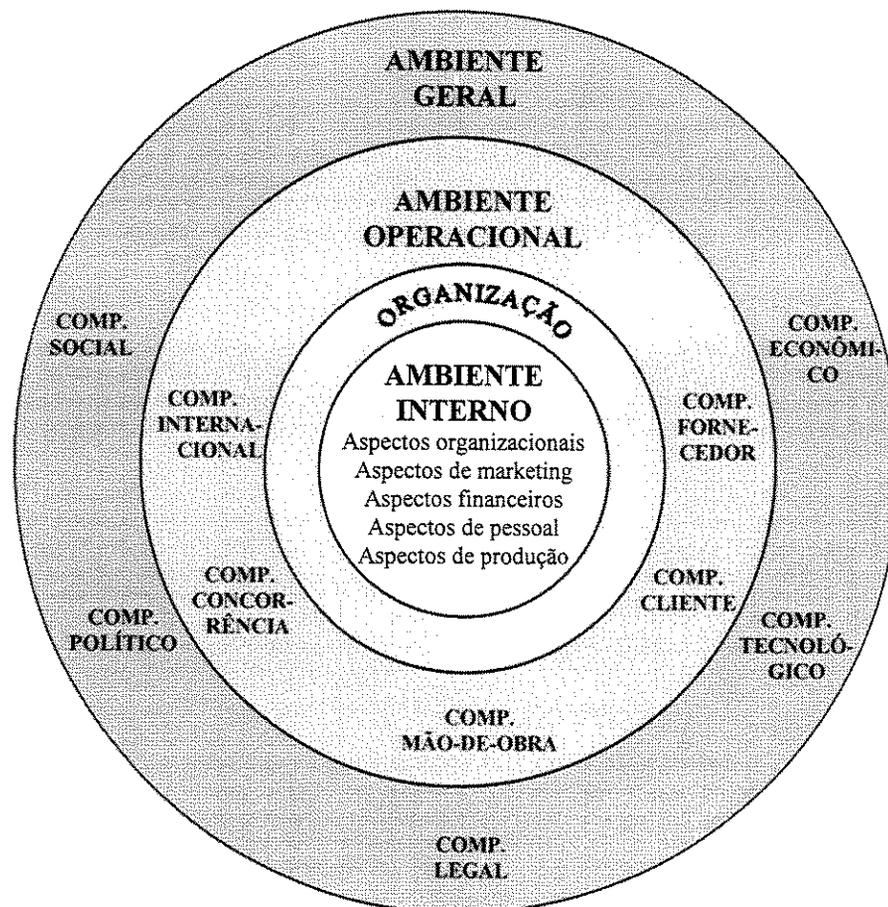


Figura 2.2 - A organização, os ambientes Geral e Operacional e os seus componentes

Ambiente Geral ou Macroambiental - é o nível de um ambiente externo à organização, composto de componentes que normalmente têm amplo escopo e pouca aplicação imediata para

administrar uma organização. É formado por componentes como: componente econômico, componente político, componente social, componente tecnológico e componente legal.

Ambiente Operacional ou Microambiental - é o nível do ambiente externo à organização composto de setores que normalmente têm implicações específicas e relativamente mais imediatas na administração da organização. É formado por componentes como: componente fornecedor, componente concorrência, componente cliente, componente mão-de-obra e componente internacional.

Ambiente Interno - é o nível de ambiente que está dentro da organização e normalmente tem implicação imediata e específica na administração da organização. É composto por fatores como: aspectos organizacionais, aspectos de marketing, aspectos financeiros, aspectos de pessoal e aspectos de produção.

Segundo o mesmo autor, uma organização ao realizar uma análise do seu ambiente, deve conhecer a relevância dos diversos componentes e identificar quais devem ser monitorados, para que as metas sejam atingidas.

Para uma análise dos ambientes externos (geral e operacional), a organização precisa acompanhar e avaliar as principais forças desses ambientes que afetarão sua habilidade de obter lucro em um mercado ou de alcançar outros objetivos. Ela deve estabelecer um sistema para rastrear tendências e desenvolvimentos importantes. Para cada tendência ou desenvolvimento, a administração precisa identificar as oportunidades e ameaças correspondentes.

Para uma análise do ambiente interno, deve-se estabelecer padrões de forças e fraquezas e, periodicamente, analisá-los dentro do negócio específico. No entanto, examinando-se os padrões de força e fraqueza, pode-se constatar que não é necessário corrigir todas suas fraquezas, nem dar ênfase a todas suas forças. Além disso, é preciso decidir se o negócio deve ficar limitado à suas oportunidades ou se ele deve adquirir forças para explorar oportunidades melhores.

Na análise do ambiente interno, uma atenção especial deve ser dada à cultura da organização no sentido de identificar as transformações necessárias para adaptá-la às necessidades do mercado.

2.3 Estabelecendo a diretriz organizacional: missão e objetivos

Missão organizacional é a definição, clara e precisa, da razão de ser de uma organização. As respostas às questões do tipo “Qual é o nosso negócio?” podem ser chamadas de missões organizacionais. Elas definem a relação pretendida da organização com seu ambiente, no que diz respeito à utilidade ou papel que seus produtos ou serviços irão desempenhar. Ao dar uma resposta específica a uma pergunta desse tipo, a organização está definindo, em geral, seu escopo desejado, ou seja, sua combinação de produto/serviço e mercado/cliente.

Com o passar do tempo, alguns podem perder interesse na missão ou a missão pode perder sua relevância à luz das condições mutantes do mercado. A missão pode tornar-se obscura à medida que a organização acrescenta novos produtos e entra em novos mercados. Quando a organização sente que o ambiente organizacional está mudando, deve rever os elementos básicos que fundamentam a sua existência e renovar os seus propósitos.

Após a organização ter definido sua missão e examinado seus ambientes externos e internos, ela pode desenvolver objetivos e metas específicos para o período de planejamento. Os objetivos organizacionais são metas para as quais a organização está direcionada. Os objetivos refletem a missão organizacional e são importantes porque os administradores podem usá-los no auxílio às tomadas de decisões e como guias para aumentar a eficiência da organização e conduzir avaliações de desempenho. Eles podem ser tanto de curto como longo prazo.

2.4 Formulação da estratégia

A formulação da estratégia, parte essencial da administração estratégica, leva a efetiva definição de um plano estratégico. Os objetivos indicam o que uma organização deseja atingir; a estratégia responde como chegar lá. Cada negócio deve estabelecer sua própria estratégia para atingir suas metas. MILLS et al. [1998] comentando sobre a formulação de estratégias dizem: *“Quando os gerentes procuram definir uma nova estratégia, onde eles provavelmente vão encontrá-la? Uma resposta pode ser encontrada na sua história: como a atual estratégia surgiu? Por que as iniciativas anteriores falharam? O que funcionou e o que não funcionou? Quanto tempo foi necessário para implementar as últimas estratégias? O debate sobre estas questões deve resultar num quadro que permita o aprimoramento da formulação de estratégias”*.

KOTLER [1998] define planejamento estratégico como: “*É o desenvolvimento de uma adequação viável entre os objetivos, experiências e recursos da organização e suas oportunidades em um mercado continuamente mutante. O propósito do planejamento estratégico é moldar e remoldar os negócios e produtos da empresa com objetivo de crescimento e lucro*”. O objetivo de crescimento e lucro pode ser alcançado através de enfoques estratégicos diferentes. Embora se possa listar muitos tipos de estratégias, PORTER [1992] resumiu-as em três tipos genéricos que fornecem um bom ponto de partida para o pensamento estratégico: liderança total de custos, diferenciação e foco de mercado.

As organizações que adotam as mesmas estratégias dirigidas ao mesmo mercado ou segmento de mercado formam um grupo estratégico. Aquelas que aplicarem com mais eficácia essas estratégias obterão melhores resultados face aos objetivos estabelecidos. Assim, a organização que consegue o menor custo na administração dos seus processos, entre aquelas que adotam a estratégia de custo baixo, obterá uma vantagem competitiva em relação às demais. As organizações que não adotam uma estratégia clara e explícita terão poucas probabilidades de sucesso na administração dos seus negócios.

Segundo Porter, a estrutura industrial tem uma forte influência na determinação das regras competitivas do jogo da concorrência, assim como na determinação das estratégias, potencialmente disponíveis para a empresa, que levem à liderança em algum critério competitivo. Em qualquer indústria, seja qual for o seu ramo, o grau de concorrência depende de cinco forças competitivas básicas, que estão representadas na Figura 2.3, PORTER [1991].

Geralmente as empresas se preocupam com a força do centro, ou seja, a disputa por melhores posições, pela redução dos preços, novos produtos, novas capacidades, etc. No entanto, através da Figura 2.3, percebe-se que a concorrência que uma empresa enfrenta em uma indústria tem raízes mais profundas em sua estrutura econômica básica, que vai bem além do comportamento dos atuais concorrentes.

Existe a ameaça de novas empresas que poderão fazer parte do jogo, introduzindo produtos novos e atrativos. Se entrarem, facilmente poderão afetar os principais produtos da indústria. Assim, a barreira criada para a sua entrada é um fator crucial para a dimensão e posicionamento da indústria.

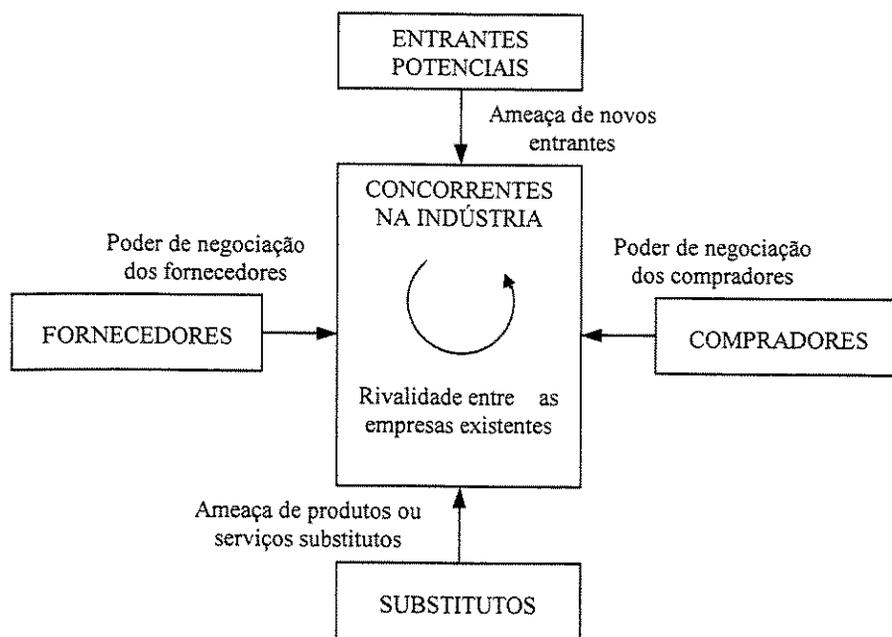


Figura 2.3 - Forças que dirigem a concorrência na indústria

A Figura 2.3 mostra ainda que novos produtos e serviços podem substituir os de uma indústria. Se uma indústria os enfrenta para impedir que venham a substituir os seus, pode ocorrer equiparação ou retenção em seus preços, o que poderá levar a redução no volume de negócios, pois seus consumidores poderão optar pelos outros produtos.

Toda indústria precisa de fornecedores. As empresas compram mão-de-obra, materiais e maquinário. Os fornecedores podem reter os lucros de qualquer indústria, pois podem manipular seus próprios preços, forçando a indústria a absorver os custos, que serão repassados para o produto final. Restringirá, assim, a lucratividade da empresa se esta não repassar o aumento para os compradores.

Os compradores podem ter ou não poder de barganha. Se não tiverem e forem sensíveis aos preços, poderão forçar sua redução ou exigir novos serviços que não precisarão pagar.

Portanto, a meta da estratégia competitiva para uma empresa é encontrar, dentro da indústria à qual pertence, uma posição através da qual possa melhor se defender contra estas forças competitivas ou influenciá-las a seu favor. A habilidade da empresa em tratar essas forças é fundamental, uma vez que são as mesmas que determinam a rentabilidade da indústria.

Considerando que o conjunto das forças seja transparente para todos os concorrentes, a chave para o desenvolvimento de uma estratégia é pesquisar em maior profundidade e analisar as fontes de cada força. O conhecimento dessas fontes da pressão competitiva - fontes não tão visíveis - põe em destaque os pontos fortes e fracos da empresa, anima o seu posicionamento em sua indústria, esclarece as áreas em que mudanças estratégicas podem resultar em retorno máximo e evidencia as áreas com tendências mais importantes dentro da indústria, quer como oportunidades, quer como ameaças.

Em seguida, com uma visão mais clara, alcançada pelo maior conhecimento do meio ambiente em que se situa, a empresa pode dar continuidade ao processo de elaboração da sua estratégia competitiva. Em um nível mais amplo, são quatro os fatores básicos que determinam os limites daquilo que uma empresa pode realizar com sucesso. A Figura 2.4, PORTER [1991], ilustra o contexto onde a estratégia competitiva é formulada.

Porter esclarece que os pontos fortes e fracos da empresa são o seu perfil de ativos e as suas qualificações em relação à concorrência, incluindo recursos financeiros, postura tecnológica, capacidade produtiva, flexibilidade do sistema de produção, etc. Já os seus valores pessoais são as motivações e as necessidades dos seus principais executivos e de outras pessoas responsáveis pela implementação da estratégia escolhida. Uma boa formação profissional, a flexibilidade para adaptar-se aos novos paradigmas de gerenciamento que vão surgindo e a capacidade de diálogo da alta administração são características importantes para se definir uma estratégia isenta de subjetivismos. Os pontos fortes e os pontos fracos combinados com os valores determinam os limites internos da estratégia competitiva que uma empresa pode adotar com pleno êxito.

Os limites externos são determinados pela indústria e por seu ambiente mais amplo. As ameaças e as oportunidades da indústria definem o meio competitivo, com seus riscos e recompensas potenciais. As expectativas da sociedade refletem o impacto sobre a empresa de componentes do ambiente externo, como a política governamental, os interesses sociais (empregos, preservação da natureza, etc.) e outros. Os quatro fatores da Figura 2.4 devem ser considerados antes de uma empresa desenvolver um conjunto realista e exequível de metas e políticas, que irão fundamentar e caracterizar a sua estratégia competitiva.

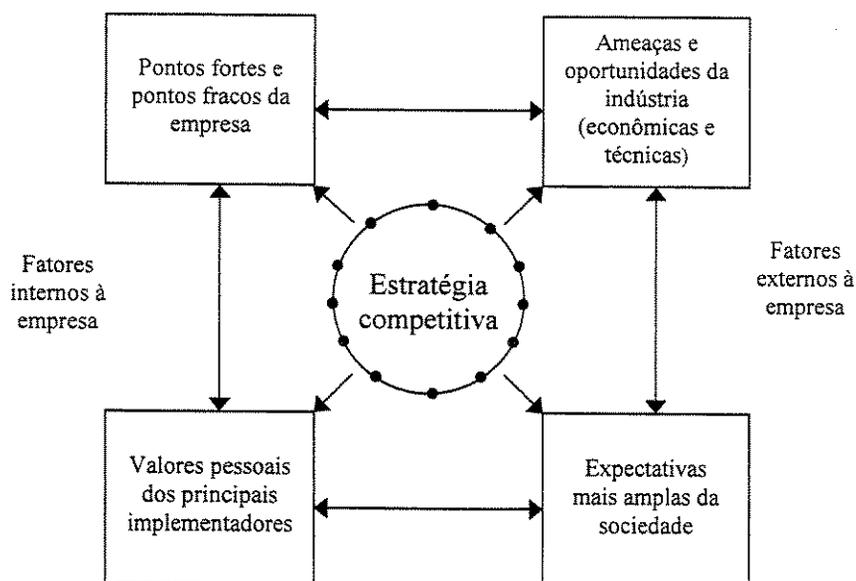


Figura 2.4 - O contexto onde a estratégia competitiva é formulada

Finalmente, após esta análise, a empresa estará em condições de, efetivamente, desenvolver uma estratégia competitiva, cuja essência é a formulação ampla de como a empresa irá competir, quais deverão ser suas metas e quais as políticas necessárias para levar-se a cabo essas metas. A Figura 2.5, PORTER [1991], ressalta que a estratégia competitiva é uma combinação dos objetivos e metas que a empresa busca e os meios, políticas funcionais ou táticas, através dos quais ela pretende alcançar estes fins.

Esta figura é um dispositivo para a articulação dos aspectos básicos da estratégia competitiva de uma empresa, que possibilita mostrar em uma única página uma visão macro da estratégia. No centro da roda estão os objetivos da empresa, que representam a definição geral do modo como ela deseja competir e mais especificamente seus objetivos econômicos, sociais, etc. Os raios da roda são as políticas operacionais básicas com as quais a empresa busca atingir estes objetivos. Como uma roda, os raios (políticas) devem originar-se do centro (objetivos) ao mesmo tempo que devem ser um reflexo coerente deste centro. Raio e centro devem estar firmemente conectados entre si, caso contrário a roda não girará.

Segundo MILLS et al. [1998], a maior complicação na elaboração de uma estratégia é que os eventos planejados para suportar diferentes estratégias podem interagir. Então, as interfaces entre as diferentes estratégias de uma organização precisam ser cuidadosamente observadas para que as restrições sejam devidamente administradas.

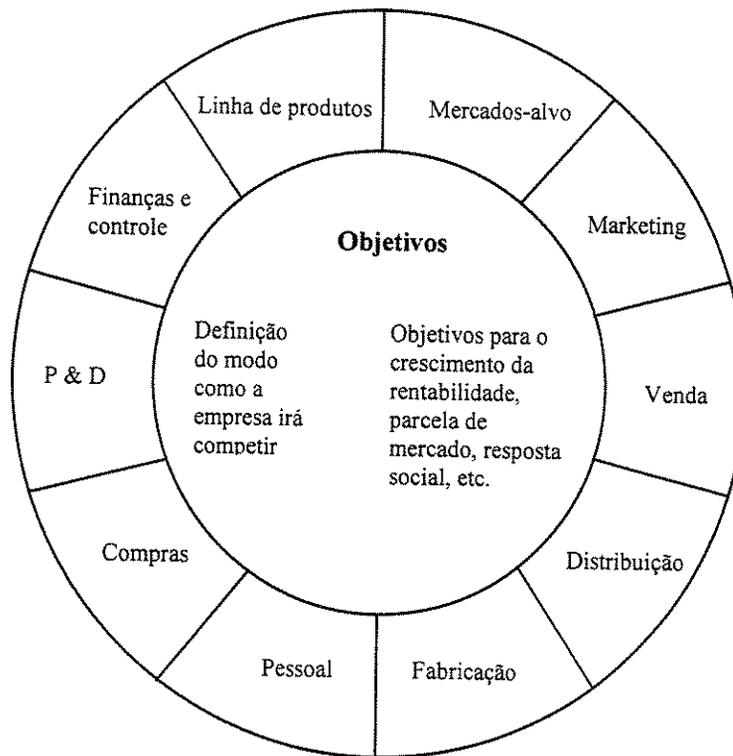


Figura 2.5 - A roda da estratégia competitiva

2.5 Implementação da estratégia

Mesmo uma estratégia clara, com programas de apoio bem elaborados, pode não ser suficiente para o sucesso de um planejamento estratégico, porque a organização pode falhar na sua implementação. A fim de implementar com sucesso a estratégia organizacional, os administradores devem ter uma resposta clara para algumas perguntas:

- Qual é a melhor forma de se lidar com a cultura da organização para garantir que a estratégia será de fato tranqüilamente implementada?

- Como a implementação da estratégia e suas formas de estruturas organizacionais estão relacionadas?
- Que diferentes abordagens de implementação um administrador pode seguir?
- Que conhecimentos são necessários aos administradores que esperam ser bem sucedidos na implantação da estratégia organizacional?

Da resposta a essas perguntas deve resultar a abordagem de implementação mais adequada para a organização atingir os objetivos estabelecidos. Além disso, há que considerar que as dificuldades durante a implementação podem levar a organização a alterar a sua estratégia, provocando um processo contínuo de interação entre as duas etapas.

Falando sobre implementação de estratégias, CERTO e PETER [1993] comentam: *“Em muitas organizações bem-sucedidas nem todos os aspectos da estratégia são planejados com detalhes e, então, implementados de acordo com um cronograma predefinido. Em vez disso, freqüentemente as estratégias são parcialmente formuladas, implementadas, reformuladas e ampliadas para capitalizar rapidamente as oportunidades estratégicas”*. Assim, a formulação e a implementação de uma estratégia influenciam-se mutuamente e evoluem juntas.

2.6 Controle estratégico

Exercer o controle em organizações significa acompanhar, avaliar e melhorar os diversos tipos de atividades que ocorrem internamente, para fazer com que os eventos ocorram da forma planejada. O controle estratégico é um tipo especial de controle organizacional que se concentra no acompanhamento e avaliação do processo de administração estratégica para melhorá-lo e assegurar um funcionamento adequado. No processo de controle estratégico podemos observar três etapas distintas:

1 - Medição do desempenho organizacional - Geralmente, a administração usa auditoria estratégica para determinar o que realmente está ocorrendo dentro da organização.

2 - Comparação do desempenho organizacional com os objetivos padrões - Aqui a administração monta um caso para concluir se o que ocorreu como resultado do processo de administração estratégica é aceitável.

3 - Tomar a atitude corretiva necessária - Se os eventos estiverem ocorrendo em sintonia com os objetivos organizacionais estabelecidos dentro do processo de administração estratégica, provavelmente não haverá necessidade de atitude corretiva. Entretanto, se estiverem fora de sintonia, normalmente será necessário algum tipo de atitude corretiva.

O controle estratégico promove a melhoria contínua do processo de administração estratégica, fornecendo a realimentação necessária para se determinar se todas as etapas do processo de administração estratégica estão funcionando de forma apropriada.

2.7 Estratégia funcional: a busca da excelência na produção

Existem diferentes entendimentos e percepções com relação ao papel da produção e os aspectos de gestão correlatos dentro de um sistema de manufatura. Genericamente pode-se dizer que administração da produção é um conjunto de operações ordenadas que criam produtos com valor de troca.

MONKS [1987] define administração da produção como: *“É a atividade pela qual os recursos, fluindo dentro de um sistema definido, são reunidos e transformados de uma forma controlada, a fim de agregar valor, de acordo com os objetivos empresariais”*.

Por todas as considerações anteriores, é evidente que os objetivos empresariais, aos quais se refere o autor, devem ser fruto da prática da administração estratégica. Uma empresa manufatureira ao confrontar o resultado da análise do ambiente externo com os pontos fortes e fracos do seu ambiente interno, perceberá que os seus objetivos de lucratividade estarão em grande parte na dependência da correta exploração do potencial competitivo da administração da produção.

SLACK [1993], falando sobre competitividade através de uma vantagem em manufatura, diz: *“O sucesso competitivo de uma empresa como um todo é uma consequência direta de sua função de manufatura ter um desempenho superior do que qualquer dos seus concorrentes [...] Uma função de manufatura saudável dá à empresa a força para suportar o ataque da concorrência, dá o vigor para manter um melhoramento uniforme no desempenho competitivo e, talvez o mais importante, proporciona a versatilidade operacional que pode responder aos mercados crescentemente voláteis e aos concorrentes”*.

Outro aspecto a considerar, é que a versatilidade ou flexibilidade operacional obtida pelo aprimoramento da manufatura passa a ser fator importante para suportar as necessidades de marketing. Com o aumento de competitividade, a função de marketing dentro da organização, supervalorizada durante as décadas de produção em massa, passa a ser dependente dos ganhos de produtividade gerados pelo setor produtivo.

HALL [1988], falando sobre a excelência na manufatura, diz: *“A excelência na manufatura é atingida quando as qualificações de todas as funções da empresa são integradas com as qualificações da produção [...] Preservar o núcleo da manufatura é essencial para salvar o todo da manufatura, incluindo a experiência em marketing”*. Assim, as funções do sistema de manufatura são interdependentes e o foco estratégico na administração da produção é intrinsecamente sistêmico. A abordagem sistêmica dá ênfase à natureza integrativa de todas as funções do sistema de manufatura e salienta que deve existir relacionamento e cooperação dentro do sistema como um todo. Esta integração busca a otimização dos objetivos globais do sistema.

O foco estratégico na administração da produção é um conjunto de tarefas e decisões coordenadas que visam alcançar dos objetivos competitivos da empresa através de uma integração mais dinâmica de todas as funções do sistema de manufatura com a produção e da organização como um todo com o seu ambiente externo. A estratégia de buscar a satisfação dos clientes nos critérios de prazos de entrega, flexibilidade, qualidade e preço do produto depende desta integração.

Corroborando com esta linha de pensamento, MONTGOMERY e LIVINE [1996] enfatizam que a produção deve tornar-se o centro da organização de uma empresa, com as outras funções prestando o necessário serviço e suporte, conforme ilustra a Figura 2.6. Através desta figura o autor mostra como as relações entre as funções do sistema de manufatura mudam de uma organização convencional para uma organização onde suas funções são alinhadas em torno da produção. A caixa maior representa toda a organização e cada caixa menor representa uma função do sistema de manufatura, com suas dimensões e posição indicando sua relativa importância. Devido a relevância da sua participação na resposta ao mercado, a produção deixou de ser apenas uma entre as muitas funções para ser o centro do sistema. Aqui, a produção assume um papel central e dominante na organização.

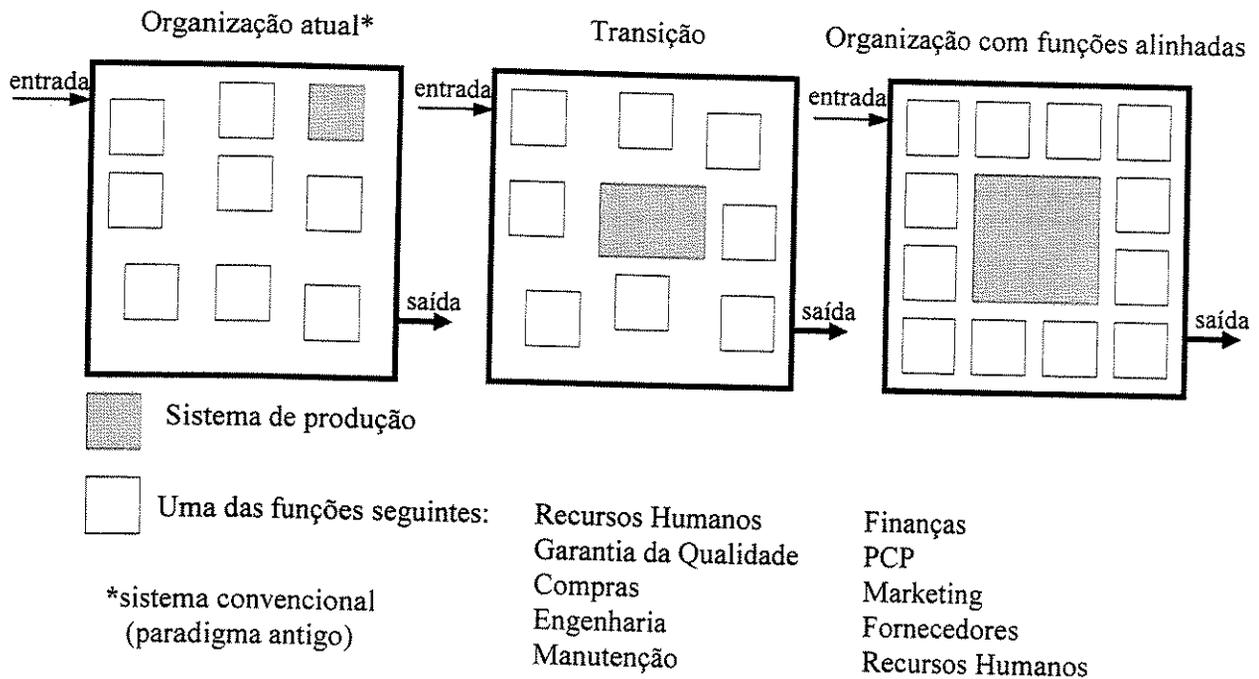


Figura 2.6 - As funções da empresa organizadas em torno da produção

BOCKERSTETTE e SHELL [1993] falando sobre a manufatura baseada no tempo, comentam: “Normalmente o lead time da entrega de um produto ou serviço é muitíssimo maior que o real tempo de valor agregado usado para fabricar e entregar o produto. É importante identificar o tempo que acrescenta valor e trabalhar para eliminar todos os tempos que não acrescentam valor Onde o lead time total é maior que o tempo que acrescenta valor, a empresa manufatureira carrega diretamente o excesso de custo em forma de inventário, despesas de manufatura e despesas administrativas. Esse excesso de custo, por sua vez, reduz a lucratividade da empresa”. A Figura 2.7 mostra a visão dos autores com relação à composição do lead time de um produto genérico.

Enfatizando, uma vez mais, é de senso comum entre os estrategistas em manufatura que o modelo gerencial de produção ficou estagnado durante as décadas da produção em massa. Como consequência, o tempo de resposta ao mercado, especialmente o lead time de produção, não recebeu a devida atenção. Entretanto, no atual contexto econômico globalizado o tempo é considerado o principal fator de vantagem competitiva.

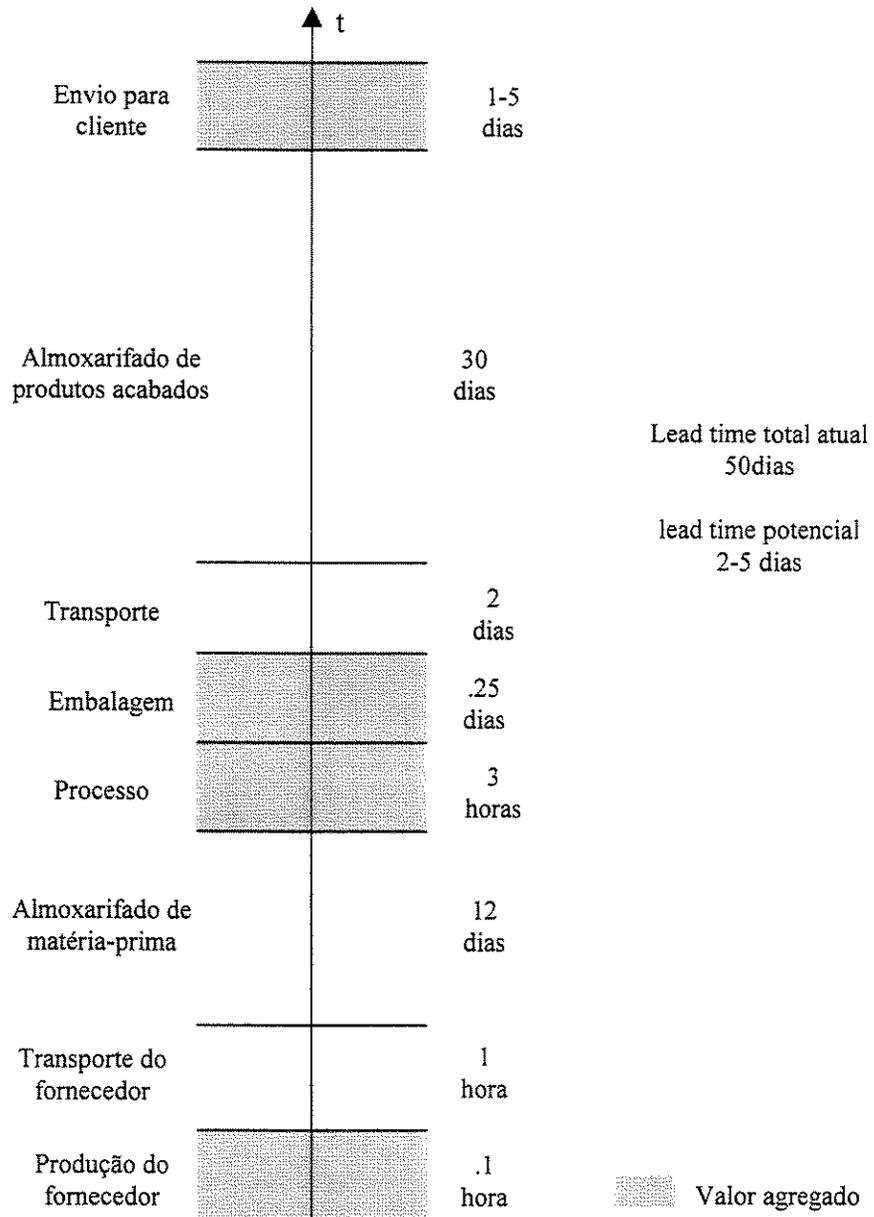


Figura 2.7 – Uma visão esquemática da composição do *lead time*

GEORGE STALK [1988] comentando sobre o tempo, como a nova fonte de vantagem competitiva, diz: “*De fato, como uma arma estratégica, tempo é equivalente a dinheiro, produtividade, qualidade, e mesmo inovação. O gerenciamento do tempo permitiu a empresas japonesas bem sucedidas não apenas reduzir seus custos, mas também oferecer uma linha mais ampla de produtos, cobrir mais segmentos de mercado e atualizar a sofisticação tecnológica dos seus produtos*”.

Definitivamente, o enfoque sobre a administração do tempo adquire uma relevância única nas relações comerciais dos mercados globalizados, exigindo da gestão da produção uma parcela de contribuição imprescindível para o posicionamento competitivo de uma empresa manufatureira.

2.8 Considerações finais

A administração estratégica é uma prática imprescindível para a consecução dos objetivos de crescimento de uma organização. Através da prática da administração estratégica uma empresa manufatureira pode perceber a importância da busca da excelência na gestão do seu processo produtivo. É ampla a bibliografia atual que defende o valor estratégico da gestão da produção para o desenvolvimento de vantagens competitivas, ressaltando especialmente a sua contribuição para a redução do tempo de resposta ao mercado.

Após esta visão geral do contexto que determina o desenvolvimento de uma estratégia competitiva com foco na produção, o próximo passo será elucidar melhor a posição competitiva da Embraer no mercado internacional de aviação regional e a restrição que a impede de aumentar a sua participação nesse mercado.

Capítulo 3

A Indústria Aeronáutica e o Mercado

Com o reaquecimento do mercado internacional de aviação, a indústria aeronáutica brasileira, notadamente a Embraer, com sua família de jatos para a aviação regional, apresenta boas perspectivas de crescimento, dependendo em grande parte da capacidade de vazão do seu processo produtivo.

3.1 Breve histórico da indústria aeronáutica brasileira

A indústria aeronáutica brasileira possui um histórico que retrocede várias décadas, demonstrando uma capacidade de inovação através de projetos inteiramente desenvolvidos no país. Desenvolver, produzir e comercializar aviões são atividades restritas a um número pequeno de países, pois exige grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). De fato, isto é ressaltado por BERNARDES [2000]: *“A indústria aeronáutica caracteriza-se por ser um setor em que os dispêndios em P&D e os esforços em aquisição tecnológica são bastantes elevados. O uso de produtos de alta densidade tecnológica, a manipulação de novos materiais, equipamentos e máquinas de última geração, componentes aviônicos, engenharia de sistemas, inovações de designs e uma força de trabalho de altíssima qualificação, sugerem que países pobres em capital humano e em tecnologia devem enfrentar grandes barreiras de entrada para a instalação e o desenvolvimento aeronáuticos nacionais”*.

Atualmente, o mercado aeronáutico internacional encontra-se em acelerado desenvolvimento, o que exige da indústria a atualização constante de ferramentas técnicas e gerenciais para projetar, fabricar e comercializar aeronaves com eficácia. Far-se-á a seguir um

breve retrospecto do desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira tendo como referências CABRAL [1987] e ESCOSTEGUY [1995].

O primeiro grande passo foi dado em 1910, quando Demetre S. Lavand cria o “São Paulo”, a primeira aeronave projetada e construída no Brasil. O período compreendido entre esse evento até 1933 é marcado pela ausência de interesse governamental. A falta de uma política industrial de longo prazo que privilegiasse o setor faz com que os empreendimentos sejam esporádicos e de caráter individual.

Em 1934 é criado o Serviço Técnico de Aeronáutica, que desempenha papel normativo no desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira. Segue-se um período caracterizado por muitos projetos oficiais que fracassaram na tentativa de implantar linhas de produção no Brasil pela falta de uma política unificada de macro planejamento. Marcado também pela criação de diversos projetos pela iniciativa privada e pelo impacto da segunda guerra mundial. Destaca-se nesse período a criação, em 1942, da Companhia Aeronáutica Paulista - CAP do grupo privado Pignatari, que torna-se famosa pela produção do CAP-4 Paulistinha. Suas atividades encerraram-se em 1948.

Segue-se um período caracterizado pela formação gradual de uma política governamental para o setor aeronáutico. Em 1950, inicia-se das atividades do ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica em São José dos Campos, dentro do campus do então Centro Técnico de Aeronáutica, hoje Centro Tecnológico Aeroespacial - CTA, constituindo-se no principal pilar de sustentação do desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira. O ano de 1955 é marcado pela criação da Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva, que produziu o Paulistinha (cedido pela CAP), Regente e Universal.

Em 1965, inicia-se no CTA o Projeto IPD/PAR 6504 para o desenvolvimento do turboélice Bandeirante e em 19 de agosto de 1969 sai o Decreto Lei criando a Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica, privilegiada com a concessão de incentivo fiscal.

A Embraer teve, portanto, a sua origem no desenvolvimento do Bandeirante pelo CTA, contando com recursos humanos altamente capacitados formados pelo ITA. A partir do Bandeirante, a Empresa passa a investir muito em pesquisa e desenvolvimento, pois a indústria aeronáutica, além das exigências tecnológicas voltadas para a segurança de vôo, é continuamente

impulsionada pelos incentivos militares e pela própria competitividade interna que sempre procura oferecer ao mercado um produto diferenciado.

Com a criação da Embraer segue-se um período caracterizado pela unificação da política governamental para o setor aeronáutico, implantação de instalações industriais, incentivo fiscal, proteção do mercado e penetração no mercado externo. Destaca-se nesse período: a entrega, em 1973, dos três primeiros EMB-110 Bandeirantes ao Ministério da Aeronáutica; o desenvolvimento e fabricação do EMB-121 Xingú, aeronave turboélice executiva, pressurizada, para 6 passageiros, cujo primeiro voo ocorreu em 1976; e a homologação do Bandeirante pelo FAA norte-americano.

Em 1980, a Neiva é absorvida pela Embraer, cria-se o programa conjunto Embraer-Aermacchi-Aeritalia para produção do AMX (jato de ataque) e realiza-se o primeiro voo do EMB-312 Tucano. O Tucano é um avião turboélice de treinamento militar básico-avançado projetado para simular as condições de voo de um jato. É o início de um período caracterizado pelo prestígio nos mercados nacional e internacional, supremacia da Embraer no campo de aeronaves de asa fixa e o desenvolvimento de projetos com complexidade crescente. Destacam-se ainda dois eventos importantes neste período:

- O primeiro voo do Brasília em 1983. O Brasília é um avião pressurizado de nova geração para 30 passageiros, equipado com dois motores turboélice da Pratt & Whitney.
- O primeiro voo do AMX na Itália. O programa AMX é um empreendimento da Embraer e das empresas italianas Alenia e Aermacchi. O esforço conjunto do Ministério da Aeronáutica e Embraer foi notável neste programa, abrindo oportunidades de absorção de tecnologia de ponta e produção de equipamentos sofisticados a duas dezenas de indústrias brasileiras, transformando-as num significativo passo de capacitação industrial brasileira na área aeronáutica. O AMX usa um motor *turbofan* da Rolls Royce, é um avião de ataque ao solo para missões de interdição de campo de batalha, apoio aéreo aproximado e reconhecimento. É capaz de operar em regime alto subsônico e a baixa altitude.

Em meados da década de 80 inicia-se o período de crise na indústria aeronáutica internacional. Esse período caracteriza-se pela retração do mercado a nível global, ausência de

investimentos governamentais para o desenvolvimento de novos modelos, endividamento da Embraer, busca de parcerias para novos projetos e a desregulamentação da aviação experimental.

Em 1987 sai o acordo de cooperação Brasil-Argentina para o desenvolvimento do EMB-123 Vector. Em 1990 realiza-se o primeiro vôo do Vector, mas o projeto foi descontinuado pelo preço pouco competitivo da aeronave em função do alto custo de desenvolvimento e produção.

Segue-se um plano de emergência para saneamento da Embraer com corte de gastos e de pessoal. Em 1991, o Banco do Brasil concede à Embraer empréstimo de US\$ 407 milhões para saldar dívidas mais urgentes. Começa a preparação visando a privatização da Empresa. Em 1993 inicia-se o estabelecimento de contratos de risco para desenvolvimento do jato regional EMB-145 e em dezembro de 1994 a Embraer é privatizada.

3.2 Embraer pós-privatização

A Embraer é hoje uma das maiores empresas fabricantes de aviões do mundo. Localizada em São José dos Campos, a cerca de 80 km da Capital do Estado de São Paulo, a Empresa tem 263.000 m² de área construída dentro de uma área total de 1.500.000 m². Trata-se de um parque industrial com modernas instalações, laboratórios e máquinas, destacando-se o seu centro de usinagem. Em jun/2001, a Embraer contava em seu quadro de pessoal com aproximadamente 11.000 funcionários distribuídos pela unidade controladora em São José dos Campos (cerca de 9000 funcionários), e suas subsidiárias: EAC - Embraer Aircraft corporation, nos EUA, Neiva Indústria Aeronáutica, em Botucatu, SP e ELEB - Embraer-Liebherr Equipamentos do Brasil S/A, em São José dos Campos, SP, e sua filial EAI - Embraer Aviation International, na França.

3.2.1 Formação de capital

Em janeiro de 1992, o BNDES anunciou oficialmente a inclusão da Embraer na lista das empresas estatais a serem privatizadas. As premissas básicas que justificavam a privatização foram: o papel do estado, que deveria priorizar os seus esforços em setores mais voltados para as necessidades básicas da população; a incapacidade da União de aportar os recursos necessários para saldar os compromissos da Empresa; a necessidade de maior agilidade e flexibilidade gerenciais para tornar a Embraer mais competitiva; e a garantia de sobrevivência do acervo tecnológico de valor estratégico para o país.

A privatização da Embraer foi realizada de forma um pouco distinta daquela que foi adotada para a venda das empresas dos setores petroquímico e siderúrgico. A posição estratégica da companhia, representada pelo seu acervo tecnológico e pela força de sua marca própria, levaram o governo a uma modelagem de venda toda particular, buscando preservar o patrimônio da empresa e do país. Através de leilão realizado em 07 de dezembro de 1994, a Embraer deixou de ser uma empresa de economia mista e foi transferida para a iniciativa privada. O valor da transação foi de R\$ 154 milhões e os novos proprietários assumiram um débito de US\$ 264 milhões.

O governo federal continuou a ser acionista (minoritário), retendo 20% das ações com direito a voto, e passou a ser detentor de uma ação de classe especial (*Golden Share*), que lhe concede o poder de veto na mudança de objetivo ou razão social da companhia, na transferência de seu controle acionário e na criação/desativação de programas militares. O público e os empregados também fazem parte do quadro de acionistas da empresa, através da aquisição de 20% das ações (10% cada) em condições privilegiadas. Com a privatização a empresa passou a ser controlada pelos seguintes acionistas: Grupo Bozano Simonsen, Previ – Caixa de Previdência Privada do Banco do Brasil e Sistel – Fundação Telebrás de Seguridade Social. Após a privatização em dezembro de 1994 o controle acionário da Embraer passou por várias alterações em função do aporte de capital feito pelos acionistas majoritários (aproximadamente US\$ 520 milhões).

Em out/99 os acionistas controladores da Embraer fecharam acordo estratégico com quatro companhias francesas do setor aeroespacial e de defesa – Aérospatiale Matra, Dassault Aviation, Thomson-CSF e Snecma – para a venda de 20% das ações ordinárias, com direito a voto. Comentando o assunto diz o presidente da Empresa: “*O principal motivo que levou os franceses a investir na Embraer foi a confiança no futuro da Empresa, não estando vinculado, portanto, à implementação de qualquer programa ou projeto específico. Para a Embraer foi a busca de novos produtos e tecnologias e o acesso a novos mercados*”, BANDEIRANTES [1999]. Atualmente (jun/2001), o controle acionário (ações ordinárias com direito a voto) da Embraer apresenta-se conforme mostra a Figura 3.2, BANDEIRANTES [1999].

Existe um acordo de controle acionário da Embraer, com validade até 2007, entre os acionistas Bozano, Simonsen, Previ e Sistel, que têm a maioria de ações com direito a voto.

Depois deste período o controle acionário da Empresa poderá sofrer mudanças e novas decisões estratégicas poderão ser tomadas. Entretanto, o Governo Federal mantém poder sobre questões importantes, tais como a mudança do objeto social da empresa, o uso da marca, negócios militares, transferência de tecnologias militares e transferência do controle acionário, mudança de estatuto nas questões que alteram o poder da ação de classe especial – a *Golden Share* – e a questão da representatividade dos empregados no Conselho.

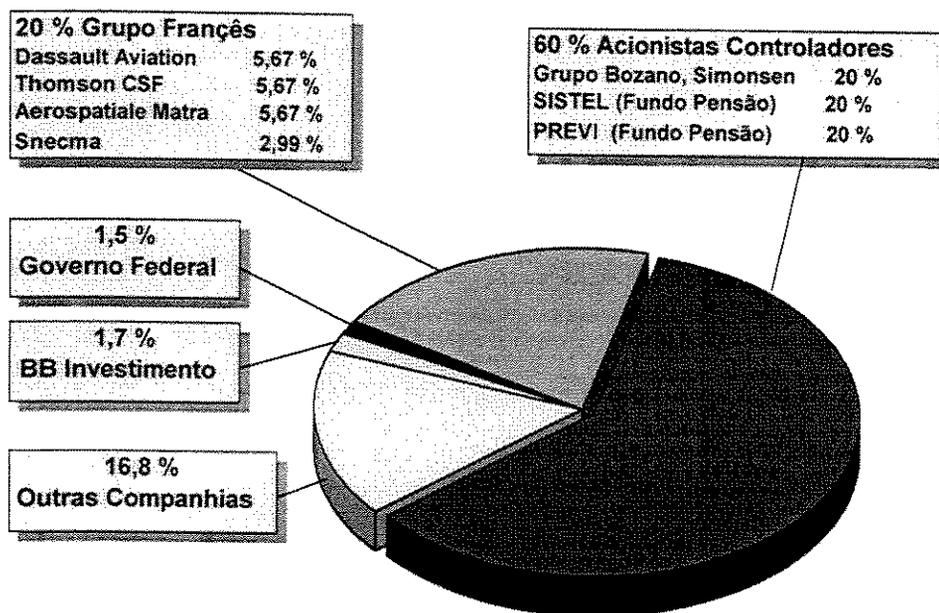


Figura 3.2 – O controle das ações ordinárias da Embraer

Com a privatização a Embraer adquiriu a flexibilidade gerencial demandada pela dinâmica do mercado internacional, flexibilidade o que lhe permitiu desenvolver uma estratégia competitiva mais agressiva, redundando em sucessivos ganhos de produtividade, crescimento da organização e fortalecimento da sua posição competitiva no mercado internacional.

3.2.2 A família de jatos para a aviação regional

A privatização da Embraer deu impulso ao desenvolvimento do mais ambicioso programa da Empresa para o mercado civil: a família de jatos para a aviação regional. O primeiro a ser desenvolvido foi o ERJ-145, atualmente a aeronave que mais contribui para o faturamento da Empresa.

ERJ-145 - Foi o primeiro jato comercial da empresa e exigiu um investimento da ordem de US\$ 300 milhões em desenvolvimento e construção de protótipos. Parcerias estratégicas foram realizadas com quatro empresas para o desenvolvimento desta aeronave: Gamesa, da Espanha, ENAer, do Chile, Sonaca, da Bélgica, e C&D Interiores, dos Estados Unidos, cada uma com o compromisso de desenvolver uma parte do produto. Neste sentido comenta BERNARDES [2000]: *“A política de celebração de alianças ou parcerias de risco tem-se revelado uma estratégia realista e crucial para a viabilização de projetos dessa natureza, com aprendizados tecnológicos importantes, especialmente na redução dos custos da produção. ... esta nova realidade desponta como o grande modelo de competitividade empresarial, isto é, um novo padrão de organização empresarial, mais integrado e flexível, que se articula na forma de redes (networks) de desenvolvimento, aprendizado e inovação tecnológica, assim como para o financiamento de projetos dessa natureza, diluindo, em parte, os riscos e as incertezas de mercado”*.

Assim, a adoção de parceiros de risco no programa, além de arrecadar investidores, também colaborou com a estratégia de oferecimento do produto aos países participantes, que implicitamente se comprometeram com o sucesso comercial do produto. A Figura 3.1 mostra um vista do ERJ-145.

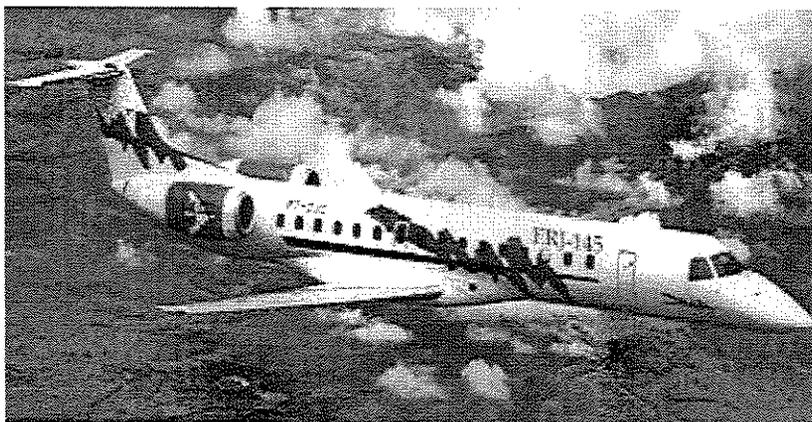


Figura 3.1 – ERJ-145, jato pressurizado para 50 passageiros

O ERJ-145 é uma aeronave pressurizada, a jato, de nova geração, para 50 assentos, com operação de alto desempenho e baixos custos. A cabine de pilotagem possui o que de mais

avançado se conhece em termos de equipamento eletrônico digitalizado, de rádio-comunicação e navegação. Equipado com dois *turbofans* Allison, apresenta velocidade máxima de cruzeiro de 833 km/h e alcance de 2870 km. Atualmente, o ERJ-145 é operado por empresas aéreas nos cinco continentes.

ERJ-135 – Este jato teve o seu desenvolvimento iniciado em 1997 para satisfazer os requisitos de empresas aéreas que necessitam de um jato com capacidade inferior a 40 assentos, exigindo um investimento adicional de U\$40 milhões. Com a introdução deste novo produto a Embraer torna realidade o conceito de “família de jatos”, face ao elevado grau de comunalidade com o ERJ-145. A aeronave é 3,6 metros mais curta do que o ERJ-145 e possui 95% de comunalidade estrutural, de peças e sistemas com aquele modelo, além de possibilitar a mesma habilitação aos pilotos, o que reduz significativamente os custos de operação, manutenção e treinamento para operadores que tenham ambas aeronaves em suas frotas. Equipado com dois *turbofans* Allison, tem capacidade para 37 passageiros com velocidade máxima de cruzeiro de 830 km/h e alcance de 1148 km. O primeiro exemplar de série do ERJ-135 foi entregue em julho de 1999.

ERJ-140 - É um jato pressurizado para transporte de passageiros derivado do ERJ-145. Lançado em setembro de 1999, o ERJ-140 fez o seu primeiro vôo em 27 de janeiro de 2000. Possui as mesmas características do ERJ-145 e do ERJ-135, com os quais mantém 95% de comunalidade de estrutura, peças e sistemas. O ERJ-140 tem capacidade para 44 passageiros, opera com dois *turbofans* Allison e tem velocidade máxima de cruzeiro de 833 km/h e alcance de 3.019 km. O primeiro vôo do ERJ-140 foi realizado em 27 de junho de 2000.

É estratégia da empresa oferecer produto diferenciado ao mercado internacional de aviação regional no que diz respeito à relação custo/benefício, já que seu objetivo é o transporte a médias distâncias, com baixa manutenção e baixo investimento inicial para este porte de produto. O produto final deverá ter boa performance técnico/econômica e pronta disponibilidade de utilização pelas companhias operadoras, que têm em suas frotas uma lacuna para a operação de aeronaves com lucrativa taxa de ocupação.

Nos seus trinta e dois anos de existência a Embraer já produziu mais de 5547 aviões conforme ilustra a Tabela 3.1 (Fonte: Embraer, jun/2001).

Modelo	Entregas (até jun/2001)
ERJ-145	355
ERJ-135	83
ERJ-140	0
EMB-110 Bandeirante	469
EMB-111 Bandeirante Patrulha	31
EMB-120 Brasília	350
EMB-121 Xingu	105
EMB-201 & 202 Ipanema	826
EMB-312 Tucano	631
EMB-326GB Xavante	182
AMX	50
Aviões Leves	2.465
Total	5.547

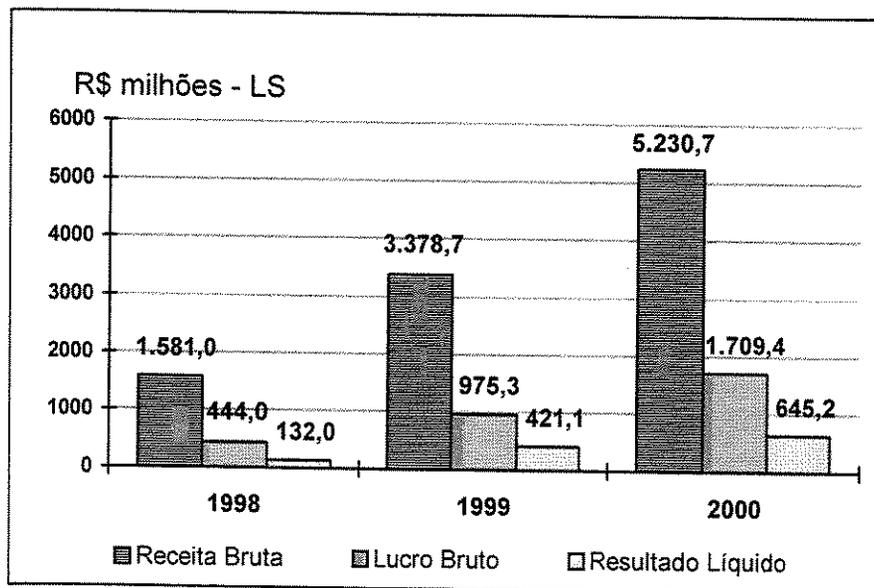
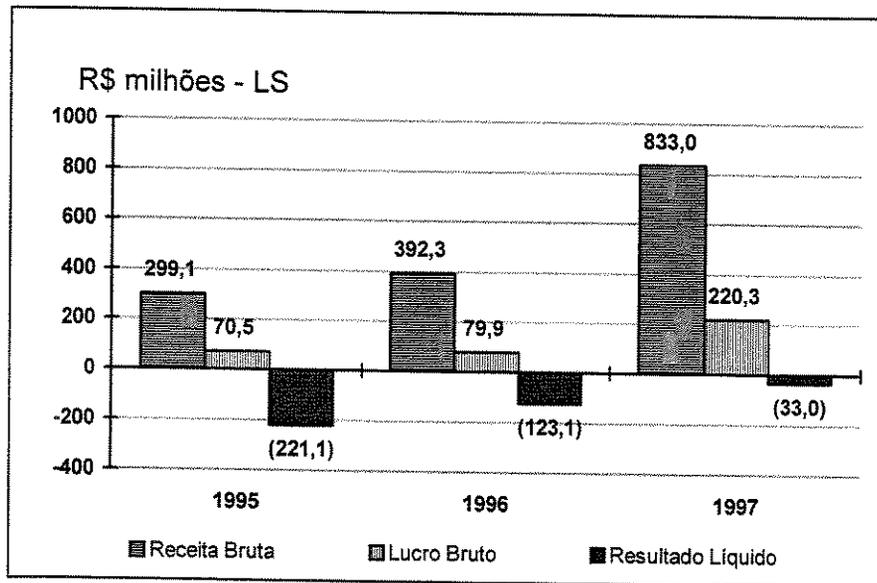
Tabela 3.1 – A produção da Embraer desde a sua criação

3.2.3 A nova família de aeronaves

Para complementar essa linha de produtos, a Embraer, após uma ampla pesquisa de mercado, lançou em julho de 1999 uma nova família de jatos: o ERJ-170, o ERJ-190-100 e o ERJ-190-200, com capacidades para, respectivamente, 70, 98 e 108 passageiros. Esta nova família terá motores instalados sob as asas, configuração que oferece vantagens de redução de peso e melhor balanceamento, resultantes do posicionamento dos motores próximo ao centro de gravidade. O vôo inaugural do ERJ-170 está previsto para o quarto trimestre de 2001 e a entrega da primeira unidade na segunda metade de 2002. Essa nova família de aeronaves garantirá a continuidade da linha de produtos comerciais da empresa e fortalecerá a sua participação no mercado de jatos de transporte regional. Este projeto está sendo desenvolvido através de um programa multinacional de parcerias de risco com dezesseis empresas de renome internacional. O programa é liderado pela Embraer e prevê investimentos da ordem de US\$ 850 milhões.

3.2.4 Resultados econômicos-sociais

Após a privatização, a receita bruta operacional (segundo legislação societária) obtida com o faturamento de aeronaves, acrescida daquelas provenientes de contratos de desenvolvimento de programas governamentais, mais peças de reposição e serviços realizados pela Controladora e suas controladas, apresentou evolução conforme demonstrado na Figura 3.3 (Fonte: Embraer, jun/2001).



3.3 – Evolução dos resultados financeiros da Embraer após a privatização

Seis anos após a sua privatização, a Empresa desfruta de uma situação financeira sólida e de uma linha de produtos de alta qualidade e eficiência operacional comprovada pela aceitação inequívoca de seus produtos no mercado mundial, confiança esta mostrada através de uma carteira de pedidos da ordem de US\$21 bilhões (jun/2001), sendo o equivalente a US\$10,9 bilhões em contratos firmes o que permitirá um nível adequado de operações para os próximos anos. Em 2000, as vendas da Embraer para o mercado externo totalizaram US\$2,7 bilhões (98% da sua receita operacional bruta), o que representa a significativa marca de 4,9% de participação do total exportado pelo Brasil, colocando a Empresa, pelo terceiro ano consecutivo, no primeiro lugar no ranking das empresas exportadoras no país.

A receita bruta operacional de R\$5.230,7 milhões constitui-se no maior volume de faturamento já atingido na história da Embraer, superando em 55% os R\$3.378,7 milhões alcançados em 1999, ambos comparados pelo critério de moeda de poder aquisitivo constante. A Figura 3.4 (Fonte: Embraer, jun/2001) mostra a evolução do aumento de produtividade na receita por empregado a partir da privatização.

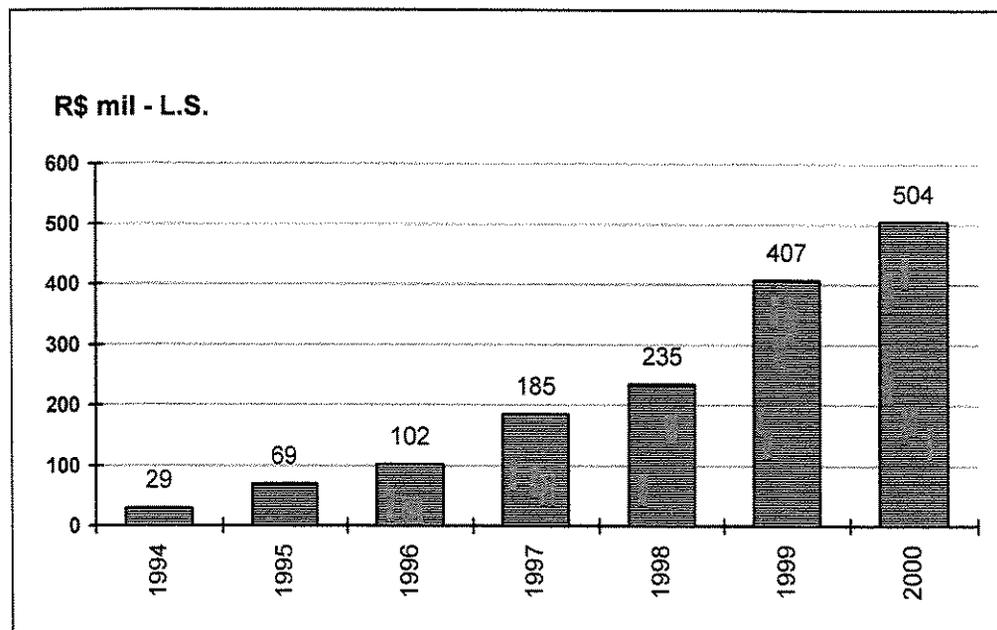


Figura 3.4 – Evolução da receita por empregado a partir da privatização

Além do crescente aumento de empregos diretos e indiretos, a Embraer também vem gerando benefícios à sociedade na forma de recolhimento de impostos, contribuições, encargos sociais e taxas (municipais, estaduais e federais). Este tipo de contribuição tem evoluído de forma sistemática e significativa, conforme mostra a Figura 3.5 (Fonte: Embraer, jun/2001).

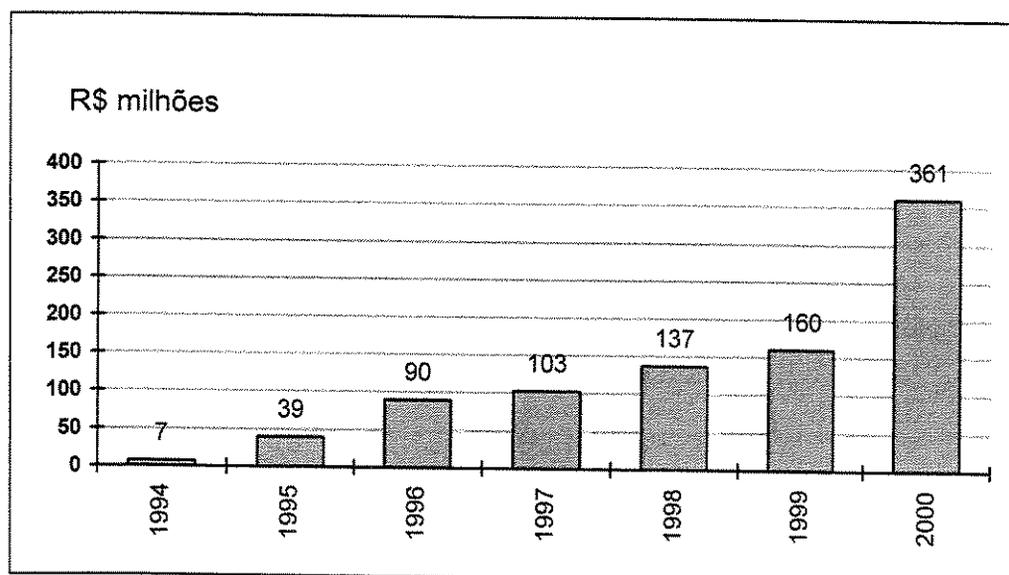


Figura 3.5 – Recolhimento de impostos e contribuições

3.2.5 Desenvolvimento organizacional

A busca de uma estrutura organizacional mais flexível onde as pessoas possam atuar de forma integrada e ágil e eficaz tem sido uma constante da empresa após a privatização.

A partir de setembro de 1997, foi dado início ao desenvolvimento de um projeto corporativo denominado “TOR - Transformação da Organização para Resultados” que incorpora a implantação do software ERP (*Enterprise Resource Planning*) e tem por objetivo facilitar o fluxo de informações, ajudando na integração da organização e melhorando os resultados operacionais de produção e de negócios.

Com relação ao desenvolvimento das pessoas, destaca-se a realização de mais de 300 mil homens/hora de treinamento durante 2000, com ênfase nas áreas de produção, vendas, idiomas e desenvolvimento de lideranças. A Empresa desenvolveu, implementou e vem aprimorando um

processo de práticas relativas à Política de Cargos, Remuneração e Carreira, com todos os indicadores de competência, habilidades e qualificações definidos.

Qualidade, Certificação e Homologação

A organização da qualidade da Embraer está sumarizada no seu Manual da Qualidade, onde a Empresa define a sua missão.

Missão

Embraer – Empresa Brasileira de Aeronáutica S/A

Fornecer bens e serviços de elevado padrão tecnológico e de qualidade aos segmentos do mercado aeroespacial e de defesa mundial em que a Embraer atua, com preços competitivos internacionalmente, de forma a assegurar a satisfação dos Clientes quanto à qualidade dos fornecimentos, prazos de entrega, flexibilidade e velocidade de resposta às suas solicitações, atuando com uma força de trabalho criativa, competente, motivada e integrada, e operando com competência, de modo a assegurar a seus acionistas o resultado esperado.

A Embraer, através de uma decisão de sua alta direção, teve o seu Sistema de Gestão da Qualidade certificado em 06 de dezembro de 1996 pela ABS Quality Evaluations, Inc.. Semestralmente o sistema é auditado para revalidação do certificado. Esta certificação significa que a Embraer possui um Sistema de Gestão da Qualidade, analisado e aprovado como adequado, implantado e mantido conforme os requisitos da norma ISO 9001:1994.

Ao nível de corporação, a certificação ISO é direcionada para uma determinada unidade industrial, com endereço único. A referida certificação refere-se a Embraer São José dos Campos, onde são fabricadas as aeronaves do segmento de aviação regional. As outras unidades da corporação têm certificados independentes.

O sistema de Gestão da Qualidade da Embraer além de estar implementado e mantido conforme a ISO 9001:1994 adota e atende às normas:

RBHA – Part 21 Regulamento Brasileiro para Homologação Aeronáutica

RBIA 01	Requisitos Brasileiros para a Indústria Aeroespacial
RBIA 06	Requisitos para Sistemas de Meios de Medição e Calibração

Também faz referência de atendimento aos seguintes padrões normativos:

ACSEP	Aircraft Certification System Evaluation Program – FAA
SAE AS 9000	Aerospace Basic Quality System Standards – May 1997
EAQSS 9000	European Aerospace Quality Standards System
ISO 14001	Environmental Managements Systems – Specification with Guidance for use – 1996
AS EN 9100	Quality Systems – Aerospace – Model for Quality Assurance in Design, Development, Production and Serving – 1999
BS 8800	Health and safety – 1996 British Standard Administration

O critério da Embraer para escolher o Organismo de Certificação Credenciado - OCC foi fundamentado em dois pontos: o primeiro era que o OCC tivesse reconhecimento em âmbito internacional e o segundo que o custo da certificação fosse o mais baixo possível. A escolha final foi pela ABS e a Embraer teve um custo total de aproximadamente R\$100.000,00 entre pré-auditoria, preparação interna e certificação.

A certificação em conformidade com a ISO, além de evidenciar perante os clientes a implementação efetiva de um Sistema de Gestão da Qualidade, favorecendo um melhor posicionamento em concorrências, ajudou a empresa a adquirir um conhecimento sistematizado do seu Sistema de Gestão da Qualidade de modo a corrigi-lo quando necessário, promovendo uma cultura de melhoria contínua.

Projeto Boa Idéia

O Projeto Boa Idéia na Embraer tem como objetivo incentivar as pessoas a terem idéias voltadas para o negócio da Empresa, idéias que sejam executáveis e focadas na qualidade, redução de custos e satisfação do cliente.

Este programa começou em novembro de 1988, na Divisão de Estamparia, quando foi criada uma “*Ficha da Boa Idéia*” para que os funcionários pudessem colocar idéias de melhorias do produto e também da qualidade de vida. Em 1989, o projeto se expandiu para a toda a

produção e com o nome de “*Programa de Participação*”. Dois anos depois, em 1991, se expandiu para toda a empresa. Até o ano de 1997 não existiam prêmios neste projeto. Os próprios funcionários fabricavam brindes com as sobras de materiais para serem sorteados entre os sugestores.

Após a privatização da Embraer, este programa passou a se chamar “*Projeto Boa Idéia*” sendo conduzido pela área de Recursos Humanos. Tornou-se, então, um mecanismo de recompensa e valorização dos empregados, reconhecendo o esforço daqueles que contribuem de forma diferenciada para os resultados da Empresa. O envolvimento direto dos gestores promovendo o comprometimento e o incentivo tem sido fundamental para o sucesso do programa. A evolução do Projeto Boa Idéia está mostrada na Figura 3.6.

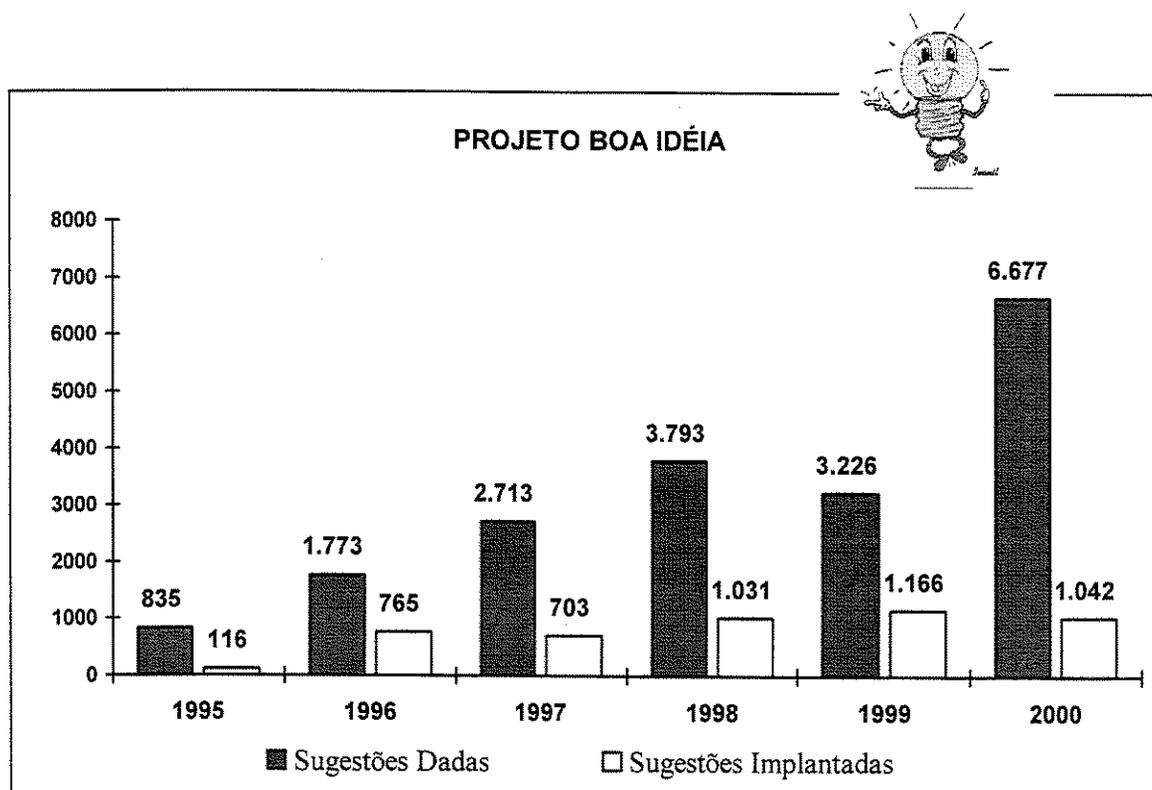


Figura 3.6 – A Evolução do Projeto Boa Idéia

3.3 A Embraer e o mercado de aviação regional

O grande número de novos modelos de aeronaves da aviação regional surgido na última década, aliado à reduzida capacidade de investimento das empresas aéreas, tem levado a uma competição acirrada, onde o maior beneficiado é o cliente (no caso as companhias aéreas). Por outro lado, o aumento da demanda pelo usuário final nos últimos anos tem levado as companhias aéreas a uma forte pressão sobre os fabricantes, não apenas quanto ao uso de novas tecnologias para melhorar a performance, segurança e bem estar dos passageiros, mas também quanto ao tempo de resposta no lançamento de um novo produto.

3.3.1 A participação da Embraer no mercado de aviação regional

Na categoria de 20 a 39 assentos a Empresa participa com as aeronaves EMB-120 Brasília e ERJ-135. Os principais modelos de aeronaves que disputam esta categoria estão reunidos na Tabela 3.2 (Fonte: Embraer, set/2001).

MODELO	FABRICANTE	TIPO	Nº PASSAGEIROS
EMB-120	Embraer	Turboélice	30
ERJ-135	Embraer	Jato	37
DORNIER 328	Fairchild / Dornier	Turboélice	32
DORNIER 328JET	Fairchild / Dornier	Jato	32
Saab 340	Saab	Turboélice	32
DHC-8-200	Bombardier	Turboélice	37

Tabela 3.2 – Principais modelos disponíveis na categoria de 20 a 39 passageiros

A participação da Embraer no mercado nesta categoria, tomando como referência os negócios realizados de jan/1997 a ago/2001, está conforme mostra a Figura 3.7 (Fonte: Embraer, set/2001).

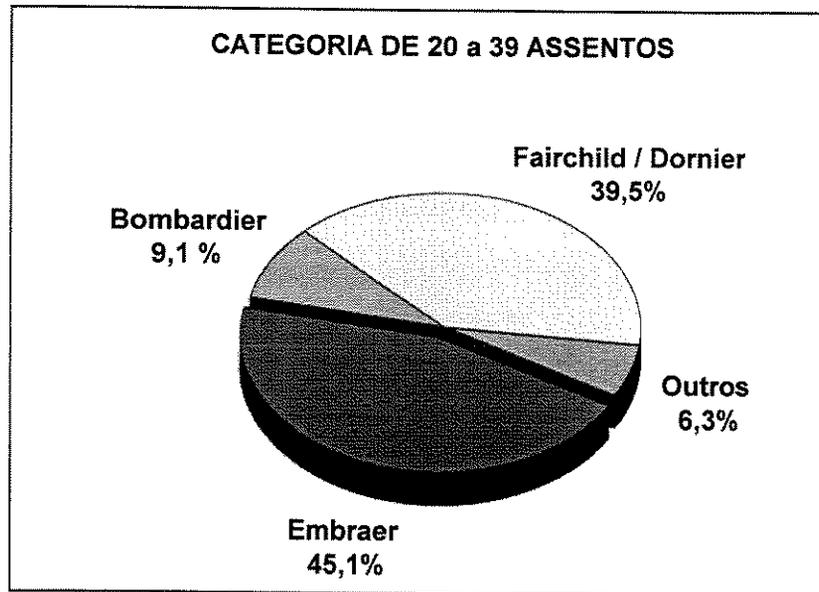


Figura 3.7 – A participação da Embraer na categoria de 20 a 39 assentos

Na categoria de 40 a 59 assentos a Empresa fornece as aeronaves ERJ-145 e ERJ-135. Os principais modelos de aeronaves que disputam esta categoria estão reunidos na Tabela 3.3 (Fonte: Embraer, set/2001).

MODELO	FABRICANTE	TIPO	Nº PASSAGEIROS
ERJ-145	Embraer	Jato	50
ERJ-140	Embraer	Jato	44
CRJ-100/200	Bombardier	Jato	50
ATR-42	Aerospatiale / Alenia	Turboélice	48
DHC-8-300	Bombardier	Turboélice	50

Tabela 3.3 – Principais modelos disponíveis na categoria de 20 a 39 passageiros

A participação da Embraer no mercado nesta categoria, tomando como referência os negócios realizados de jan/1997 a ago/2001, está conforme mostra a Figura 3.8 (Fonte: Embraer, set/2001).

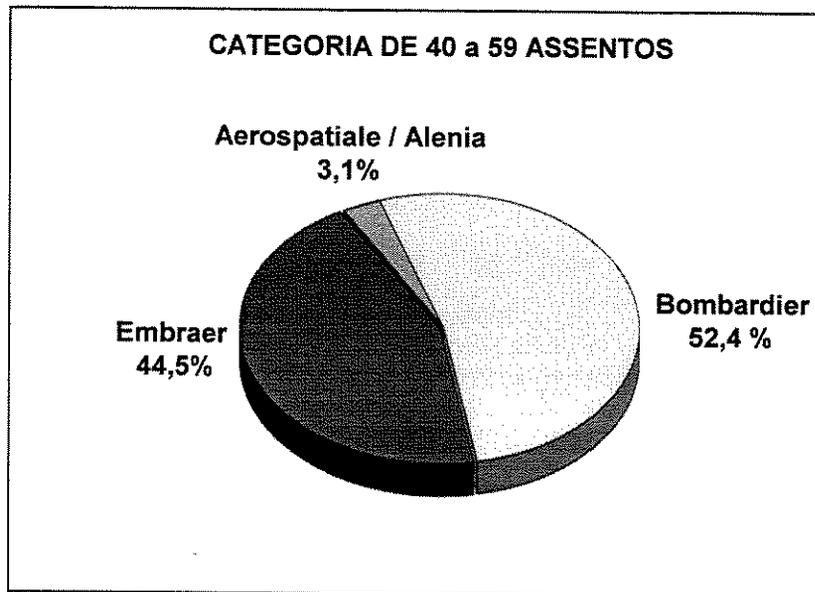


Figura 3.8 – A participação da Embraer no mercado de aviação regional

3.3.2 Expectativas de mercado

Os resultados positivos apresentados nas demonstrações contábeis de 2000, a consolidação técnica e operacional da família ERJ-145/135 como um sucesso comercial comprovado através do aumento significativo de encomendas realizadas no decorrer dos últimos anos, a consolidação da reestruturação organizacional, econômica e financeira da Embraer restabelecendo a credibilidade junto aos clientes, fornecedores e instituições financeiras indicam boas perspectivas para os resultados operacionais da organização.

O mercado globalizado de aviação regional para os produtos da Embraer já consolidados (EMB-120, ERJ-135, ERJ-140 e ERJ-145) apresenta uma demanda para os próximos vinte anos de US\$ 74.60 bilhões conforme mostra a Figura 3.9 (Fonte: Embraer, jun/2000). Trata-se de um potencial de negócios extremamente atraente, porém num mercado altamente competitivo, o que exige de cada fabricante um controle contínuo e eficiente de cada variável do ambiente externo e interno da organização, ou seja, é imprescindível pensar e trabalhar de forma sistêmica para conseguir eficácia operacional. Obviamente, a Embraer e seus concorrentes, e os possíveis novos entrantes na indústria globalizada deste segmento, envidarão todos os esforços para serem mais competitivos e aumentarem a sua participação no mercado.

**"BACKLOG" DO MERCADO PARA AVIAÇÃO REGIONAL
NO SEGMENTO DE 20 A 59 ASSENTOS
(próximos 20 anos)**

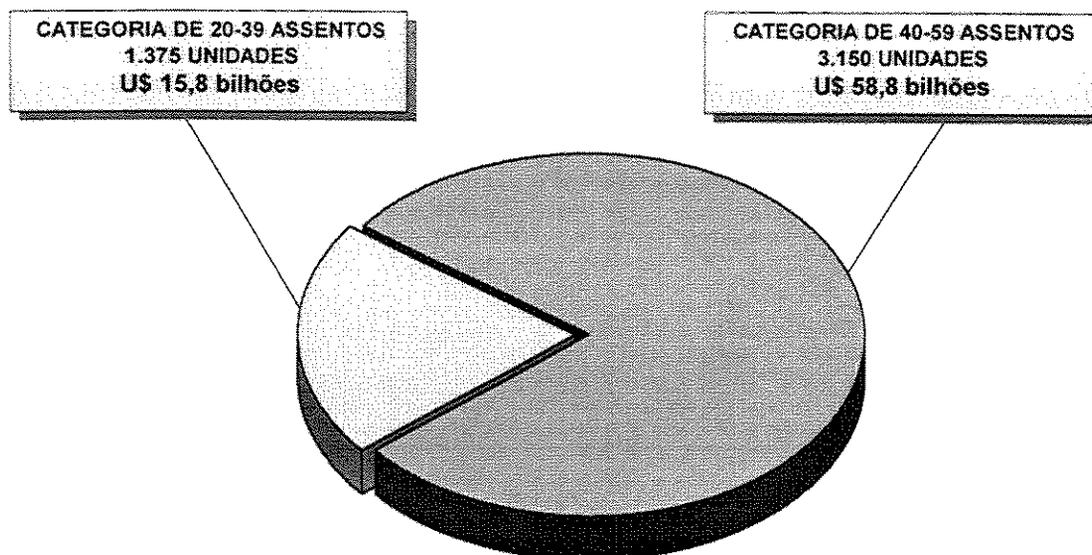


Figura 3.9 – O potencial do mercado de aviação regional para os próximos 20 anos

Com sua posição competitiva respeitada no mercado internacional, a Embraer tem envidado esforços no sentido de aprimorar as suas relações com os fornecedores e otimizar o seu setor produtivo com o objetivo de aumentar o fluxo de fabricação de aeronaves para o mercado. É absolutamente estratégico que a empresa aproveite ao máximo a demanda existente, capitalize recursos para financiar o desenvolvimento de novos produtos, e construa uma posição competitiva sustentável. Com um muito esforço, sem deixar de incorrer em custos mais altos com o aumento de inventário, novos turnos, horas extras, etc., a Embraer tem conseguido gradualmente aumentar a sua cadência de produção, passando de uma cadência de produção de quatro aeronaves em abril/1990 para dezesseis aeronaves em dez/2000, permanecendo a mesma cadência em jun/2001. Entretanto, em função da sua vantajosa carteira de negócios e da perspectiva real de fechar novos contratos a Embraer precisa não apenas aumentar a sua cadência de produção a qualquer custo, mas reduzir o inventário e o *lead time* de produção, melhorando ao mesmo tempo a qualidade interna, ou seja, precisa de esforço gerencial para combater todo tipo de desperdício do processo produtivo e oferecer ao mercado um produto mais competitivo em prazo de entrega, preço e qualidade.

Portanto, atualmente, quando se focaliza este segmento de mercado da aviação regional, a função Produção apresenta-se como uma restrição da organização como um todo. É necessário, então, analisar a restrição, ou seja, analisar o modelo de gestão da produção adotado pela Embraer e, a partir desse conhecimento, pesquisar o estado da arte da administração da produção buscando novas técnicas gerenciais para elevar a restrição, com o objetivo de dar vazão ao fluxo produtivo demandado pelo mercado, com qualidade e custo competitivo.

3.3.3 Foco estratégico na restrição

Com este propósito em setembro de 1999 foram feitos os primeiros contatos com o Gerente do Planejamento da Produção e o Gerente de Recursos Humanos da Embraer visando formalizar este estudo dentro da Empresa e dar início imediatamente ao trabalho de investigação sobre o modelo de gestão de produção adotado pela Companhia. Após algumas semanas, em conversas esporádicas com profissionais da Divisão de Planejamento e Controle e da Divisão de Estamparia foi possível visualizar as características básicas do sistema de gestão que serão exploradas a seguir. A Figura 3.10 ilustra de forma genérica o fluxo de informações do modelo de gestão da produção da Embraer.

Esta Figura mostra o Planejamento da Produção disponibilizando, via eletrônica, a um setor produtivo interno qualquer (Fabricante XYZ) e ao seu respectivo cliente (Cliente B) o MPS (*Master Production Schedule*), Plano Mestre de Produção. Na realidade o MPS está disponível *on line* na rede interna a todas as Divisões da Diretoria de Produção da Embraer, informando as necessidades líquidas do item final (aeronave ou parte sobressalente), na seqüência prioritária de produção dos aviões, dada por uma numeração em ordem crescente acompanhada pela indicação do nome do respectivo cliente. O MPS é gerado pela Gerência de Programas de Jato a partir de um plano de vendas da Empresa e acompanhado pelo Planejamento da Produção. O horizonte de planejamento do MPS é de doze meses, atualizado mensalmente e dividido em três períodos de quatro meses cada. O primeiro quadrimestre corresponde a um status de “andamento” caracterizado pela emissão de ordens de fabricação de montagem numa seqüência de entrega definida; o segundo quadrimestre corresponde a um status de “ordens liberadas e firmes” dando início à produção de peças primárias para uma configuração definida ou *standard*, baseado no Plano de Produção e com quantidades definidas; o terceiro quadrimestre corresponde a um status

“Planejado” que prevê as necessidades de planejamento de compras, deve ser revisado com base no Plano de Vendas e trabalha com configurações *standard*.

A cada fim de semana o MPS é enviado, via eletrônica, para a empresa IBM, em Campinas, SP, para a explosão do produto de demanda independente, item final, em itens de demanda dependente (partes e peças). O MRP da Embraer não roda em mudanças líquidas (*net-change*) durante a semana. As mudanças que ocorrem durante a semana são corrigidas manualmente e acumuladas para realimentar o MRP que roda no modo regenerativo no fim de semana.

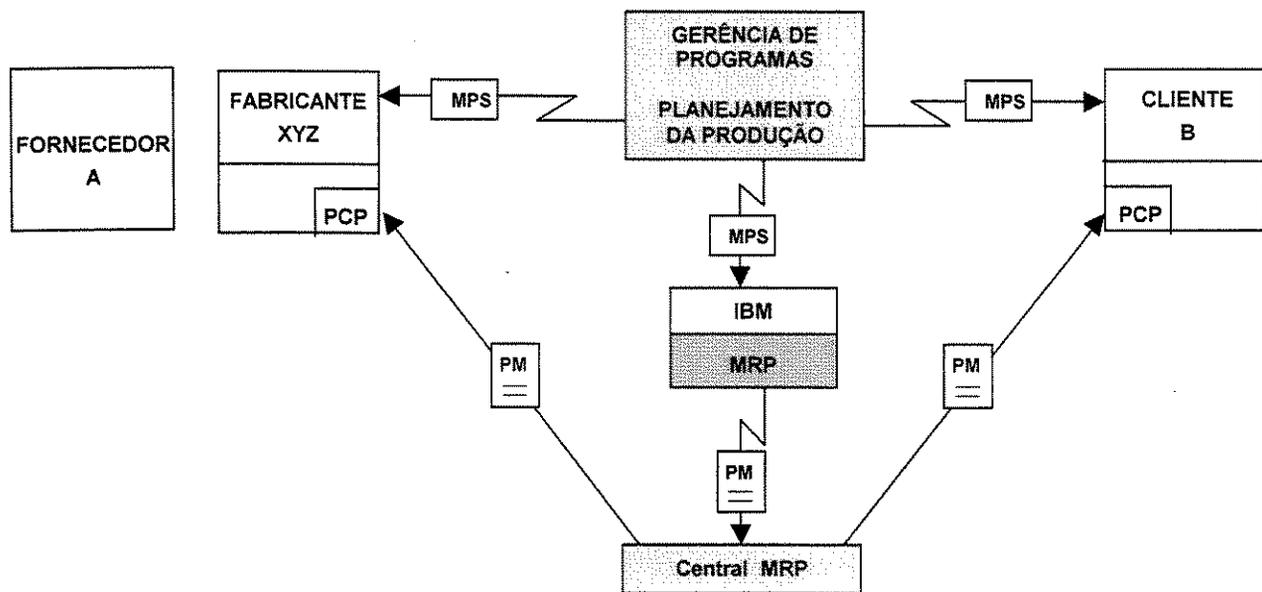


Figura 3.10 – Fluxo de informações do MPS até a emissão do Plano de Materiais

O Plano Mestre de Produção, acrescido de todas as modificações ocorridas durante a semana realimenta o MRP, que roda no fim de semana, e na segunda-feira pela manhã, através da central de Informática na Embraer, disponibiliza em papel para cada Divisão do processo produtivo um Plano de Materiais - PM para aquela semana que se inicia, e sugere ordens de fabricação, obedecendo a relação entre a Divisão e o seu respectivo nível de responsabilidade na estrutura do produto. A partir do Plano de Materiais e das ordens de fabricação sugeridas, a Programação e Controle da Produção - PCP de cada Divisão emite as ordens de fabricação para cada peça, cada código. A composição de uma aeronave é algo bastante complexo chegando a

sete níveis na estrutura de produto, num total de aproximadamente dezenove mil itens (códigos diferentes).

A programação normalmente trabalha com lotes de três aviões, portanto as ordens de fabricação são emitidas na quantidade de três peças para cada código. A Figura 3.11 mostra o fabricante XYZ enviando um conjunto de ordens de fabricação (OF's) para o primeiro nível de processamento, o processo P1. O encarregado do P1 dá entrada no sistema informatizado e retira do Almoarifado a quantidade de material necessário. Esse material é processado e enviado (empurrado) para o processo posterior. O processo P2 age da mesma forma, processa o material e envia para o processo P3. Assim, o material segue a seqüência de processamento programada até o cliente.

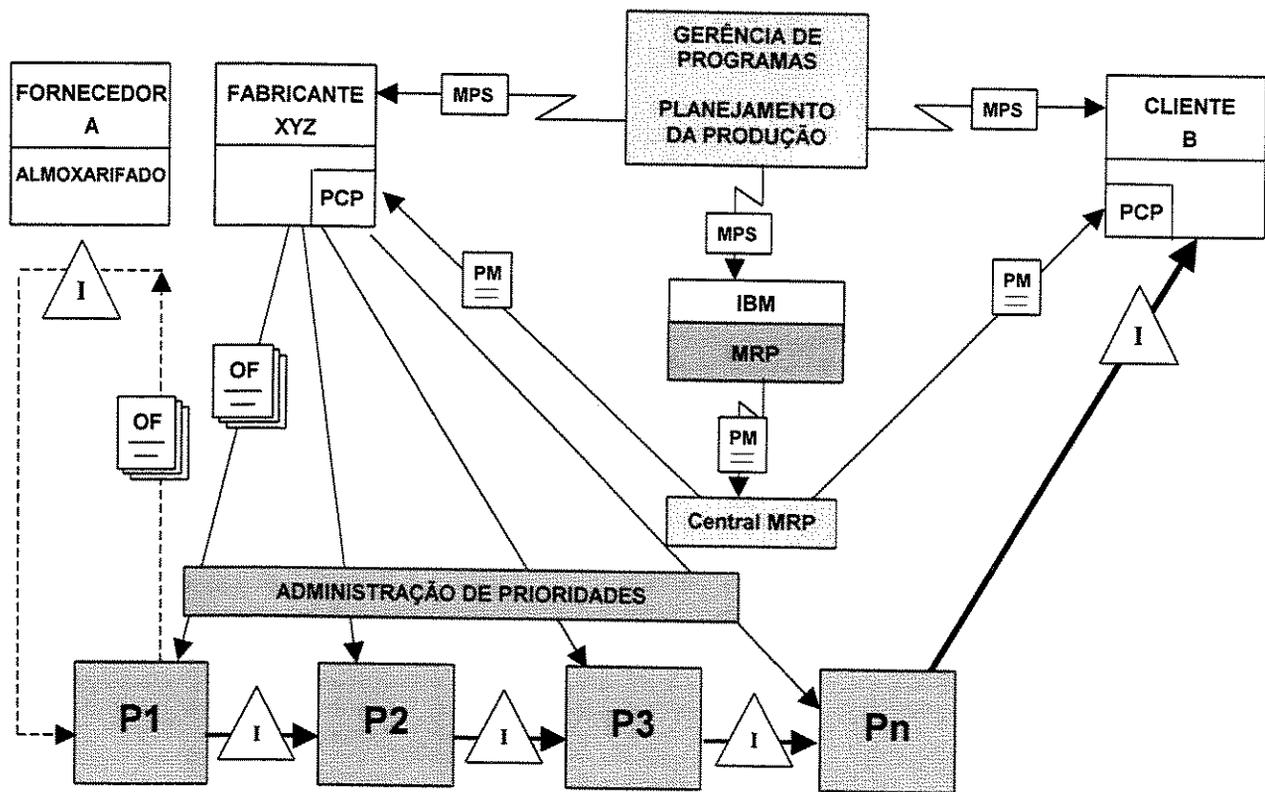


Figura 3.11 – O fluxo de informações e de material no modelo de gestão da produção da Embraer

Ao longo do processamento acontecem contratemplos diversos, como os reparos das peças defeituosas, deficiência de programação, procedimentos de trabalho não atualizados e especialmente as mudanças na programação com entradas de pedidos urgentes de peças

sobressalentes. Tudo isso exige uma atividade de contingência contínua para a administração de prioridades a fim de atender as necessidades mais urgentes dos clientes internos e externos. O sistema de empurrar o material de um processo para outro, os problemas internos - técnicos e administrativos - e as mudanças de prioridade acabam promovendo um acúmulo de estoque intermediário ao longo da cadeia de valor, aumentando o *lead time* de produção. Aqui reside o cerne da dificuldade para tornar a produção mais ágil com custos operacionais minimizados.

Concluindo, o modelo de gestão da produção adotado pela Embraer é o conhecido *Push System*, ou seja, o sistema de “empurrar” a produção, o modelo característico da produção em massa, um sistema que já não atende mais às necessidades do mercado, pois incorre em muitos desperdícios, não favorecendo aos critérios competitivos mais valorizados pelos clientes, especialmente quanto ao tempo de resposta. A Figura 3.12 (Fonte: Embraer, jun/2001) mostra a evolução do *lead time* de produção da Embraer para as principais aeronaves ERJ-145 e ERJ-135. A redução deste tempo, com a eliminação de desperdícios do processo produtivo, tornará a empresa mais competitiva, favorecendo a sua maior participação no mercado internacional de aviação regional, conforme discutido anteriormente.

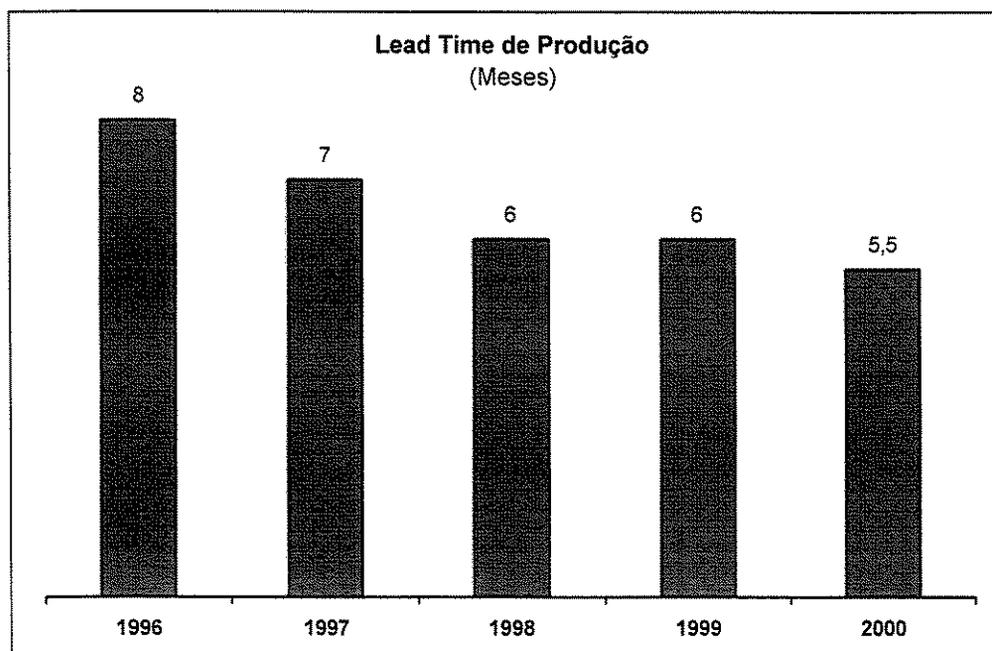


Figura 3.12 – Evolução do *lead time* de produção para as aeronaves ERJ-145/ 135

3.4 Considerações finais

Atualmente, a restrição à consecução dos objetivos estratégicos da Embraer, quanto à família já consolidada de aeronaves da aviação regional, é a produção. O processo produtivo da Empresa é gerido segundo um modelo que não atende plenamente às necessidades do mercado. A capacidade da organização de atender à demanda desta família de aeronaves e aumentar a sua participação no mercado depende do aprimoramento da restrição, ou seja, colocar a gestão da produção ao nível da demanda exigida pelo mercado.

A visão geral do modelo de gestão da produção da Embraer é apenas um ponto de partida, não esgota em si mesma as características e limitações do modelo de gestão da produção em massa. Do ponto de vista acadêmico é preciso trabalhar um pouco mais sobre o *Push System*, procurando elucidar os diversos tipos de desperdícios inerentes a este sistema.

Capítulo 4

Os Desperdícios da Produção em Massa

Uma melhor caracterização das fontes de desperdício do modelo de gestão da produção em massa ajuda a evidenciar os custos correlatos, os problemas de qualidade e, especialmente, as limitações do modelo quanto aos critérios competitivos de flexibilidade e tempo de resposta. Faz-se necessário, também, definir indicadores de produtividade.

4.1 Desperdício versus valor agregado

WOMACK e JONES [1998] começa as suas considerações sobre o pensamento enxuto falando de *muda*, palavra japonesa que significa “desperdício”. *Muda* é o inimigo número um do pensamento enxuto. O autor define “desperdício” como: “... *especificamente qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria valor: erros que exigem retificação, produção de itens que ninguém deseja, e acúmulo de itens nos estoques, etapas de processamento que na verdade não são necessárias, movimentação de funcionários e transporte de mercadorias de um lugar para outro sem propósito, grupos de pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo, e bens e serviços que não atendem às necessidades do cliente*”.

CAZALLI e GIOLO [1994] definem desperdício como: “*Desperdício é tudo aquilo que ultrapassa o mínimo de recursos humanos e materiais necessários para agregar valor ao produto em função das necessidades do cliente*”. A agregação de valor está diretamente comprometida com o fato de que no final do processo produtivo está o cliente/consumidor que espera ver as suas necessidades e expectativas atendidas.

Assim, comenta DEMING [1990] “*O consumidor é o elo mais importante da linha de produção. A qualidade deve visar às necessidades do consumidor, tanto atuais como futuras*”. Segundo o autor, a nova era econômica iniciada no Japão impõe novos paradigmas para as relações comerciais entre fabricantes, fornecedores, consumidores/clientes (externos e internos) e acionistas.

O estilo de gerenciamento ocidental, marcado pela aceitação de elevados índices de desperdícios é incompatível com o perfil do atual e futuro mercado consumidor, cada vez mais exigente. No contexto econômico atual os clientes/consumidores estão buscando: atendimento de excelência, preço justo e qualidade superior.

Estes três requisitos representam uma síntese de todos os valores que os clientes/consumidores esperam encontrar na aquisição de um objeto ou na contratação de um serviço. CAZALLI e GIOLO [1994] definem valor como: “*Valor é o mínimo a ser gasto para adquirir ou produzir uma função com os requisitos de uso e estima requeridos pelo cliente ou consumidor*”.

Segundo estes autores, deste conceito derivam dois grandes tipos de valor:

Valor de uso: é o mínimo de dinheiro necessário para dotar o produto da função de uso. A função de uso é aquela que permite fornecer ao cliente/consumidor o desempenho que ele espera de um produto ou serviço.

Valor de estima: é o mínimo de dinheiro necessário para dotar o produto da função de estima. A função de estima (beleza, estética, aparência, “status”, etc.) está ligada ao desejo de possuir o produto/serviço.

Fica claro que o cliente precisa encontrar valor no produto para confirmar sua aquisição. Nesse sentido comenta CSILLAG [1995]: “*O valor real de um produto, processo ou sistema é o grau de aceitabilidade de um produto pelo cliente e, portanto, é o índice final do valor econômico. Quanto maior é o valor real de um item sobre outro que sirva para a mesma finalidade, maior será a probabilidade de vencer a concorrência*”. Assim, os custos envolvidos na produção do produto devem refletir para o cliente um preço que ele está disposto a pagar em troca dos valores que encontra no produto. Na verdade, o que os clientes e consumidores buscam são produtos e serviços com valor agregado. CAZALLI e GIOLO [1994] definem valor agregado

como: “São as melhorias criadas e estabelecidas no produto ou serviço que propiciam vantagem percebida e atendam às necessidades e expectativas dos clientes ou consumidores”.

Portanto, pode-se concluir, focalizando especialmente o processo produtivo de uma empresa manufatureira, que o que agrega valor ao produto é a operação produtiva que é realizada para cumprir os requisitos do cliente ou consumidor final. Dentro do contexto da administração estratégica, é fundamental que a alta gerência de uma empresa vise fornecer produtos ou serviços valorizados a partir do ponto de vista do cliente/consumidor e não a partir da visão interna da organização. Fora dessa visão tudo é desperdício e o mercado está cada vez menos disposto a adquirir produtos que não tenham os valores segundo as suas necessidades e expectativas.

4.2 As sete categorias de desperdícios na produção

Conforme enfatizado no Capítulo 1, o modelo de gestão da produção em massa caracterizava-se pela crença em alto inventário como indicador de vitalidade da empresa (ativo) e como segurança contra as incertezas do processo produtivo. Os altos tempos de preparação de máquina (*set up*) fomentavam o trabalho com grandes lotes e a baixa diversificação. Acrescenta-se ainda layout's dispendiosos, manutenção de máquinas deficiente, baixa qualificação e pouca motivação dos recursos humanos, especialmente a mão-de-obra direta, etc.

Como suporte para essas atividades de produção em massa foi desenvolvido e introduzido nas empresas manufatureiras, a partir da década de 70, o sistema de administração da produção baseado num pacote computacional denominado MRP (*Material Requirements Planning*) e posteriormente o MRP II (*Manufacturing Resources Planning*). Este sistema, mesmo tendo sido concebido para privilegiar o cumprimento de prazos e a redução de estoques, mostrou-se ineficaz por ser passivo e não questionar questões chaves que impedem a produção de atender as necessidades dos mercados, cada vez mais exigentes em prazo, preço e qualidade. Este assunto será desenvolvido no Capítulo VI.

OHNO [1997] foi quem primeiro identificou e apresentou os sete desperdícios da produção, apoiando-se em boa parte nas teorias e ensinamentos de Henry Ford. Mais tarde, SHINGO [1991], uma reconhecida autoridade em gestão da produção, defende e divulga os sete desperdícios e identifica os caminhos para eliminá-los.

WOMACK e JONES [1998] acrescentam uma oitava categoria de desperdício que seria o projeto de produtos ou serviços que não atendem às necessidades dos clientes. Este é um bom exemplo de como o conceito de desperdício é extrapolado para outras funções da organização, ou seja, o conceito de desperdício adquire uma dimensão sistêmica, e assim deve ser tratado. Entretanto, este trabalho focaliza apenas a redução dos desperdícios do processo produtivo.

SHINGO [1991] observa que, para uma redução efetiva dos custos da produção, os desperdícios devem ser todos analisados e ponderados porque estão interrelacionados e são facilmente encobertos pela complexidade de uma grande organização. As sete categorias de desperdícios na produção são :

- 1) **Desperdício de Superprodução** - É o desperdício de se produzir antecipadamente à demanda, para o caso de os produtos serem requisitados no futuro. A produção antecipada, isto é, maior do que o necessário no momento, provém, em geral, de problemas e restrições do processo produtivo, tais como: tempos longos de preparação de equipamentos, induzindo a produção de grandes lotes; incerteza da ocorrência de problemas da qualidade dos produtos, levando a produzir mais do que o necessário; falta de coordenação entre as necessidades (demanda) e a produção; grandes distâncias a percorrer com o material, em função de um arranjo físico inadequado, levando à formação de lotes para justificar a movimentação etc..
- 2) **Desperdício de Espera** - Trata-se do material que está esperando para ser processado, formando filas que visam garantir altas taxas de utilização dos equipamentos.
- 3) **Desperdício de Transporte** - O transporte e a movimentação de materiais são atividades que não agregam valor ao produto produzido e são necessárias devido às restrições do processo e das instalações, que impõem grandes distâncias a serem percorridas pelo material ao longo do processamento.
- 4) **Desperdício de Processamento** - Trata-se do desperdício inerente a um processo não otimizado, ou seja, a realização de funções ou etapas do processo que não agregam valor ao produto.
- 5) **Desperdício de Movimento** - São os desperdícios presentes nas mais variadas operações do processo produtivo. Esse desperdício acontece na interação entre o operador, a máquina e o material que está sendo processado.

6) Desperdício de Produzir Produtos Defeituosos - São os desperdícios gerados pelos problemas da qualidade. Produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, etc.

7) Desperdício de Estoques - O desperdício de estoque merece um estudo mais demorado, uma vez que interage fortemente com todos os outros desperdícios.

Na abordagem tradicional, os estoques têm sido utilizados para evitar descontinuidades do processo produtivo frente aos problemas de produção. Segundo CORRÊA e GIANESI [1996], estes problemas podem ser classificados em três grandes grupos:

- Problemas de Qualidade: O estoque colocado entre um estágio do processo de produção e o seu posterior permite que este último possa trabalhar continuamente, sem sofrer interrupções que ocorrem no estágio anterior, quando este apresenta problemas de qualidade, gerando refugos. Assim, o estoque gera independência entre os estágios do processo produtivo.
- Problemas de Quebra de Máquina: Quando uma máquina pára por problemas de manutenção, os estágios posteriores do processo que são alimentados por esta máquina teriam de parar, caso não houvesse estoque suficiente para que o fluxo de produção continuasse, até que a máquina fosse reparada e entrasse em produção novamente. Neste caso, o estoque também gera independência entre os estágios do processo produtivo.
- Problemas de Preparação de Máquina (Setup): Esses problemas estão relacionados à fabricação de grandes lotes, para compensar os custos na preparação das máquinas, a cada mudança de um componente ou item a ser processado. Esta preparação representa custos referentes ao período inoperante do equipamento, à mão-de-obra requerida na operação de preparação, à perda de material no início da operação, etc. Quanto maiores estes custos tanto maior tenderá a ser o lote a ser executado, uma vez que estes custos sendo rateados por uma quantidade maior de peças reduzirá o custo por unidade produzida. Lotes grandes de produção geram estoques, pois a produção é antecipada à demanda.

Assim, os estoques seriam um investimento necessário, quando problemas como os citados estão presentes no processo produtivo. Além de ocultarem esses desperdícios, os estoques significam desperdício de investimento e espaço.

A presença de estoques desvia a atenção da gerência dos graves problemas de qualidade e da falta de confiabilidade dos equipamentos e fornecedores. Mesmo que a gerência mantenha esforços na eliminação dos problemas do processo, a presença de estoques dificulta a identificação desses problemas.

A Figura 4.1, CORRÊA e GIANESI [1996], ilustra o efeito mascarador dos estoques sobre os problemas da qualidade. Quando um processo produtivo trabalha com grande quantidade de estoque entre duas operações seqüenciais, um problema gerado na etapa anterior A (causa especial: erro do operador, falta de ajuste do equipamento, problema com o material, etc.) demora a ser identificado pela operação seguinte B, tendo como conseqüência a produção de peças defeituosas. Estas peças serão retrabalhadas ou refugadas, com desperdício de material e mão-de-obra.

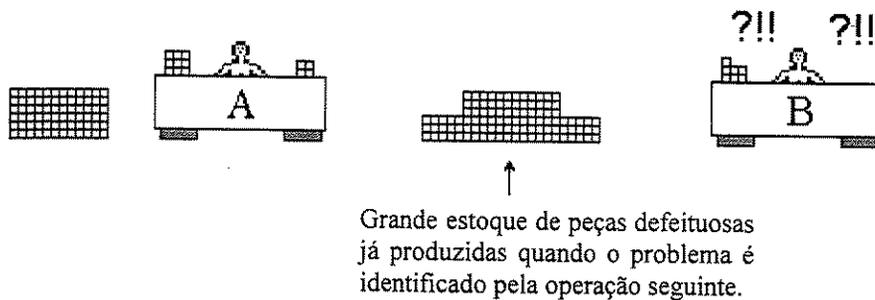


Fig. 4.1- Os problemas da qualidade são mascarados pelo estoque em processo

A redução constante dos níveis de estoque em processo, mantendo o fluxo de produção suave e contínuo, não é tarefa fácil e exige esforço concentrado das gerências e persistência para que a cultura de melhoria contínua, voltada para as necessidades do mercado, seja assimilada por todos. Entretanto, mesmo em um processo bastante aprimorado – sobre o qual foi feito um bom trabalho de redução de desperdícios – um estoque mínimo, bem dimensionado, antes de um recurso restritivo pode ser altamente recomendável para garantir a continuidade do fluxo.

Com relação ao estoque de matéria-prima e produto acabado, deve-se evitar a rigidez do “estoque zero”, expressão bastante usada nos EUA no final da década de 80 e início dos anos 90. Como explicam CARRILLON e COLIN [1992], as empresas que sofrem sazonalização da

procura devem se adaptar às necessidades e características do mercado para serem competitivas. A redução contínua de estoques é, de modo geral, altamente desejável, porém, um estoque estratégico pode ser necessário, dependendo das características da indústria e do mercado.

4.3 O custo real: eficiência financeira e qualidade

Como ponto de partida para uma análise estrutural dos custos de produção, deve-se admitir que nos sistemas econômicos fundamentados na propriedade privada dos meios de produção e na liberdade de iniciativa empresarial, um objetivo econômico essencial da empresa é a maximização do lucro, traduzida pela máxima diferença possível entre a receita total e o custo total. A maximização dos lucros é um dos mais significativos parâmetros da eficiência privada.

Em uma economia de mercado, o mecanismo elementar de ajuste dos preços está subordinado a duas forças de atuação: a Oferta e a Procura. Isto significa, em última análise, que o caminho para se chegar aos determinantes do valor (preço) de um produto é constituído por duas trilhas: os custos da produção (custos totais da unidade fabril), que são os fundamentos da oferta, e a utilidade (vista pelo mercado) que fundamenta a procura.

Elucidando melhor o assunto, ROSSETI [2000] esclarece que *“o equilíbrio da empresa e a maximização de sua taxa de lucro dependem, fundamentalmente, da estrutura de mercado em que ela opera. Neste sentido, o comportamento da receita está intrinsecamente ligado às curvas de procura com que a empresa se defronta. Essas curvas variam em função das características estruturais de cada mercado. Entretanto, o comportamento dos custos pode ser considerado independente das diferentes estruturas concorrenciais. Isso significa que a redução dos custos de produção, visando a maximização dos lucros, é essencial para qualquer empresa, independentemente da estrutura de mercado em que se situa”*.

Este esclarecimento fez-se necessário para evidenciar a relação íntima entre a economia de mercado, regida pelas leis da oferta e da procura, e a necessidade da redução contínua dos custos, em particular dos custos do processo produtivo no chão-de-fábrica, como caminho estratégico para ser competitivo e adquirir segurança nas negociações face à pressão contínua do mercado para a queda de preços.

MARTINS [1996] comenta que existem duas categorias de custos envolvidas na composição dos custos de produção: os custos fixos e os variáveis. Os custos fixos incluem os gastos com edificações, mão-de-obra indireta, a manutenção de setores não diretamente envolvidos na atividade de produção, os equipamentos e outros elementos que definem genericamente à “capacidade instalada da empresa”. Já os custos variáveis incluem os insumos necessários à atividade de produção (matéria-prima e outros materiais intermediários), a mão-de-obra direta, a energia e outros fatores envolvidos nessa mesma atividade. Somando os custos fixos com os custos variáveis obtêm-se o custo total:

$$CT = CF + CV$$

Normalmente, comenta MACEDO NETO [1989], para se calcular o preço de venda (PV) bastava calcular os impostos que incidam sobre o produto e acrescentar-lhe a margem de lucro esperada, chegando a um valor em torno de 160% do custo total. Entretanto, não era isso o que se verificava na prática. Geralmente, o que as empresas faziam era multiplicar o custo total por um valor muito maior que 1,6, algo entre 2 e 5, e assim determinar o Preço de Venda ao consumidor. Esta prática, que muitas vezes levava lucros exorbitantes, porque o mercado aceitava, em muitos outros casos levava a prejuízos e mesmo à falências. Isto porque a gerência de custos das empresas considera tão somente o tempo em que a peça está sendo processada, não considerando o tempo de espera que a peça sofre enquanto as máquinas estão processando outros itens, o tempo que a peça passa no estoque de produtos acabados ou mesmo no recebimento em forma de matéria-prima, o tempo de transporte das peças de um local para outro, etc.

Segundo o mesmo autor, a soma desses tempos de espera (perdidos) pode chegar a ser 5.000 vezes maior que o tempo de processamento. Este tempo de espera implica em dispêndio de recursos financeiros e não está incluído no cálculo do custo.

Outro importante componente do custo total, não considerado, é o custo das rejeições de peças por problemas de qualidade. Este custo, embora significativo, é muito difícil de medir e normalmente não é considerado no cálculo do custo. Isso explica a necessidade das empresas de cobrirem esses desperdícios multiplicando seus Custos Totais por constantes excessivamente altas para determinar os Preços de Venda.

MACEDO NETO [1989] faz o seguinte comentário com relação a este comportamento por parte dos administradores: *“Na verdade, a maioria das empresas não sabe explicar exatamente o porquê de agir dessa maneira. Sabe somente que terá prejuízo se não agir assim. Alguns administradores, através de um sexto sentido, concluíram que produtos que requerem grande número de operações para serem confeccionados, devem ter seus Custos Totais multiplicados por constantes mais altas, mas se forem solicitados a explicar porque agem assim, não saberão responder, alegando que « a experiência tem mostrado que a coisa deve funcionar assim »”*.

Na realidade competitiva atual dos mercados globalizados, os gerentes de produção precisam estar atentos para dois conceitos de custo que compõem o CT: o custo financeiro e o custo pela má qualidade.

O custo financeiro é função do tempo total de permanência do produto na empresa, desde sua entrada no setor de recebimento, como matéria-prima, até sua saída da fábrica em forma de produto final.

Por custo financeiro entende-se os juros sobre o capital aplicado na compra de matéria-prima, no pagamento da mão-de-obra aplicada na produção, nos gastos de energia elétrica e outros recursos necessários à produção.

Ao se utilizar um capital para a realização de qualquer projeto, por exemplo, na compra de matéria-prima, passa-se a pagar juros no momento em que se coloca as mãos nela, e tais juros só deixarão de incidir sobre o capital no momento de sua devolução ao mercado. Nesse exemplo, a devolução se dará no ato da venda do produto final que contém a matéria-prima cuja compra originou a tomada do referido capital.

O custo pela má qualidade é o custo gerado pela falta de qualidade do processo produtivo. De modo geral, na indústria brasileira, este custo ainda apresenta valores relevantes.

Reproduzir-se-á, aqui, um exemplo registrado por MACEDO NETO [1989], que ilustra bem a dimensão dos custos da má qualidade. Comenta o autor que um trabalho extremamente sério foi realizado, em 1980, em uma das unidades mais bem organizadas da Westinghouse, nos Estados Unidos, sobre o total de peças refugadas por problemas de qualidade, durante todo aquele ano. O resultado dos estudos mostrou que, naquele ano, foram rejeitadas peças no valor

total de US\$ 1.000.000,00, o que foi considerado um absurdo. Porém, esta cifra referia-se, apenas, aos custos de fabricação, retrabalho e peças rejeitadas, onde estão incluídos os custos de mão-de-obra, de matéria-prima e outros custos diretos. Enfim, estes são os custos visíveis, quantificáveis.

Os estudos não paravam aí, continua o autor, e o que se seguiu causou uma estupefação geral em toda a organização. Graças aos excelentes registros de que dispunha a unidade, seus pesquisadores concluíram que os gastos “invisíveis” (tais como, tempo de gerenciamento, tempo de engenharia, paralisação na fábrica e no campo, aumento de inventário, pedidos perdidos para os concorrentes, atrasos na expedição, etc.), que muitos consideram inquantificáveis, eram 4 vezes superiores aos gastos “visíveis”. Assim, para cada dólar de prejuízo sobre os custos “visíveis” eles perderam mais 4 dólares em custos “invisíveis”, porém, tão reais quanto os primeiros. Tão reais quanto a parte submersa de um Iceberg (Figura 4.2, MACEDO NETO [1989]), que nem por ser invisível deixará de existir.

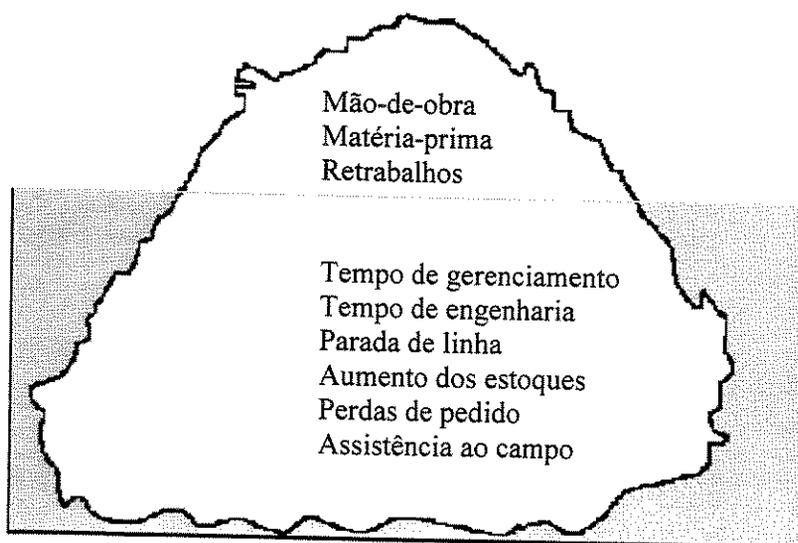


Figura 4.2 - O surpreendente custo da má qualidade

Finalmente, conclui o autor: “*Tal como um Iceberg, cujas massas emersa e submersa estão na proporção de 1 para 4, assim também se compõem os custos da má qualidade. A fim de confirmar os resultados de tais descobertas, a empresa determinou que outra unidade, também*

detentora de ótimos registros, fizesse o mesmo estudo, a qual por caminhos diferentes, chegou à mesma proporção de 1 para 4". Este exemplo ilustra a dimensão dos custos pela má qualidade, entretanto a relação entre os custos "visíveis" e os custos "invisíveis" pode variar em função das características da indústria na qual a empresa está inserida e do nível de organização e controle da própria empresa. Numa administração ideal, esses custos não deveriam existir, mas, desde que existam, eles devem ser considerados. A Figura 5.2 ilustra a forma típica de determinação do Preço de Venda (PV) no modelo de produção em massa.

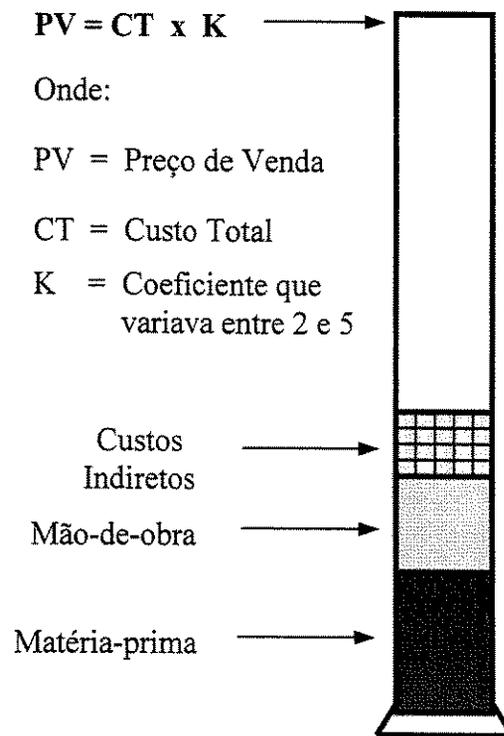


Figura 5.2 - Uma visão ultrapassada da determinação do preço

O que acontece é que esta fórmula, e esta concepção de preço, esconde os custos financeiros e de má qualidade. A maior parte deste k existe para cobrir os desperdícios de uma administração ineficiente. Por exemplo, se um administrador utiliza $k = 4$ (considerando que o verdadeiro seria $k = 1.6$) significa que o coeficiente 2.5 é um multiplicador que existe apenas para compensar as ineficiências da empresa. Esta concepção de preço não é mais aceita pelo mercado.

Empresas japonesas, notadamente a Toyota Motor Company, utilizando-se de ferramentas modernas de gestão da produção - técnicas hoje já difundidas nos cinco continentes - com o apoio de um consistente programa de melhoria da qualidade, conseguiram reduzir drasticamente os custos financeiros e de má qualidade, passando a utilizar-se da mesma fórmula tradicional de cálculo do preço de venda:

$$\text{Preço de Venda} = \text{Custo} + \text{Lucro}$$

Adotando, no entanto, uma nova forma de apresentar esta fórmula:

$$\text{Lucro} = \text{Preço de Venda} - \text{Custo}$$

Cujo enfoque filosófico é radicalmente diferente da anterior.

A primeira fórmula ($PV = C + L$) informa que só é possível saber o PV após determinar-se o custo, seja ele qual for, e o lucro que entender-se como sendo razoável. Tem-se, assim, um PV que será apresentado ao mercado, podendo estar muito acima do que os compradores estejam dispostos a pagar. O resultado mais provável será uma perda de concorrência.

A segunda fórmula ($L = PV - C$) indica que o PV não está em discussão e muito menos que será a empresa fornecedora que estabelecerá o seu valor. Este valor é fixado naturalmente pelo mercado, pela lei da oferta e da procura. Quanto ao lucro, este sim, é que será determinado pela empresa, mas sem alterar o PV que o mercado está disposto a pagar. Logo, o único caminho para se conseguir o lucro esperado será controlar os custos. Isso significa buscar constantemente a redução dos custos através de uma determinação inexorável de dar soluções aos problemas, procurando eliminar todo tipo de desperdício.

Atualmente, para o mercado, custo passa a ser apenas todo o valor agregado ao produto provocado pela real necessidade de transformação de sua matéria-prima até o produto final, embalado e entregue ao cliente. Em outras palavras, uma operação de usinar, de soldar, ou inserir componentes em uma placa de circuito impresso originam custos reais, sadios e naturais. Mas, qualquer atividade que não contribua na transformação física do produto, que não agrega valor, é considerada pela administração moderna como desperdício. Assim, atividades como transportar peças de uma operação para outra, contar peças, inspecionar, armazenar, retrabalhar peças rejeitadas, são desperdícios por não acrescentarem nenhum valor real à peça. Evidentemente que, além da perda de produtividade em função do custo financeiro e da má qualidade, existe o efeito

desastrosos do inventário sobre os prazos de entrega, aumentando o tempo de resposta e comprometendo a competitividade da empresa.

Uma vez caracterizadas as fontes de desperdício da produção e conceituados os custos correlatos, o próximo passo é definir alguns indicadores de produtividade que normalmente direcionam o aprimoramento da produção.

4.4 Os indicadores de produtividade do processo produtivo

A melhoria de qualquer processo exige planejamento e controle periódicos. Sem planejamento não é possível alcançar os objetivos com eficácia; sem controle, sem medir, não é possível melhorar. É necessário definir alguns indicadores de produtividade que deverão ser os termômetros da saúde do processo produtivo. Desde o momento em que a matéria-prima é entregue ao setor de fabricação até o momento que sai da linha final como produto acabado, nesse intervalo, como avaliar o estado de saúde do processo produtivo? Na implementação de um plano de melhoria, como avaliar o antes e o depois para certificar-se da efetividade da implementação?

De maneira genérica o que os mercados exigem das indústrias? Em primeiro lugar tempo de resposta com flexibilidade que atenda às suas diferentes necessidades. Em segundo lugar preço, que tende a cair, pois cada vez mais passa a refletir o valor agregado ao produto ou serviço e não os desperdícios, o mercado não quer pagar pelo custo dos desperdícios embutido nos preços. Em terceiro lugar qualidade, pois sem qualidade não há satisfação dos clientes, qualidade que efetivamente reflita valor de uso e estima para os clientes.

É preciso esclarecer que o conceito de qualidade é absolutamente inseparável do conceito de produtividade. No caminho do aprimoramento do processo produtivo (melhor tempo de resposta, minimização de estoque, fluxo contínuo) existe uma ponte que a empresa terá inapelavelmente de passar. Essa ponte é a qualidade. Embora os dois termos, produtividade e qualidade, possuam conceitos claros, definidos e independentes, eles guardam entre si uma estreita e profunda relação. Assim, um plano de melhoria da produtividade, que vise tornar uma empresa mais competitiva face às exigências do mercado, necessita do suporte da qualidade para alcançar os seus objetivos.

As técnicas e ferramentas da qualidade aplicadas à produção, com o enfoque na melhoria dos processos, no autocontrole e no trabalho em equipe, procuram eliminar os custos decorrentes dos defeitos que poderiam ser gerados durante a fabricação, melhorando a produtividade. Um indicador de melhoria da qualidade é um indicador de melhoria da produtividade. O aprimoramento do processo produtivo de uma empresa manufatureira consiste num combate total ao desperdício, uma luta contínua para eliminar as causas dos problemas que impedem a melhoria da produtividade.

Segundo MACEDO NETO [1989], o conceito tradicional da administração da produção dava ênfase à eficiência da mão-de-obra e à plena utilização das máquinas e equipamentos. Buscava-se a eficiência local em prejuízo da otimização global. Acreditava-se que a ociosidade das máquinas era causa de baixa produtividade. Assim, definia-se produtividade como:

$$Pr = \frac{t.Q.100}{H}, \quad \text{onde:}$$

Pr = Produtividade

t = Tempo padrão cronometrado para a execução de uma determinada operação

Q = Quantidade de peças boas que foram produzidas

H = Total de horas pagas

Como a cultura de produção em massa não privilegiava um programa de manutenção preventiva, muito menos um programa de qualidade por toda a empresa, normalmente a produtividade era baixa devido às horas ociosas por máquina em pane, ferramenta quebrada, falta de matéria-prima, retrabalhos, refugos, etc. Por exemplo, suponha-se que numa empresa o tempo padrão para um operador montar todos os componentes em uma determinada placa de circuito impresso seja de 20 minutos e que o operador bem treinado seja 100% eficiente. Se no final do dia, após 8 horas de trabalho, ele tivesse conseguido montar as 12 placas, sua produtividade seria:

$$Pr = \frac{20 \times 12 \times 100}{8 \times 60} = \frac{2400}{480} = 50\%$$

Esta baixa produtividade pode ser explicada por um ou mais dos motivos acima apontados. Entretanto, ainda que a empresa apresentasse 100% de produtividade (com todos os

problemas acima referidos resolvidos), a mesma estaria perdendo em lucratividade, por ignorar o custo financeiro devido ao excesso de estoque. Além disso tem a perda de faturamento da empresa, provavelmente muito mais significativa, em função do excesso de estoque impedir a sincronização do fluxo produtivo com a real demanda do mercado, isto é, a demanda naquela unidade de tempo que o mercado precisa.

Portanto, o processamento de grandes lotes, tempos de espera, tempos de movimento, retrabalhos, etc. geram custos antinaturais que o mercado não está disposto a pagar. A administração moderna da produção faz uma abordagem sistêmica da produtividade, isto é, dá ênfase à natureza interativa de todas as atividades da organização e salienta a importância do relacionamento e cooperação entre os setores, para a melhoria da produtividade do sistema como um todo. Uma abordagem integrativa e consistente busca a otimização dos objetivos globais do sistema. Na forma ultrapassada de administração empresarial (princípios da produção em massa) os objetivos dos subsistemas eram buscados de forma independente (organização departamentalizada) o que normalmente levava à subotimização do sistema como um todo. Dentro desta visão sistêmica, MONKS [1987] define produtividade como: “*É a medida da eficácia¹ do uso de recursos (humanos, materiais e de capital) para produzir bens e serviços*”. Segundo o autor, a produtividade é medida pela relação entre o valor de produção e o custo de insumos (humanos, materiais e de capital):

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Valor da Produção}}{\text{Custo dos Insumos}}$$

Ora, numa economia capitalista e globalizada, o valor da produção (preço) é determinado pelo mercado, portanto, cabe à empresa reduzir os custos para aumentar a produtividade. Reduzir os custos é eliminar desperdícios e, nesse sentido, o tempo é considerado o mais importante elemento na focalização da gestão da produção sobre o desperdício. Todos os desperdícios de tempo (produção antecipada para estoque, esperas, movimentos, processos desnecessários, etc.), redundam em aumento do material em processo e do *lead time*. Um *lead time* alto, além de indicar o aumento dos custos da fabricação, pode representar uma perda de competitividade por

¹ Não é mais suficiente a eficiência localizada, é necessário uma eficiência com visão sistêmica (otimização do todo).

não dar ao mercado o tempo de resposta esperado. Genericamente, o *lead time* de um item é o tempo necessário para o seu suprimento. O *lead time* da produção é definido como:

Lead Time

É o tempo decorrido entre a entrega da matéria-prima ao setor de fabricação e a saída do produto acabado na linha de montagem/teste final, pronto para ser embalado e entregue ao cliente.

Quanto mais longo for o *Lead Time* maior será o custo financeiro (mais tempo do material em fábrica) e maior será o capital de giro para manter a empresa funcionando. Empresas japonesas aumentaram significativamente a produtividade reduzindo o *Lead Time* dos produtos. Com o *Lead Time* reduzido de dias, ou semanas, para horas ou mesmo minutos, tornaram o processo produtivo extremamente flexível para atender às necessidades dos clientes. Assim, passaram a ter faturamento diário, reduzindo ao mínimo o capital de giro (reduzindo até mesmo a zero) e evitando os juros sobre o empréstimo bancário que teria sido feito para cobrir as despesas, caso não faturassem antes. Portanto, observando os limites do foco deste trabalho, o primeiro indicador de produtividade é o *Lead Time* de fabricação do produto.

Além da quantidade de material em processo, é preciso saber também o quanto este material está nivelado em relação às necessidades dos clientes em um período de tempo. A falta de qualidade no processo produtivo faz com que alguns itens sejam sucateados ou reparados, provocando a falta ou o atraso dos mesmos na montagem final, e gerando um desnivelamento do fluxo produtivo em relação às necessidades dos clientes. O modelo de gestão de empurrar a produção, associado aos grandes lotes de fabricação, agrava a situação tornando comum encontrar pelos corredores de muitas fábricas pilhas de diferentes peças em diferentes estágios de fabricação aguardando ao lado das máquinas o momento de serem processadas. Esse material, por estar desnivelado, exige a emissão de mais ordens de fabricação para que seja efetivamente aproveitado pela montagem final, o que gera mais estoque em processo. Portanto, associado ao *Lead Time*, o Índice de Nivelamento é outro bom indicador de produtividade do processo produtivo no chão-de-fábrica. Define-se o Índice de Nivelamento como:

Índice de Nivelamento

É a relação (expressa em percentual) entre a quantidade de itens no processo produtivo que formam produtos completos, conforme as necessidades do cliente, e a quantidade total de itens no processo produtivo.

Um plano de aumento da produtividade é extremamente favorecido pela melhoria da qualidade dos processos, graças ao tempo economizado com as rejeições de peças durante as etapas do processo produtivo e com as esperas de decisões sobre o que fazer com tais peças. Os problemas de qualidade num processo produtivo com estoque minimizado podem interromper o fluxo balanceado com a demanda do mercado, prejudicando a produtividade. Assim também, um plano de melhoria da qualidade que procure eliminar as causas dos defeitos na fabricação de uma determinada peça obterá não apenas uma melhoria da qualidade, mas também um aumento da produtividade.

Nesse sentido comenta DEMING [1990]: “Melhore constantemente e perenemente o sistema de produção e de prestação de serviços, de modo a melhorar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir de forma sistemática os custos”. A qualidade, assim como a produtividade, tem um efeito multiplicador. Um processo executado incorretamente no início da fabricação do produto refletirá negativamente ao longo de todo o processo produtivo. Quanto mais tarde for descoberto o defeito gerado, mais altos serão os custos para resolver o problema. Mesmo que o defeito seja descoberto e corrigido na etapa do processo imediatamente posterior àquela que gerou o problema, os custos já não serão os mesmos. Frente ao problema, será necessário tempo de gerenciamento para decidir o que fazer, mão-de-obra para o reparo, materiais, energia, horas extras, etc. Essas atividades, que se fazem necessárias em decorrência dos defeitos gerados, aumentam os custos do processo produtivo e requerem aporte financeiro para solucionar os problemas. Além disto, os defeitos gerados nos diversos estágios do processo produtivo provocarão um atraso na entrega do produto final ao cliente. Este atraso redundará em custo financeiro, acrescido dos juros sobre o faturamento não realizado, pois em decorrência dos atrasos o faturamento não deverá acontecer na data prevista. Portanto,

considerando os limites do foco deste trabalho, o Nível de Defeitos, durante todo o processo produtivo, é um bom indicador de produtividade. Assim, define-se o Nível de Defeitos como:

Nível de Defeitos

É a relação (expressa em percentual ou em partes por milhão - ppm) entre os itens não conformes e o total de itens gerados pelo processo produtivo.

O Nível de Defeitos corresponde aos “custos das falhas internas”, definido por JURAN [1992] como: *“custos associados aos defeitos encontrados antes da transferência do produto ao consumidor [...] que desapareceriam caso não existissem defeitos no produto antes do despacho”*.

Existem outros indicadores de produtividade relacionados ao processo produtivo, porém, estes são reconhecidamente os mais significativos. Assim, para o modelo de gestão da produção proposto, Capítulo 7, usar-se-ão estes três indicadores como referência para a medida de produtividade.

4.5 Considerações Finais

Os princípios gerenciais da produção em massa já não atendem mais às necessidades da economia globalizada. Os desperdícios do processo produtivo, especialmente os decorrentes da convivência com o excesso de estoque, vão na contra-mão dos critérios de competitividades mais valorizados pelo mercado: tempo de resposta, flexibilidade, qualidade e preço. O mercado já não aceita preços que não reflitam custos reais, isto é, custos isentos de desperdícios. Os indicadores de produtividades escolhidos são bons termômetros do aprimoramento do processo produtivo. A busca da eficiência local não é suficiente, é necessário a promoção da integração de todas as atividades da organização frente às necessidades e expectativas do mercado.

O próximo passo será pesquisar o estado da arte da administração da produção e, a partir desta pesquisa, propor um modelo diferenciado de gestão da produção visando o aprimoramento do processo produtivo da Embraer.

Capítulo 5

O Estado da Arte da Administração da Produção

A eliminação de desperdícios e agregação de valor, segundo as necessidades e expectativas dos clientes, é a base para o desenvolvimento de vantagens competitivas sustentadas. Os princípios do “pensamento enxuto” norteiam o estado da arte da administração da produção e encontram-se em ampla difusão no mundo inteiro.

5.1 Princípios e objetivos da Manufatura Enxuta

O sistema Manufatura Enxuta, originalmente conhecido como sistema *Just in Time* de produção, originou-se no Japão nos meados da década de 60, tendo a sua idéia básica e seu desenvolvimento creditados à Toyota Motor Company, por isso também conhecido como o “Sistema Toyota de Produção”. Seu principal mentor Taiichi Ohno, vice-presidente da empresa.

Este novo enfoque na administração da manufatura surgiu de uma visão estratégica, buscando vantagem competitiva através da otimização do processo produtivo. Os conceitos do sistema de Manufatura Enxuta foram extraídos da experiência mundial em manufatura e combinados dentro de uma visão holística do empreendimento. Os principais conceitos são independentes da tecnologia, embora possam ser aplicados diferentemente com os avanços técnicos. O sistema visa administrar a manufatura de forma simples e eficiente, otimizando o uso dos recursos de capital, equipamento e mão-de-obra. O resultado é um sistema de manufatura capaz de atender às exigências de qualidade e entrega de um cliente, ao menor custo.

Cabe aqui registrar um aspecto histórico que está na raiz do surgimento do sistema de Manufatura Enxuta: a necessidade de sobrevivência do povo japonês, mola propulsora que gerou a firme determinação de construir um país novo. Como consequência da busca de caminhos e soluções e de novos aprendizados surgiu uma visão estratégica com foco no aprimoramento da produção como meio mais eficaz para atender as necessidades e expectativas dos clientes.

KOTLER [1987], ao falar do âmbito sociocultural que caracterizou o modelo do sucesso japonês, diz: *“Sobreviver é uma força impulsora na cultura japonesa e tem sido a origem de muitas características culturais específicas, que se têm convertido em parte da maneira como os japoneses levam a cabo seus negócios”*. Ou seja, a necessidade de sobrevivência, potencializada pela consequências da Segunda Guerra Mundial, acrescida de outras características culturais japonesas, foram fatores importantes para o surgimento dos novos paradigmas gerenciais que caracterizam a produção enxuta.

Entretanto, é necessário ressaltar, que a eficácia da implementação do sistema de Manufatura Enxuta não está comprometida com os valores culturais japoneses, uma vez que o modelo está se tornando clássico e são inúmeros os casos de sucesso de empresas enxutas no mundo inteiro. Neste sentido, WOMACK e JONES [1998] comentando sobre o sucesso das fábricas japonesas montadas nos Estados Unidos, operada por americanos, dizem: *“Foram realizações fundamentais, pois derrubaram todos os argumentos, tão predominantes na época, de que, para dar certo, a produção enxuta dependia de alguma forma das instituições culturais japonesas”*.

Existem vários erros de julgamento com relação ao sistema de Manufatura Enxuta. O maior talvez seja o de achar que ele é um sistema estruturado de controle de estoques, com entregas dos materiais certos, no tempo certo e na quantidade certa. Este é um aspecto importante da Manufatura Enxuta, mas a abordagem do sistema é muito mais ampla.

A abordagem deste tópico tem como principais referências as visões de WOMACK e JONES [1998] e LUBBEN [1989] sobre as características do sistema de Manufatura Enxuta. A abordagem de Womack e Jones se desenvolve sobre os princípios do pensamento enxuto, enquanto que a abordagem de Lubben se desenvolve em torno dos objetivos do sistema, ainda que tratando-o como sistema *Just In Time* de produção. A consideração e análise da visão dos

dois autores se complementam e levam a uma compreensão mais global deste novo paradigma de gestão da manufatura.

5.1.1 Os princípios do pensamento enxuto

Segundo WOMACK e JONES [1998], o pensamento enxuto é “*uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz*”. O pensamento enxuto busca aumentar cada vez mais a produtividade com cada vez menos esforço humano, menos tempo, menos investimento de capital e menos espaço, caminhando sempre na direção da satisfação do cliente. Os cinco princípios básicos do pensamento enxuto serão tratados sucintamente a seguir.

1º - Especificar o valor

O primeiro passo estratégico do pensamento enxuto é identificar o valor que o cliente quer encontrar no produto ou serviço que vai adquirir. Esse valor deve ser específico para cada produto, deve atender às necessidades dos clientes a um preço específico em um momento específico.

Visão sistêmica e foco no cliente

O valor é criado pelo produtor em função do ponto de vista do cliente, é para isso que os produtores existem, e é assim, produzindo valor para os clientes que eles vão ser mais competitivos. Isso exige uma mudança de mentalidade, pois as realidades cotidianas de especificação e criação de valor para o cliente devem predominar sobre a mentalidade financeira de curto prazo dos administradores e acionistas. A maioria das organizações no mundo inteiro ainda define valor em função das suas capacidades instaladas, economia de escala e principalmente pela “percepção interna” do que os clientes querem, procurando a eficiência em suas atividades e oferecendo ao mercado o produto ou serviço da forma que julgam mais correta. Isto normalmente significa muito desperdício, *muda*. Segundo WOMACK e JONES [1998], é preciso oferecer, com precisão, valor aos clientes, de forma a atender as suas necessidades e expectativas e a partir daí repensar a empresa com base em uma linha de produtos com equipes

de produtos fortes e dedicadas. É preciso oferecer *o certo da maneira certa*, só assim a organização será eficaz.

O produtor final precisa olhar para os clientes e ver as suas reais necessidades, valor de uso e estima, tendo sempre em conta o preço de aquisição e o custo operacional ao longo do ciclo de vida do produto. Além disso, é preciso olhar para o fluxo de fornecedores - processo de agregação de valor por parte dos fornecedores - de forma a garantir que o “processo global” de desenvolvimento e produção atenda cada vez mais aos requisitos de qualidade, tempo de resposta e preço do cliente ou consumidor final. É definitivamente estratégico que os produtores aceitem o desafio da redefinição de valor, pois isso é chave para encontrar mais clientes, e a capacidade de encontrar mais clientes e aumentar as vendas é fundamental para o sucesso do pensamento enxuto. Isto acontece porque as organizações ao se tornarem enxutas liberam rapidamente grandes quantidades de recursos (humanos, máquinas, áreas de instalação, etc), que precisam ser imediatamente aproveitados em novos negócios.

O custo-alvo na definição de valor – eliminar desperdício

Uma vez definido o produto com certas especificações e capacidades - valor para o cliente -, é necessário um esforço para eliminar todo desperdício no processo de fabricação. A empresa enxuta vê o preço médio que os seus concorrentes estão praticando para um produto específico e pergunta: Qual é o custo desse produto livre de desperdício, ou seja, depois de eliminadas as etapas desnecessárias e depois que o valor começa a fluir? Esse será o custo-alvo para as atividades de desenvolvimento, processamento de pedidos e produção, para esse produto. Uma vez definido o custo alvo para um produto específico, esse custo se torna a lente para examinar cada etapa do processo de agregação de valor. Esse é o caminho para a eliminação do desperdício.

2º - Identificar o fluxo de valor

A identificação de todo o fluxo de valor para cada produto é o próximo passo no pensamento enxuto, um passo que as empresas raramente tentaram dar, mas que quase sempre expõe quantidades enormes, e até surpreendentes de desperdício. O fluxo de valor é o conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar, segundo

WOMACK e JONES [1988], pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio: a *tarefa de solução de problemas* que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia, a *tarefa de gerenciamento da informação*, que vai de recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma, e a *tarefa de transformação física*, que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

ROTHER e SHOOK [1999] identificam os dois principais fluxos de valor: o fluxo de produção, da matéria-prima até o cliente; e o fluxo de projeto, da concepção até o lançamento no mercado. Este estudo focaliza no fluxo de produção, da matéria-prima até o produto acabado, pronto para ser entregue ao cliente.

A identificação e análise do fluxo de valor são passos fundamentais para eliminar atividades que não agregam valor ao produto ou serviço segundo a ótica do cliente. Além dos processos internos de cada empresa, o pensamento enxuto exige uma análise do todo: o conjunto inteiro de atividades envolvido na criação e na fabricação de um produto específico, da concepção à sua disponibilidade, passando pelo projeto detalhado, da venda inicial à entrega, passando pelo registro do pedido e pela programação da produção, e da matéria-prima produzida distante, e fora do alcance da empresa, até as mãos do cliente. A estruturação organizacional para se fazer isso é o que se chama *empresa enxuta*. A criação de empresas enxutas exige realmente uma nova forma de pensar sobre os relacionamentos entre empresas, especialmente a *transparência* quanto a todos os passos dados ao longo do fluxo de valor e a *confiança* entre os elos “fornecedor-cliente” para que o fluxo global de agregação de valor não seja interrompido.

O gerente do fluxo de valor

Como as empresas estão organizadas por departamentos e funções no lugar de fluxo de processos que criam valor para um produto ou família de produtos, é comum não encontrar ninguém responsável pela perspectiva do fluxo de valor. É muito raro encontrar numa empresa alguém que conheça o fluxo total de material e informação, ou seja, todos os processos e como cada um é programado. Normalmente, cada área opera de forma a buscar a otimização dentro da sua perspectiva e não da perspectiva do fluxo de valor. Surge então a figura do *gerente do fluxo de valor*, responsável pela otimização do todo, alguém que possa enxergar através das fronteiras sobre as quais o fluxo de valor flui. Nesse sentido, ROTHER e SHOOK [1999] comentam: “Para

evitar ilhas isoladas de funcionalidade a organização precisa de uma pessoa com responsabilidade para entender toda o fluxo de valor de uma família de produtos e como torná-la mais eficaz. Esta pessoa é o gerente do fluxo de valor, que deve estar ligada diretamente à mais alta autoridade da organização, com poder para fazer com que as mudanças aconteçam. ... A melhoria do fluxo de valor – kaizen do fluxo – é o gerenciamento fazendo kaizen”.

3º - Garantir o fluxo

O próximo passo no pensamento enxuto é garantir um fluxo contínuo do valor para os clientes. Isto é fundamental para melhorar o fluxo de caixa, reduzir custos financeiros e melhorar o retorno sobre o investimento. Segundo WOMACK e JONES [1988], uma vez que para um determinado produto o valor tenha sido especificado com precisão, o fluxo de valor mapeado e, obviamente, as etapas que não agregam valor eliminadas, é fundamental que o “valor em processo” flua, suave e continuamente, dentro das três tarefas gerenciais críticas: solução de problemas, gerenciamento da informação e transformação física.

Em uma empresa que caminha para ser enxuta, é fundamental que haja uma mudança de mentalidade gerencial quanto à maneira mais eficaz de realizar as atividades de agregação de valor. Normalmente, as tarefas dentro de uma organização são agrupadas em lotes para serem processadas em cada departamento, tendo como consequência a formação de longas filas de espera. Isto dificulta o fluxo contínuo e compromete o tempo de resposta aos clientes. O pensamento enxuto leva a empresa a aceitar o desafio de criar um fluxo contínuo na produção de pequenos lotes, ou mesmo de lote unitário, para atender com rapidez a diversidade de produtos que os clientes exigem.

Uma técnica fundamental para fazer o valor fluir bem para os clientes é o conceito de tempo *takt*, que sincroniza precisamente a velocidade de produção e a velocidade de venda aos clientes. O tempo *takt* é calculado dividindo o número de itens a serem produzidos pelo tempo de produção disponível. O importante é definir o tempo *takt* com precisão, em um determinado momento, em relação à demanda, e processar toda a seqüência de produção precisamente com base no tempo *takt*.

A “estratégia enxuta” procura criar uma empresa enxuta para cada produto. Isso exige redefinir as funções e departamentos da empresa, e mesmo cada empresa no fluxo global de geração do produto. O convencimento de gerentes e funcionários quanto à maior eficácia em se trabalhar com fluxo contínuo de lote unitário ou de lotes pequenos é fundamental para fazer o valor fluir para os clientes.

4º - Trabalhar com produção puxada

O fluxo contínuo de pequenos lotes é um passo importante no pensamento enxuto, mas não é suficiente. É preciso fornecer ao cliente o produto/serviço que ele quer e quando ele quer, e para isso é necessário que o cliente *puxe* e faça a empresa acionar o fluxo de valor. A capacidade que uma empresa enxuta tem de projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente quer e quando o cliente quer lhe dá a condição de descartar a projeção de vendas e simplesmente fazer o que os clientes lhe dizem que precisam. Ou seja, a empresa pode deixar que os clientes puxem os produtos, quando necessário, em vez de empurrá-los, evitando a formação de estoques, com o agravante de serem estoques de produtos que podem não ter o valor agregado desejável pelos clientes.

Produção puxada, em termos gerais, significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite. Além de atender à reais necessidades dos clientes, o sistema de puxar o produto/serviço reduz inventário e torna muito visíveis os problemas – a visibilidade é uma característica essencial na operacionalidade do pensamento enxuto – possibilitando ações gerenciais para eliminá-los.

Segundo WOMACK e JONES [1988], uma idéia básica para uma empresa enxuta é: “não fabrique produto algum a não ser que seja necessário; então fabrique o produto rapidamente”. A introdução do *fluxo* e da *produção puxada* normalmente provoca enormes ganhos de produtividade, desde que a empresa saiba administrar bem o caos provocado pela redução drástica de estoques, contando com o auxílio de ferramentas enxutas e técnicas da qualidade. Ao puxar a produção é importante tomar cuidado com o nivelamento do fluxo, de forma a atender a demanda priorizada, aproveitando bem recursos produtivos restritivos e obtendo com isso o máximo de produtividade.

5° - Buscar a perfeição

É importante ressaltar que os quatro princípios do pensamento enxuto: *valor, fluxo de valor, fluxo e sistema puxado* não são fazes estanques na implementação do pensamento enxuto, mas interagem entre si em círculos de *feedback* positivo e se interfaceiam no tempo. Segundo WOMACK e JONES [1988], fazer com que o valor flua mais rápido (*pela redução do lead time*) sempre expõe os *desperdícios* ocultos no fluxo de valor. E, quanto mais a empresa puxar, mais revelará os obstáculos ao fluxo, permitindo sua eliminação. Equipes de produtos dedicadas em diálogo direto com clientes sempre encontram formas de especificar o valor com mais precisão e, muitas vezes aprendem formas de ampliar o fluxo e a produção puxada também. Nesse círculo vicioso positivo o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custos e erros é ilimitado e, ao mesmo tempo, oferece um produto que cada vez mais se aproxima do que o cliente realmente quer. É o caminho da *perfeição* (busca contínua da perfeição), o quinto conceito do pensamento enxuto.

Um aspecto importante na busca contínua da perfeição é a *transparência* das ações dentro do fluxo de valor, ou seja, o fato de que subcontratados, fornecedores, montadores, distribuidores, clientes e funcionários possam ver tudo, o que torna fácil descobrir melhores formas de criar valor.

WOMACK e JONES [1998], com base em suas experiências de anos em *benchmarking* e observações em organizações no mundo inteiro, comentam: “*a conversão de um sistema de produção clássico (baseado em estoques em andamento) em um fluxo contínuo eficaz com a produção puxada pelo cliente duplicará a produtividade da mão-de-obra ao longo do sistema como um todo (para trabalhadores diretos, em cargos de gerência e técnicos, da matéria-prima ao produto acabado) e, ao mesmo tempo, reduzirá em 90% o tempo de throughput¹, e os estoques do sistema. Os erros que chegam até o cliente e a sucata dentro do processo de produção em geral serão reduzidos à metade, bem como os acidentes de trabalho. O tempo de lançamento de um novo produto no mercado cairá pela metade e poder-se-á oferecer uma variedade maior de produtos, a um custo adicional muito modesto. Além disso, os investimentos de capital necessários serão muito modestos, se as instalações e o equipamento puderem ser liberados e*

vendidos”. Este é o ganho inicial, de curto prazo, em função do realinhamento radical do fluxo de valor, seguem-se melhorias contínuas por meio do *kaizen* a caminho da perfeição.

5.1.2 objetivos do sistema de Manufatura Enxuta

Segundo LUBBEN [1989], o planejamento de um sistema de Manufatura Enxuta requer o entendimento dos seis objetivos básicos nos quais o sistema está baseado.

1º - Integrar e otimizar o sistema de manufatura

É preciso integrar todas as partes do processo de manufatura buscando sempre a otimização do sistema como um todo. Aqui entra o conceito amplo, total, dado ao valor do produto, ou seja, tudo o que não agrega valor ao produto é desnecessário e precisa ser eliminado. A Manufatura Enxuta visa reduzir ou eliminar funções e sistemas desnecessários ao processo global de produção. Muitas das funções improdutivas que existem em uma empresa foram criadas devido à ineficiência ou incapacidade das funções iniciais. Assim, o conceito de integração e otimização começa na concepção e projeto de um novo produto. A integração e otimização de um sistema de manufatura é um processo contínuo de redução do número de etapas estanques, necessárias para completar um processo em particular. A melhor tática para se conseguir este objetivo é incorporar à cultura da organização uma mentalidade voltada para a melhoria contínua dos processos, com redução sistemática dos custos relativos.

2º - Produzir um produto de qualidade

A qualidade é o coração de um sistema que tenha como objetivo uma produção enxuta. O sistema *Kanban*, que “puxa” a produção e ajuda a reduzir o inventário, só funciona bem num ambiente produtivo que forneça produtos com boa qualidade. A qualidade começa entendendo e inserindo no projeto os requisitos e as necessidades dos clientes. No chão-de-fábrica, o processo de produzir com qualidade começa com a matéria-prima e continua à medida que os materiais são sistematicamente processados ao longo do sistema, até que o produto final seja adquirido pelo cliente. Para que o cliente receba um produto de qualidade, cada etapa do processo de produção

¹ Neste trabalho *throughput* tem o mesmo sentido de *lead time* de produção.

deve passar um produto de qualidade para a etapa seguinte. Planejar para a qualidade é a meta primária que deve ser buscada para que um programa de implementação da Manufatura Enxuta alcance os seus objetivos ao longo do tempo. Cada pessoa, em sua respectiva função, envolvida em um sistema de manufatura deve ser treinada e educada para aceitar a responsabilidade pelo nível de qualidade de seus produtos. Este assunto será melhor analisado no item 6.3.

3º - Produzir somente em função da demanda

É um conceito básico da Manufatura Enxuta é produzir somente quando necessário, ou seja, em função da demanda. Produzir em função da demanda significa que os estoques serão reduzidos ao mínimo e que a produção somente será iniciada pelo pedido de um cliente. Isto é verdade, não importa que seja uma requisição de um cliente ou de um posto de trabalho.

A fim de produzir somente em função da demanda, uma empresa deve ser flexível o suficiente para atender às especificações do cliente com o mínimo de restrições, ou seja, deve ser capaz de produzir economicamente lotes pequenos e até mesmos lotes unitários. O objetivo da filosofia da Manufatura Enxuta é reduzir os estoques, de modo que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados pela raiz, com a participação de todos, em esforços priorizados. A Figura 5.1, CORRÊA e GIANESI [1996], ilustra o requisito de visibilidade da Manufatura Enxuta, que expõe os problemas encobertos pelos estoques.

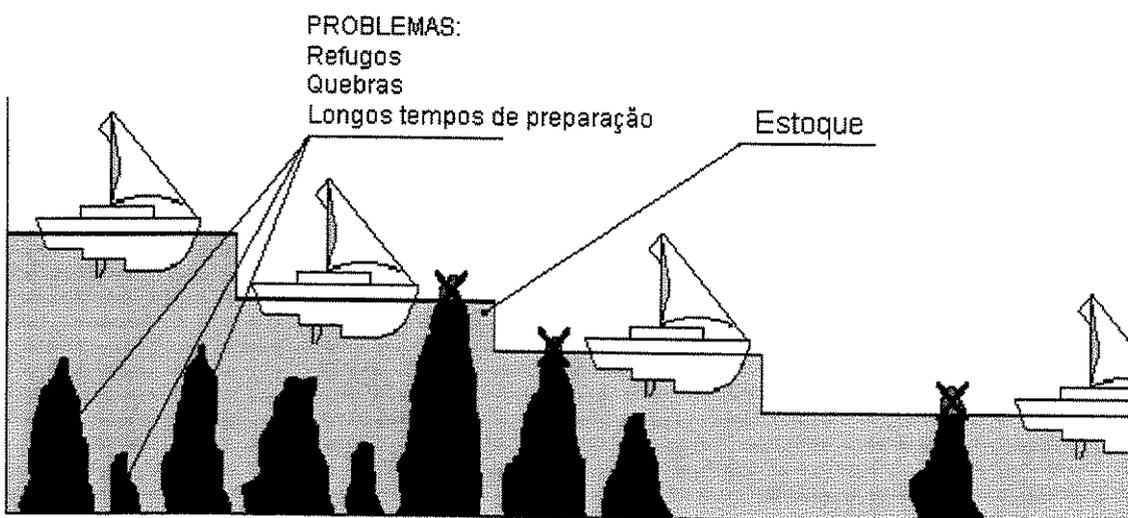
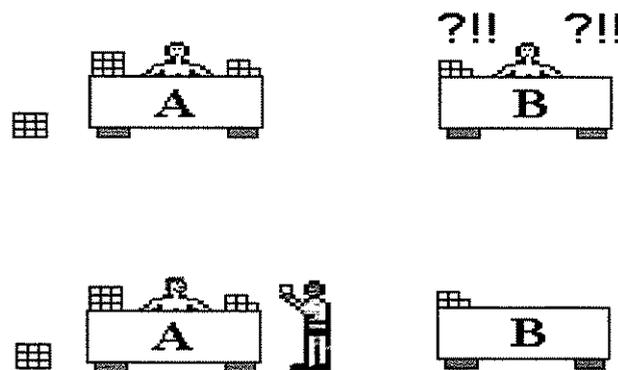


Figura 5.1- A Manufatura Enxuta expõe os problemas do processo produtivo

O estoque e o investimento que este representa podem ser simbolizados pela água de um lago que encobre as pedras que representam os diversos problemas do processo produtivo. Assim, o fluxo de produção, representado pelo barco, consegue seguir às custas de altos investimentos em estoque. Reduzir os estoques equivale a baixar o nível da água, tornando visíveis os problemas que, quando eliminados, permitem um fluxo mais suave de produção, mesmo sem estoques. Reduzindo-se os estoques gradativamente, tornam-se visíveis os problemas mais críticos do processo produtivo, permitindo um ataque priorizado. À medida que estes problemas vão sendo eliminados, reduzem-se mais e mais os estoques, identificando e atacando os novos problemas que vão surgindo. A presença de estoques desvia a atenção da gerência dos graves problemas de qualidade e da falta de confiabilidade dos equipamentos e fornecedores.

Para eliminar o efeito mascarador dos estoques sobre os problemas da qualidade, conforme ilustra a Figura 5.1, a Manufatura Enxuta propõe a redução de estoques entre as operações, fazendo com que o problema gerado na operação A seja rapidamente identificado pelo operador da operação posterior B, o qual não podendo dar continuidade ao seu trabalho por falta de peças boas, vê-se obrigado a requisitar do seu colega a resolução do problema ocorrido e, se for necessário, ajudá-lo na solução. A Figura 5.2, CORRÊA e GIANESI [1996], ilustra a proposta da Manufatura Enxuta.



O problema é rapidamente identificado e o funcionário da operação seguinte procura auxiliar a resolver o problema na fonte, para que o fluxo possa continuar.

Figura 5.2 - A redução dos estoques ajuda a identificar os problemas

4° - Reduzir o custo de produção

Este é, provavelmente, o objetivo mais evidente e concretizável com a implementação da Manufatura Enxuta. É fundamental que a engenharia projete visando a fabricabilidade do produto, dentro das especificações, ao menor custo de agregação de valor. A Manufatura Enxuta declara guerra ao desperdício e busca, de forma determinada e contínua, a redução dos custos do processo de manufatura como um todo, com uma atenção especial no processo produtivo.

5° - Desenvolver flexibilidade de produção

A flexibilidade de produção é a capacidade de minimizar os fatores de restrição na produção, assim como ser capaz de obter materiais rapidamente e de preparar um processo de produção em curto espaço de tempo e a um custo mínimo. As únicas restrições que devem ser mantidas são aquelas direcionadas para a estabilização e controle do processo de produção. Por exemplo, os pedidos de produção, de Vendas para Planejamento, devem ser firmados em um certo ponto, a fim de que se possa planejar os materiais, equipamentos e mão-de-obra. Tentar ajustar pedidos após este ponto provoca a ruptura do processo de produção, resultando em excesso de estoques ou paradas. Do ponto de vista da demanda, a flexibilidade, como objetivo da Manufatura Enxuta, é a capacidade de responder às necessidades dos clientes, quanto aos requisitos da qualidade do produto, prazo de entrega e custo.

Segundo CARRILLON e COLIN [1992]: *“Ser flexível é, em primeiro lugar, para uma empresa que quer ter lucro, ser remunerada pela sua flexibilidade pelos seus clientes. Esta definição de flexibilidade abrange a rapidez de criação de novos produtos, a determinação dos prazos de entrega consoante a urgência, a capacidade de suportar variações na demanda, a faculdade de antecipar as funções úteis à valorização dos produtos, etc.”*. Especialmente em empresas com alta variedade de itens na produção, o gerenciamento voltado para a flexibilização do processo produtivo torna-se ferramenta imprescindível para a redução dos custos de fabricação.

6° - Manter os compromissos assumidos com clientes e fornecedores

Os fornecedores, clientes e empregados precisam de uma posição clara da alta administração de que a empresa pretende permanecer no mercado fornecendo o produto. Manter

os compromissos é o elo final que permite que empresas fabricantes individuais se juntem em um processo industrial contínuo. Planejar para manter os compromissos é um processo de determinar as etapas necessárias para atender os níveis de qualidade, planos de entrega e margens de lucro.

Da abordagem interativa destas duas visões, ou seja, da integração dos princípios do pensamento enxuto com os objetivos da Manufatura Enxuta é necessário explicitar melhor os objetivos específicos da Manufatura Enxuta para o chão-de-fábrica, aqueles objetivos comprometidos com o crescimento em competitividade da empresa.

Objetivos da Manufatura Enxuta no chão-de-fábrica

Conforme tratado no item 2.7, o desenvolvimento de vantagens competitivas é consequência de uma estratégia global envolvendo todas as áreas da empresa. Embora os conceitos e princípios da Manufatura Enxuta devam ser estendidos a todas as funções de uma empresa manufatureira, este trabalho focaliza apenas as melhorias do processo produtivo no chão-de-fábrica, essencialmente pela eliminação dos desperdícios estudados no Capítulo 4. Focalizando o chão-de-fábrica, a Manufatura Enxuta busca atingir quatro objetivos básicos: melhorar o tempo de resposta, ganhar em flexibilidade, melhorar a qualidade e reduzir custos.

Para colocar em prática os seus princípios e alcançar os seus objetivos no chão-de-fábrica, a Manufatura Enxuta dispõe de um conjunto de ferramentas técnicas que, bem implementadas e integradas, constituem um forte antídoto contra os desperdícios do processo produtivo. Entretanto, a implementação eficaz do sistema de Manufatura Enxuta exige uma mudança de mentalidade, ou uma postura para querer mudar.

A Manufatura Enxuta é uma inovação na administração da produção e toda inovação começa pela mente. Dentro de uma empresa, o grupo constituído para divulgar a filosofia da Manufatura Enxuta deve desenvolver um amplo e contínuo trabalho de educação e treinamento, para todos os níveis: alta gerência, média gerência e operacional..

5.2 Mudança de mentalidade: educação e treinamento

Segundo DEMING [1990]: “*Uma organização não precisa apenas de gente boa; precisa de gente que vai se aprimorando sempre através de formação adequada*”. A mudança de

mentalidade, através de educação e treinamento, é absolutamente indispensável para se atingir os objetivos da Manufatura Enxuta.

O conhecimento obtido a respeito da Manufatura Enxuta através de educação e treinamento (seminários, leituras, visitas a outras empresas, etc.) irá resultar em melhor capacidade de observação e modificações mais precisas no processo. A excelência, porém, não é alcançada apenas assistindo a um seminário ou lendo um livro. Ela é obtida tentando algo, observando os resultados, melhorando os processos e tentando outra vez. Esse processo continua até que todas as variáveis sejam levadas em conta e o processo seja controlável, com resultados previsíveis. Um programa de educação e treinamento busca elevar, sistematicamente, a conscientização e os níveis de experiência dos empregados da empresa para assumirem com mais eficácia suas responsabilidades. Como diz CARLZON [1994]: *“Um indivíduo sem informações não pode assumir responsabilidades; um indivíduo que recebeu informações não pode deixar de assumir responsabilidades”*.

É necessário estabelecer um programa de educação e treinamento para a gerência, operários, fornecedores e clientes. Cada aspecto do desenvolvimento do sistema Manufatura Enxuta depende de pessoas que trabalhem mais produtivamente, mais integradas à empresa como um todo, ajudando a melhorar continuamente o sistema. O programa de educação e treinamento pode começar com seminários a respeito da Manufatura Enxuta, cursos, livros, visitas a outras empresas, mas o processo deve ser contínuo, uma atividade para ser vivenciada quase que diariamente.

Os gerentes precisam ser treinados para adquirirem visão sistêmica e entenderem como a Manufatura Enxuta funciona e que mudanças gerenciais são necessárias. A implementação, normalmente, requer mudanças no estilo de administrar, focalizando a melhoria dos processos e incentivando o trabalho em equipe, com objetivos comuns.

Com relação à mudança cultural necessária a uma implementação eficaz da Manufatura Enxuta, LUBBEN [1989] faz o seguinte comentário: *“A mudança do estilo de administrar ou da cultura organizacional não pode ser conseguida de fora. Para a mudança ser efetiva e duradoura ela deve vir de dentro. A função de educação e treinamento, dessa forma, é fornecer valores, ferramentas e razões para a gerência efetuar as mudanças”*.

O esforço educacional para a gerência deve, segundo HALL [1988], estar voltado para o exercício da liderança no chão de fábrica, assim comenta o autor: “*A excelência da manufatura exige a liderança do gerenciamento da linha. O esforço não pode ser integrado sem ela. A responsabilidade no ponto de ação a exige*”. A introdução dos operários nos conceitos do sistema de Manufatura Enxuta deve ser feita de maneira que permita que cada indivíduo se torne parte efetiva do processo de mudança e se comprometa com uma implementação bem sucedida do sistema. Para isso, segundo LUBBEN [1989], é preciso educá-los e treiná-los para entenderem:

- a necessidade de um sistema *Just In Time* (Manufatura Enxuta);
- como a sua participação no processo irá melhorar o desempenho da empresa;
- como o melhor desempenho da empresa os ajudará;
- as novas regras e os novos procedimentos; e
- que as dificuldades que surgem durante o processo de implementação são normais e que o comprometimento de todos é necessário para a solução dos problemas.

Este processo de formação pode ser iniciado pela produção de um manual que esboce as metas da Manufatura Enxuta, forneça as linhas mestras do programa e responda muitas das questões que os operários irão fazer. A educação e treinamento devem ser apresentados com apoio, confiança e entusiasmo suficiente para envolver os operários. Além disso, duas atitudes por parte das gerências são fundamentais para o efetivo envolvimento dos operários:

- Transparência das ações; e
- Delegação de autoridade aos operários nos limites do processo em que atuam.

Sem esta postura gerencial, verdadeira transformação administrativa, não será obtido o comprometimento dos operários e, como os gerentes de linha sabem, nenhum sistema irá funcionar sem o comprometimento do operário. Os gerentes não podem esquecer que o mais eficaz meio de formação é o exemplo pessoal do dia a dia.

A educação e treinamento para os fornecedores deve ser no sentido de envolvê-los para que se tornem fornecedores Manufatura Enxuta. Normalmente este processo começa com seminários para despertar o interesse e a confiança dos fornecedores. À medida que o interesse e a participação dos fornecedores for aumentando, começa-se um processo de acompanhamento, por parte de uma equipe de especialistas da empresa, que darão aos fornecedores treinamento nas

suas próprias instalações. Além do treinamento, esta equipe será responsável pela ligação entre a empresa e o fornecedor, durante a fase de formação, até que este tenha condições de se desenvolver por conta própria.

A educação e treinamento para a Manufatura Enxuta começa durante a fase inicial e irá atingir todos, direta e indiretamente, envolvidos no sistema. É fundamental que todos participem desse processo de mudança, mas o melhor lugar para se iniciar é o topo. A razão para isso é que, enquanto a alta administração da empresa não se convencer de que a única forma de se implementar a Manufatura Enxuta é mudando as práticas produtivas e o estilo de administrar - trabalhando na cultura da organização para o desenvolvimento de valores que suportam a Manufatura Enxuta - as transformações necessárias para se desenvolver vantagens competitivas não ocorrerão.

Uma necessidade fundamental para o sucesso da implementação da filosofia de Manufatura Enxuta é a organização desenvolver a capacidade de se adaptar rapidamente às necessidades do mercado. Para os administradores que vivem do sucesso do passado, TOFFLER [1985] faz uma observação: *“Os próprios produtos, procedimentos e formas organizacionais que as levaram (as empresas) ao sucesso no passado muitas vezes se tornam a sua ruína. Na verdade, a primeira regra da sobrevivência é bem clara: nada mais perigoso do que o sucesso de ontem”*. E falando sobre a empresa flexível comenta: *“A empresa flexível, portanto, exige uma nova espécie de liderança. Precisa de « executivos de adaptação », dotados de todo um conjunto de talentos novos e não lineares.[...] Acima de tudo, o executivo flexível deve ser capaz de ação radical - estar disposto a pensar além do concebível, a reconceituar produtos, procedimentos, programas e propósitos, antes que as crises tornem inevitáveis as mudanças drásticas”*.

Uma vez que a alta gerência da fábrica tenha se tornado mais consciente, eles desenvolverão um senso mais apurado do que há de errado com o *status quo*. Este senso de mudança começa então a cascatear para as médias gerências até os operadores de produção. Será esta consciência a energia necessária para se desenvolver vantagens competitivas.

A educação e treinamento devem ser apresentados com o apoio, confiança e entusiasmo suficientes para envolver todos os funcionários. Este envolvimento pode ser o começo do processo de desenvolvimento de uma visão compartilhada do empreendimento, quando, através de ações honestas e transparentes, todos podem adquirir a consciência de que com a

implementação do sistema de Manufatura Enxuta todos ganham. Este processo de visão compartilhada é fundamental para gerar comprometimento, sem o qual a implementação do sistema não dará os frutos esperados, [ALVES, 1995].

As mudanças de paradigmas necessárias para suportar e desenvolver o sistema de Manufatura Enxuta normalmente encontram resistências, principalmente ao nível da média gerência. As razões para essa resistência às mudanças podem estar relacionadas com o fato de que esses gerentes passaram a maior parte de suas carreiras aprendendo e implementando um programa que até então vinha apresentando bons resultados. Isso exige paciência dos implementadores, associada a uma inexorável determinação de manter um programa de educação e treinamento, até que os primeiros resultados positivos apareçam e sirvam para realimentar a confiança de todos no novo sistema. Aqui, também, se faz imprescindível a presença firme e determinada da alta gerência no sentido de se fazer as mudanças de pessoas que forem obstáculos objetivos na transformação da cultura da organização, [ALVES, 1995]. Uma abordagem complementar sobre a mudança de mentalidade para a suportar uma manufatura de classe mundial será desenvolvida no Capítulo 6, item 6.3.

5.3 As ferramentas *lean* para combater os desperdícios da produção

Em paralelo com a educação e treinamento, a Manufatura Enxuta emprega, com força total, um ataque sobre todas as atividades do processo produtivo, para eliminar os desperdícios e aumentar a produtividade. Algumas das ferramentas utilizadas pela Manufatura Enxuta são:

- 1 - Organização do local de trabalho - 5 “S’s”
- 2 - Fluxo contínuo e *Kanban*
- 3 - Nivelamento da produção
- 4 - Garantia da Qualidade
- 5 - Manutenção Produtiva Total
- 6 - Redução de *setup*
- 7- Automação racional
- 8 - Produção celular e operador flexível

Estas ferramentas não são estanques, guardam entre si uma interação e interdependência, caracterizando um sistema de gestão do processo produtivo. A Garantia da Qualidade por apresentar um escopo de configuração e implementação mais amplo será tratada em separado no Capítulo 6.

5.3.1 Organização do local de trabalho – 5S's

Um esforço inicial importante para passar de um ambiente de fábrica tradicional para um ambiente de fábrica segundo a Manufatura Enxuta é a implementação dos conceitos básicos da organização do local de trabalho. A implementação dos 5 “S’s” começa pela fábrica, mas as suas repercussões estendem-se por toda a organização. Esta ferramenta faz parte da exigência de visibilidade da Manufatura Enxuta, ou seja, tornar visíveis os problemas onde quer que possam existir.

HALL [1988], ao falar sobre a organização do local de trabalho, como preparação para a implementação do sistema *Just In Time* faz o seguinte comentário: *“A primeira impressão da organização do local de trabalho é que ela é uma coisa insignificante, a nível de fábrica, à qual apenas os operários e os supervisores precisam prestar atenção. A gerência deve se concentrar nos sistemas e planos de ação, as idéias mais complexas e avançadas do Just In Time. O Just In Time, na verdade, começa com os fundamentos, os quais não são apenas métodos de fábrica, mas fundamentos dos planos de ação e práticas da empresa, refletidos na atividade da fábrica”*.

Assim, os cinco conceitos da organização do local de trabalho são os fundamentos sobre os quais se assenta a Manufatura Enxuta. Eles são sumarizados a partir de cinco palavras que em japonês romanizado começam com “S”.

1º - Seiri (organização) - É o “senso de utilização”. Tudo o que não for necessário para a atividade de produção no futuro próximo deve ser removido. Pode ser o inventário de material em processo, excesso de equipamento, ferramental, material de uso pessoal, etc. Os materiais ou equipamentos com problemas ou disponíveis são identificados. A consequência desta atividade é a liberação de espaço e materiais, que poderão ser aproveitados por outras áreas, motivando medidas gerenciais que contribuirão para a melhoria dos processos.

2º - Seiton (locação) - É o “senso de tudo no seu lugar”. Cada coisa deve ter o seu lugar para que, sendo necessária, seja encontrada facilmente. O principal objetivo da locação é criar a habilidade de detectar que algo não está onde deveria estar, ou seja, é de novo a exigência da visibilidade. A locação procura: demarcar, provisoriamente, o lugar de cada objeto; melhorar o acesso a esses objetos e às informações gerais; devolver as coisas freqüentemente usadas para uma locação fixa padrão; manter os objetos (ferramentas, equipamentos, materiais, pastas de documentos etc.) que são usados em conjunto, agrupado num mesmo local. Esta atividade leva os gerentes a projetar melhorias para otimizar o processo produtivo.

3º - Seiso (limpeza) - É o “senso de que a limpeza é fundamental para a melhoria”. Um local de trabalho limpo transmite a mensagem de que ali se procura trabalhar com qualidade. Deve-se limpar adequadamente as máquinas, dispositivos, equipamentos, chão, paredes, teto etc. Limpeza suficiente para evitar problemas da qualidade e manutenção, limpeza suficiente para evitar problemas de saúde e segurança. O gerente deverá procurar reduzir sistematicamente os tempos de limpeza.

4º - Seiketsu (padronização) - É o “senso de conservação”, pois a definição de padrões é fundamental para a manutenção dos progressos alcançados pelo grupo. Trata-se de definir padrões e procedimentos para as melhorias alcançadas. Demarcar, definitivamente, as áreas para as máquinas, ferramentas, materiais, etc.; registrar os padrões definidos (pasta com fotos, procedimentos de organização e limpeza); fomentar em todas as pessoas o zelo em manter as melhorias obtidas.

5º - Shitsuke (disciplina) - É o “senso de responsabilidade”, já que o treinamento com os padrões definidos pelo grupo é fundamental para o cumprimento dos compromissos assumidos. Disciplina é trabalhar consistentemente através de regras e normas de organização, locação e limpeza. Trata-se de valorizar o espírito de equipe, eliminando a necessidade de fiscalização externa (os membros da equipe são os responsáveis); incentivar a autodisciplina; eliminar a insegurança nas ações pessoais e consolidar a cultura dos 5 “S’s”.

Todas estas atividades, especialmente as três primeiras, deverão ser desenvolvidas e realizadas pelos próprios operários; eles deverão ser educados e treinados para assumirem essa responsabilidade. O envolvimento dos operários com todas as atividades relacionadas à operação

de uma estação é fundamental para desenvolver o hábito de trabalho em grupo e fortalecer o comprometimento.

O impacto da implementação dos 5 “S’s” face aos objetivos da Manufatura Enxuta é muito positivo: redução de custos, pois muitos materiais e equipamentos disponibilizados por um setor produtivo podem ser aproveitados por outro; áreas no chão-de-fábrica que são liberadas para novos negócios; o ambiente mais leve, a localização rápida da ferramenta necessária, a padronização de ferramentas e o trabalho em equipe ajudam a melhorar a qualidade e tornam os processos mais eficientes.

5.3.2 Fluxo contínuo e *Kanban*

Tempo *takt*

Um parâmetro essencial para a estruturação do processo produtivo é o tempo *takt*. Este é o tempo dentro do qual a empresa deve produzir uma unidade de produto, baseado na taxa de vendas, e atendendo aos requisitos do cliente.

O tempo *takt* é utilizado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo de vendas, tornando-se a pulsação de qualquer sistema enxuto. É um número de referência que leva o gerente a identificar o ritmo no qual cada processo necessita estar operando, como está a sua performance atual e o que fazer para torná-lo mais eficaz. O tempo *takt* é calculado dividindo o tempo de produção disponível pelo índice da demanda do cliente. Por exemplo, se o cliente necessita de 480 peças por dia e a fábrica opera 480 minutos por dia, então o tempo *takt* será de um minuto.

Produzir de acordo com o tempo *takt* requer:

- Ambiente organizado, com controle da qualidade, para fornecer resposta rápida (dentro do tempo *takt*) para os problemas;
- Eficiente sistema de manutenção (Manutenção Produtiva Total - MPT) para eliminar as causas de parada de máquina não planejadas; e
- Reduzir tempos de *setup* numa ordem de prioridades.

Fluxo contínuo

O fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez, com cada item sendo passado imediatamente para de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada entre eles. ROTHER e SHOOK [1999] enfatizam que o fluxo contínuo é o modo mais eficiente de produzir e todos os esforços devem ser envidados para implementá-lo. Na Figura 5.3 os autores procuram ilustrar a vantagem de um fluxo contínuo – fluxo enxuto de valor, sem formação de estoques - em relação ao sistema convencional de empurrar a produção, formando inventário ao longo do processo produtivo.

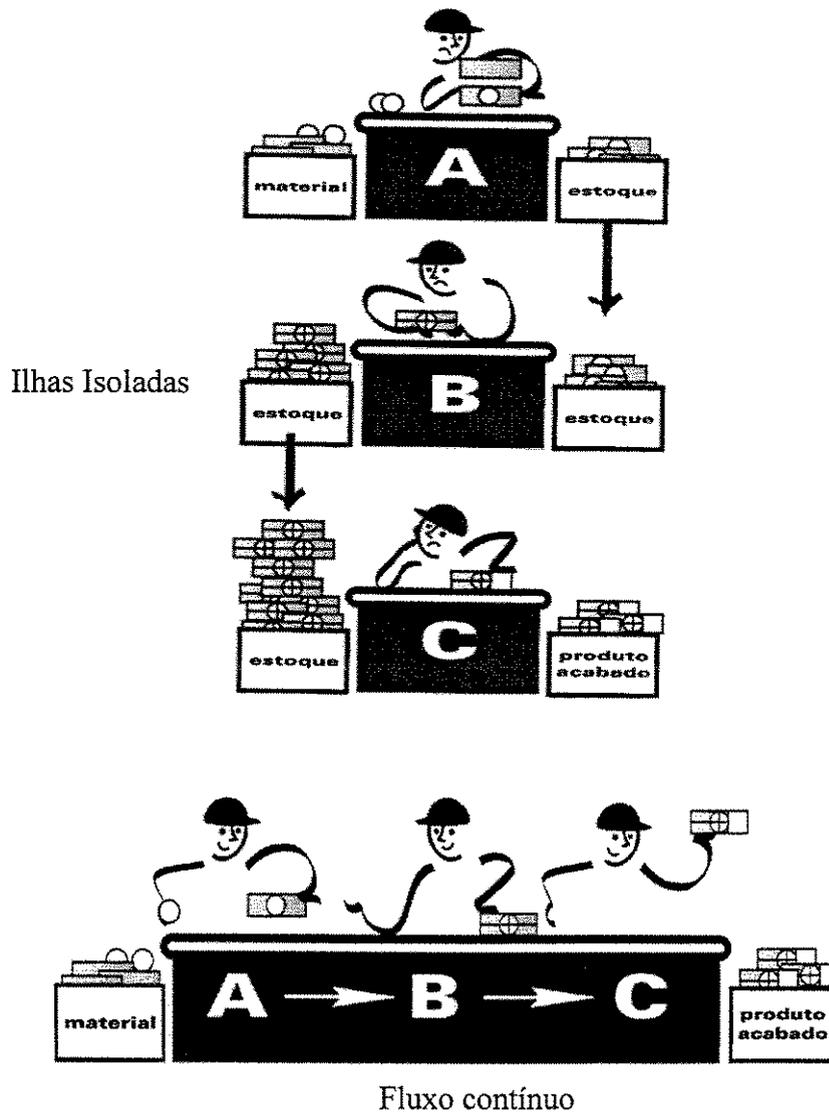


Figura 5.3 – Fluxo contínuo versus ilhas isoladas

O sistema puxado com base em supermercado - *Kanban*

O *Kanban* é uma ferramenta gerencial de controle da produção através do uso de cartões, onde quem determina a fabricação do lote de um centro produtivo é o consumo das peças realizado pelo centro produtivo subsequente. A palavra *Kanban*, em japonês, possui vários significados, tais como: cartão, símbolo ou painel. De modo geral, *Kanban* é um sistema de controle da produção.

O objetivo do *Kanban* é minimizar os estoques do material em processo, produzindo em pequenos lotes somente o necessário, com qualidade, produtividade e no tempo certo.

A fábrica japonesa Toyota Motor Company foi a pioneira na execução do controle da produção através de cartões. Seu idealizador, Taiichi Ohno, se inspirou no sistema de funcionamento dos supermercados americanos, sendo por isso também conhecido como *Supermarket System*.

Tradicionalmente, o departamento de programação e controle da produção “explode” o produto final em diversas ordens de serviço e distribui uma programação para todos os centros produtivos envolvidos. Estes centros executam as operações previstas e fornecem as peças processadas para os centros posteriores. Este sistema é conhecido como *push system*, ou seja, sistema de “empurrar” a produção.

No sistema *Kanban* a produção é comandada pela linha de montagem final. A linha de montagem recebe o programa de produção e, à medida em que ela vai consumindo as peças necessárias, vai autorizando aos centros de produção antecedentes a fabricação de um novo lote de peças. Esta autorização para a fabricação de novas peças é realizada através do cartão *Kanban*. Este é o *pull system*, ou seja, sistema de *puxar* a produção.

O *Kanban* é um sistema de produção em lotes pequenos. Cada lote é armazenado em recipientes padronizados (contenedores), contendo um número definido de peças. Para cada lote mínimo contido no contenedor existe um cartão *kanban* correspondente. As peças dentro dos recipientes padronizados, acompanhadas do seu cartão, são movimentadas através dos centros produtivos, sofrendo as diversas operações do processo, até chegarem sob a forma de peça acabada à linha de montagem final. O sistema *kanban* mais difundido atualmente é o sistema de dois cartões, um deles denominado *Kanban* de produção e o outro *Kanban* de retirada. O *Kanban*

de produção dispara a produção de um pequeno lote de peças de determinado tipo, em determinado centro de produção da fábrica.

Não existe um modelo padronizado de cartão, mas, em geral, contém as seguintes informações: código da peça, descrição da peça, quantidade de peças representada pelo cartão, tamanho do lote a ser produzido, centro de produção responsável e local de armazenagem. A Figura 5.4 mostra um modelo de *Kanban* de produção. Nenhuma operação de produção é normalmente autorizada sem que haja um *Kanban* de produção autorizando.

KP – Kanban de produção
Código – AL-235
Descr. – Placa tipo 28
Lote – 16 placas
C.P. – Célula F-28
Arm. – F-28

Figura 5.4- *Kanban* de Produção

O *Kanban* de retirada autoriza a movimentação do material pela fábrica, do centro de produção que produz determinado componente para o centro de produção que consome este componente. Este cartão contém, em geral, as mesmas informações do *Kanban* de produção, acrescentado da indicação do centro de produção de destino. A Figura 5.5 mostra um modelo de *Kanban* de retirada. Nenhuma atividade de movimentação é executada sem que haja um *Kanban* de retirada autorizando.

KR – Kanban de Retirada
Código – AL-235
Descr. – Placa tipo 28
Lote – 16 placas
C.P de origem – Célula F-28
C.P de destino – Linha L-10

Figura 5.5 - *Kanban* de Retirada

A Figura 5.6, ROTHER e SHOOK [1999], mostra como o sistema *kanban* controla a produção. O fornecedor A é ligado ao seu cliente através de um sistema puxado baseado em supermercado. O processo cliente vai ao supermercado e retira o que precisa e quando precisa. O processo fornecedor produz para reabastecer o que foi retirado.

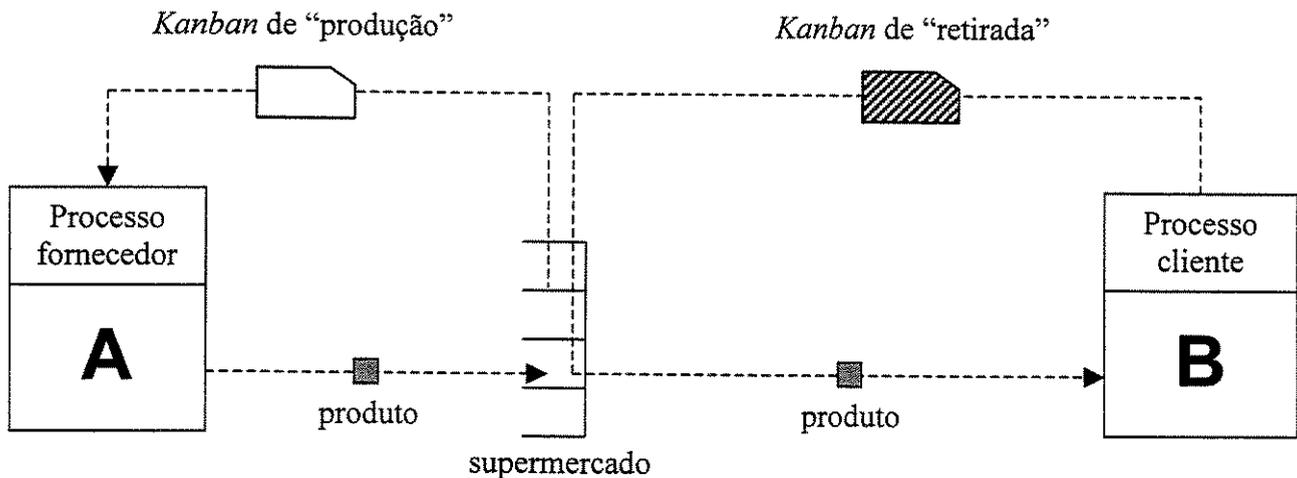


Figura 5.6 – O fluxo do *kanban* na produção

O objetivo de um sistema puxado entre dois processos é ter uma maneira de dar a ordem exata de produção ao processo anterior, sem tentar prever a demanda posterior e programar o processo anterior. A Manufatura Enxuta prescinde dos elementos do MRP que procuram programar as diferentes áreas do processo produtivo, mas deixa que as retiradas do processo posterior do supermercado determine quando o processo anterior vai produzir e em que quantidade.

Controle FIFO ou CONWIP

Em alguns casos pode-se usar um sistema PEPS (primeiro a entrar, primeiro a sair), mais conhecido FIFO (*first in, first out*), entre dois processos separados para substituir um supermercado e manter um fluxo entre eles. Uma linha FIFO é como um canaleta que pode armazenar somente uma quantidade limitada de estoque, com o processo fornecedor na entrada do canaleta e o processo cliente na saída. Se a linha FIFO encher, o processo fornecedor para de produzir pois nenhum *kanban* adicional é enviado ao processo anterior.

Este sistema de controle da produção é também conhecido como CONWIP (*Constant Work-In-Process*) e designa uma forma de controle que limita o número total de peças dentro do sistema ao mesmo tempo. A Figura 5.7, BONVIK [1999], ilustra a configuração de um controle CONWIP ou FIFO.

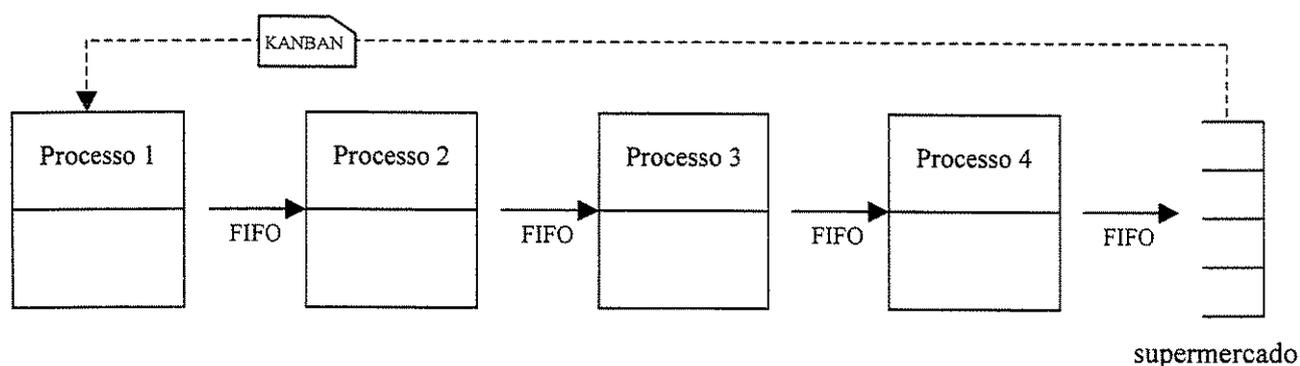


Figura 5.7 – O controle da produção via FIFO ou CONWIP

BONVIK [1999] explica que quando as partes são liberadas, elas são processadas até chegarem em um supermercado final. Assim como o *kanban* as peças só são liberadas sob demanda, ou seja, o sistema continua puxando. A diferença é que não há supermercado entre processos, não há estoque intermediário, o material flui diretamente para o supermercado final. Conforme mostra a Figura 5.7, quando o supermercado fica cheio nenhum *kanban* é mais liberado para processo 1.

Determinação do número de cartões Kanban

O número de cartões *Kanban* e a quantidade representada por cartão estão diretamente relacionados com a velocidade do consumo da linha de montagem (tempo *takt*) e o tempo de reposição necessário ao ressuprimento dos lotes. O ideal é o balanceamento perfeito entre os centros de produção e o consumo da montagem final. Se o consumo da montagem final for mais rápido do que a velocidade de reposição dos lotes, ocorrerá a inevitável paralisação da linha de montagem. No caso inverso, haverá um aumento de estoque do material em processo.

Vantagens do *Kanban*

O *Kanban* como sistema de controle da produção, através do método de *puxar* a produção, apresenta inúmeras vantagens:

1 - O inventário é limitado e controlado pelo número de cartões *Kanban* em circulação: Este fato é resultante do esquema de funcionamento do sistema, onde a autorização para fabricação é dada através do cartão. Não havendo consumo, os cartões não recirculam e o processo de produção automaticamente se interrompe.

2 - A eficácia do sistema é medida pela adequada redução do número de cartões em circulação: À medida que vai sendo ampliado o escopo do programa Manufatura Enxuta e aumenta a eficiência do sistema, o número de cartões pode ser gradativamente reduzido, possibilitando avaliação do progresso da implementação.

3 - As necessidades de reposição são identificadas visualmente: Uma vistória nos escaninhos dos cartões *Kanban* ou uma contagem dos contenedores permite imediata visualização da situação.

4 - A burocracia é substancialmente eliminada: recirculação permanente dos cartões *Kanban* elimina a necessidade de emissão ordens de serviço, restrições de material, documentos de transferência e outros tipos de controle.

5 - O sistema força a melhoria da qualidade do processo produtivo: Como o *Kanban* trabalha com estoque mínimo, procurando, continuamente, reduzi-lo mais, não é possível conviver com peças defeituosas, pois isso implicaria em paradas constantes do processo produtivo, uma vez que a Manufatura Enxuta não “passa por cima” dos problemas, mas torna-os visíveis para serem atacados nas suas causas.

Segundo a experiência de empresas manufatureiras no mundo inteiro, o *Kanban* deve ser implementado gradualmente, ao mesmo tempo que se promove o aprimoramento do processo produtivo. A redução rápida dos estoques em processo pode levar a situações complicadas do ponto de vista gerencial, como, por exemplo, o não cumprimento dos prazos com os clientes, provocando o descrédito dos funcionários no sistema. Isto acontece porque o sistema torna rapidamente visíveis os problemas, exigindo um bom preparo gerencial para administrá-los.

5.3.3 Nivelamento da produção

O conceito de nivelamento da produção está intrinsecamente associado à produção de lotes pequenos. Todas as ferramentas vistas até agora constituem a base necessária para a produção de pequenos lotes, transformando a fabricação num sistema extremamente flexível.

Durante o período de produção em massa, os gerentes de produção trabalharam segundo a premissa de que os altos custos de preparação de máquinas deveriam ser compensados por grandes lotes de produção. Os japoneses desafiaram esta teoria e, através das ferramentas gerenciais anteriormente descritas, adquiriram a condição de produzir em pequenos lotes de forma econômica. Este fato em muito contribuiu para descongestionar as áreas de fabricação, eliminando gargalos e possibilitando ao setor de produção um atendimento mais rápido às necessidades do mercado.

Nivelar ou estabilizar a produção significa, na prática congelar o programa diário de produção, por um certo período para que se produza exatamente o mesmo “mix” de produtos na linha final de montagem, ao longo daquele período. Para empresas com grande variedade de itens este nivelamento é feito diariamente, seguindo uma prioridade sincronizada com os pedidos dos clientes. Em linhas gerais, o nivelamento da programação da montagem final é desenvolvido como mostra a Figura 5.8, RIBEIRO [1989].

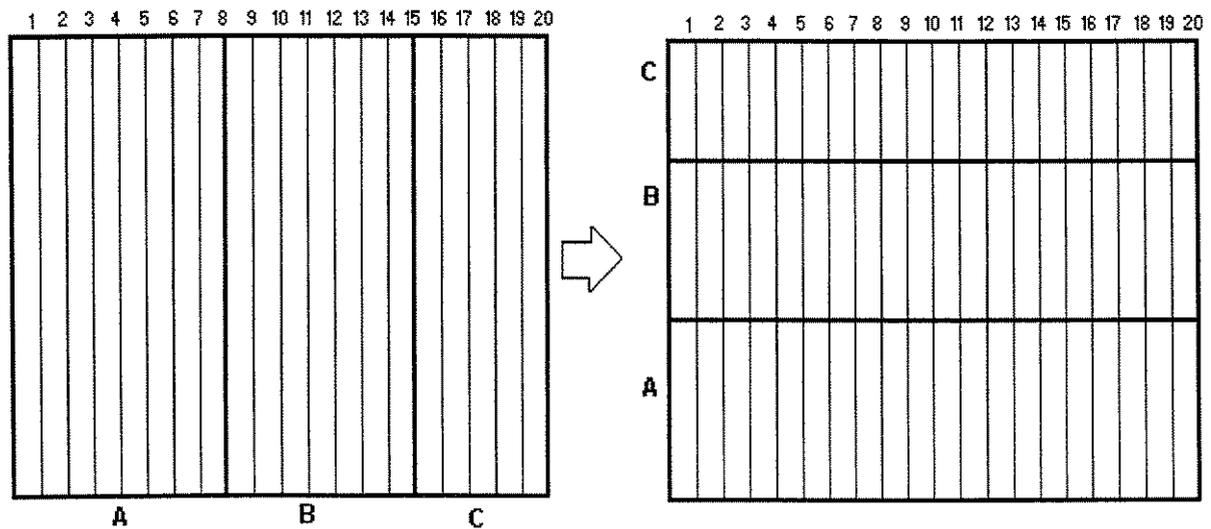


Figura 5.8 - Nivelamento da produção

O quadro à esquerda mostra que o produto A foi produzido durante os oito primeiros dias úteis do mês, o produto B, nos sete dias úteis seguintes e o produto C, nos cinco últimos. No quadro à direita temos a mesma configuração de vinte dias, mas os produtos A, B e C passam a ser montados diariamente. O tempo necessário para se produzir o produto A é de 40% das horas diárias, para o produto B é 35% e para o produto C é de 25%. A fabricação mesclada dos produtos A, B e C ao longo do mês permite aos setores de fabricação alimentar a montagem final de forma constante e, ao mesmo tempo, reduzir o estoque de peças fabricadas. O lote de fabricação passaria a ser igual à demanda diária da peça e não baseado na demanda mensal como se fazia na produção em massa.

É da responsabilidade do gerente da linha de produção a alocação das diversas tarefas necessárias à execução completa da montagem final. Se a linha de montagem estiver nivelada, todas as estações de trabalho anteriores também estarão. Para conseguir a flexibilidade necessária a uma produção uniforme, nivelada, a gerência da linha do sistema Manufatura Enxuta apresenta algumas características especiais:

- **Utilização de mão-de-obra flexível** - Utilizando trabalhadores flexíveis, multifuncionais, a linha de produção pode ser nivelada com mais facilidade, pois os trabalhadores podem ser deslocados para os pontos de maior carga de trabalho, sem que seja necessário um período de aprendizagem.
- **Autonomia (*empowerment*) para os supervisores** - Os supervisores da produção Manufatura Enxuta têm autonomia para modificar o mix de produção, assim que percebam a ocorrência de gargalos, devido às variações da demanda.

5.3.4 Manutenção Produtiva Total - MPT

Uma das crenças da visão *taylorista* era de que os operários deveriam se especializar apenas em tarefas de produção direta: carregar e descarregar as máquinas, apertar o seu botão de acionamento, soldar os componentes eletro-eletrônicos numa placa, testar a sua funcionalidade, etc. Com isso, as fábricas viram-se forçadas a contratarem ou treinarem um novo trabalhador de elite: o técnico de manutenção.

Pensando na produtividade, esta concepção sempre produziu bons resultados, desde que a máquina ou o equipamento estivesse funcionando. O problema era que as máquinas, com frequência, não estavam funcionando. Sempre que ocorria uma quebra de máquina ou uma troca de ferramenta se fazia necessária, o operador e a máquina tinham que permanecer ociosos até que o especialista em manutenção dispusesse de tempo. Isto sempre representou um desperdício, tendo como consequência uma elevação do custo do processo produtivo, aumentando os tamanhos dos lotes, estoques, horas extras, etc.

A Manufatura Enxuta ataca este problema procurando reduzir os custos, através da Manutenção Produtiva Total - MPT, enfocando o aspecto preventivo e tornando visíveis os problemas. Procura, através de um programa regular, manter *disponíveis* as máquinas, equipamentos, calibradores, ferramentas, etc. É importante que todos os medidores estejam calibrados e aferidos. Sem a medição correta a capacidade do processo fica comprometida.

Explicando a MPT, RIBEIRO [1989] esclarece que: *“O tradicional conceito usado nos setores produtivos de que máquina não pode parar traz, geralmente, como consequência, a produção de excessos, acarretando a formação de pontos de estrangulamento durante o ciclo de fabricação. A Manufatura Enxuta preconiza o conceito de máquinas em disponibilidade, enfocando o ângulo da eficiência máxima do conjunto homem-máquina-ferramenta, no momento exato do surgimento da necessidade. Produzir na hora certa, na quantidade correta, com qualidade, sem interrupção, passa ser a orientação seguida pelo setor de produção”*.

A Manutenção Produtiva Total é um programa de manutenção no qual os operadores participam ativamente na preservação das máquinas e equipamentos, com o objetivo de garantir que o fluxo de produção seja suave e contínuo. A Manufatura Enxuta encara a manutenção como uma atividade que deve preservar as máquinas, equipamentos e ferramentas, ajudar na qualidade dos produtos, aumentar a participação dos operários - o que é importante para fortalecer o comprometimento - e proporcionar redução de custos do processo produtivo. Uma maior disponibilidade de máquinas ajuda, também, a flexibilizar o processo produtivo, suportando a necessidade de uma produção diversificada. Portanto, o MPT é uma ferramenta totalmente voltada para os objetivos da Manufatura Enxuta no chão-de-fábrica.

A participação dos operadores na manutenção preventiva dos equipamentos é importante e altamente desejada. Eles não devem ser responsáveis pela reparação completa dos

equipamentos, pois isso, prejudicaria o fluxo de produção, mas por cuidar da prevenção e reparos leves. Os operadores que ajudam a cuidar do equipamento o entendem melhor e é menos provável que abusem dele. Aqueles que fazem a limpeza, lubrificação e troca de ferramentas vêem coisas despercebidas por outros que não o fazem e tornam-se sensíveis a qualquer alteração insignificante no som ou movimento, que pode significar um desvio potencial da operação normal.

O MPT é um programa que se apóia fortemente na exigência de visibilidade, característica marcante da filosofia Manufatura Enxuta. HARMON [1993] comenta que aprendeu sobre visibilidade rápida e de baixo custo, ao trabalhar em fábricas japonesas. Nessas fábricas, cada vez que uma máquina quebrava a mesma era carimbada com uma mancha de tinta rosa, grande e brilhante. Assim, qualquer um na companhia, do presidente para baixo, não tinha dificuldade em identificar as máquinas com problemas de manutenção e quais prioritariamente se beneficiariam dos esforços para a solução dos problemas.

HARMON [1993] resume em quinze itens as principais mensagens de um programa de Manutenção Produtiva Total:

- 1 - É de se esperar que os operadores das máquinas e montadores realizem a sua própria manutenção preventiva, devendo fazê-lo nos períodos em que, de outra forma, estariam ociosos. Isso ajuda a tornar a manutenção preventiva quase gratuita.
- 2 - Orientados pelos especialistas em manutenção, os operadores das máquinas e montadores podem, rapidamente, aprender a realizar as tarefas de reparo simples e rotineiras (como o desmonte e o remonte da máquina) na parte da máquina em que existe um problema. Os operadores rapidamente se tornarão mais peritos nessas tarefas do que os especialistas em reparos. Em vez de permanecerem ociosos, enquanto os reparadores trabalham, os operadores podem realizar parte do reparo necessário.
- 3 - Um novo papel dos especialistas em manutenção deve ser o treinamento e a supervisão dos operadores das máquinas, nos trabalhos de manutenção e reparo. No passado, um especialista só conseguia lidar com uma máquina de cada vez. No futuro, o especialista poderá manter reparos de diversas máquinas, simultaneamente em andamento, supervisionando periodicamente o trabalho de reparo de cada operador, em vez de executá-lo pessoalmente.

4 - Outro novo papel do especialista em manutenção será o desenvolvimento e a instalação de mecanismos de manutenção rápida (por exemplo, mecanismos de rápida remoção/adaptação para remover as tampas das máquinas e substituir componentes como motores).

5 - Os especialistas em manutenção podem aproveitar parte do tempo liberado (em consequência do trabalho de manutenção e reparo executado pelos operadores) para desenvolver métodos de manutenção à prova de erros. Esses métodos eliminariam os erros e omissões dos operadores ao realizarem a manutenção preventiva.

6 - Toda fábrica deve fomentar o desenvolvimento de seus próprios projetistas e construtores de máquinas habilidosos. As inovações mais importantes do mundo advêm da invenção de novas máquinas e novos processos, capazes de produzir novos produtos de forma mais econômica. Os fabricantes superiores do século XXI somente atingirão esse patamar se contarem com esses importantes recursos humanos.

7 - Toda fábrica precisa ter planos sistemáticos e um pessoal habilitado para a restauração periódica das máquinas. Mesmo os melhores procedimentos de manutenção preventiva não conseguem impedir o contínuo desgaste dos componentes em movimento. Os componentes eletrônicos também se deterioram, porque estão continuamente sujeitos a variações de temperatura. A melhor forma de retornar máquinas deterioradas através do uso à condição original é pela restauração.

8 - O provisionamento antecipado de peças de reposição e a organização de equipes de desmonte/montagem podem reduzir fortemente o tempo e o custo da restauração de máquinas. Um número exagerado de companhias passa a provisionar as peças depois de ocorrida uma pane desastrosa e emprega apenas uma ou duas pessoas na restauração.

9 - O máximo de peças de reposição possível deve ser transferido do depósito centralizado para a subfábrica ou célula da máquina. Essa medida reduz substancialmente o tempo desperdiçado na busca das peças e ajuda a cortar o tempo de paralisação da máquina.

10 - As equipes de operadores devem ser responsáveis pela manutenção de um suprimento razoável de peças de reposição específicas das máquinas de suas subfábricas ou células. É mais fácil para eles do que para o almoxarife central saber a frequência dos problemas com os itens. Destarte, eles conseguirão manter os estoques em níveis adequados, não exagerados.

11 - Especialistas em máquinas deveriam se envolver mais ativamente no desenvolvimento de especificações de novos recursos das máquinas relacionados à manutenção de baixo custo e gratuita. O desempenho de uma máquina, em termos do seu tempo de funcionamento, e os recursos de manutenção efetivos e de baixo custo deveriam ser fatores primordiais na seleção de fontes únicas de fornecimento de máquinas.

12 - A longo prazo, a escolha de fontes únicas de fornecedores de máquinas ajudará na padronização dos procedimentos de manutenção e reparo, bem como na redução da variedade de peças de reposição armazenadas, simplificando-se grandemente as operações de manutenção.

13 - O acompanhamento e a contabilização dos custos dos pedidos de reparo de máquinas deixarão de ser necessários. O gerente da pequena subfábrica focalizada e as equipes das células participarão dos reparos e se responsabilizarão por eles, de modo que sempre saberão automaticamente do seu andamento. Já que eles realizarão a maioria dos trabalhos de manutenção, transferir os custos de reparo do departamento de manutenção central para o departamento beneficiado já não será preciso no mesmo grau.

14 - Através de uma tinta brilhante, serão destacados os pontos de lubrificação e outros componentes sujeitos à inspeção e manutenção preventiva. Eles serão facilmente visíveis e difíceis de esquecer.

15 - Uma máquina fotográfica digital será utilizada para fotografar partes importantes das máquinas e seus procedimentos de reparo e manutenção. Essas fotografias custam uma fração da produção de desenhos das mesmas partes. E fotos são infinitamente mais fáceis de decifrar do que desenhos formais.

Para a implementação do MPT, a primeira barreira a ser vencida é a conscientização do operador, através de educação e treinamento, para uma mudança de atitude em relação à sua responsabilidade com a manutenção preventiva. Vencida esta dificuldade, os operadores deverão ser submetidos a um contínuo programa de treinamento.

Finalmente, é estratégico considerar que o sistema Manufatura Enxuta procura trabalhar com estoques bem reduzidos e basta um equipamento parado por algumas horas para que todo o processo produtivo seja interrompido. Isto acontecendo com frequência, redundaria na elevação dos custos da produção. Portanto, segundo a Manufatura Enxuta, qualquer iniciativa para

produzir que não seja suportado por um programa bem desenvolvido de manutenção, corre o risco de fracasso no seu objetivo de obter liderança em custo através da redução dos custos do processo produtivo.

5.3.5 Redução de *setup*

A busca da vantagem competitiva em custo leva uma empresa Manufatura Enxuta a reduzir continuamente o tempo de preparação (*setup*) das máquinas e equipamentos, para a produção de lotes pequenos, em resposta as exigências do mercado. A redução do tempo de preparação de máquina é ferramenta chave para se atingir os objetivos da Manufatura Enxuta.

De um modo geral, o tempo é incluído como o mais importante elemento na focalização da Manufatura Enxuta sobre o desperdício e a redução do tempo de resposta é vital para a competitividade de uma empresa.

HARMON e PETERSON [1991] apresentam três razões para justificar a importância da redução dos custos de *setup* de máquina :

1 - Quando o custo de *setup* de máquina é alto, os lotes produzidos também são grandes, e o investimento, resultante em estoques, elevado. Agora, se o custo de conversão é insignificante, torna-se possível produzir diariamente a quantidade estritamente necessária naquele dia, com a virtual eliminação do investimento em estoques decorrentes de grandes lotes.

2 - Com técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas eliminam-se as possibilidades de erros na regulagem de ferramentas e instrumentos. Os novos métodos de *setup*, portanto, reduzem substancialmente os defeitos, ao mesmo tempo em que eliminam a necessidade de inspeção.

3 - Técnicas de conversão rápidas podem ser usadas para tornar disponível uma capacidade adicional da máquina. Se as máquinas estão operando de segunda a domingo, 24 horas por dia, ou quase isso, a redução de tempo de *setup* possibilitará, provavelmente, um ganho de capacidade adicional, protelando-se a compra de novas máquinas.

Além destas considerações, a redução do tempo de preparação torna o processo produtivo mais flexível quanto ao mix de produtos exigido pelo mercado. A redução do tamanho dos lotes, reduz o material em processo e, como consequência, o tempo de resposta ao mercado. Por isso a redução de *setup* é uma ferramenta chave para se atingir os objetivos da Manufatura Enxuta no

chão-de-fábrica. No modelo tradicional do cálculo do lote econômico utiliza-se a fórmula abaixo para a determinação do lote econômico de produção. De acordo com a fórmula o lote econômico é proporcional à raiz quadrada do produto da demanda anual pelo custo de preparação (troca de ferramental), e inversamente proporcional à raiz quadrada do custo de manutenção de estoques.

$$LE = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_P}{C_E}}$$

Onde:

LE = Lote econômico

C_P = Custo de preparação

D = Demanda anual

C_E = Custo de manutenção dos estoques

A Figura 5.9, MONKS [1987], mostra que o custo de manutenção de estoque aumenta proporcionalmente ao tamanho do lote, pois produzindo-se lotes maiores, um estoque será formado para que seja consumido ao longo do tempo.

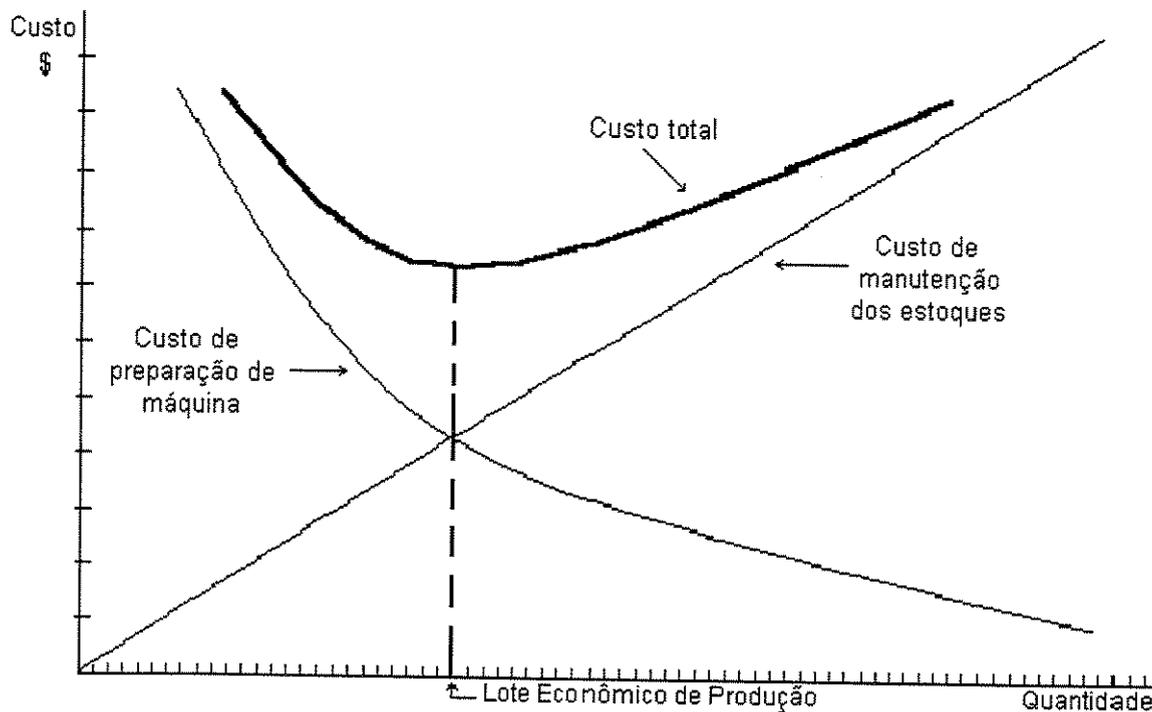


Figura 5.9 – O modelo tradicional de determinação do lote econômico

O custo de preparação do maquinário, sendo fixo, passa a variar relativamente ao tamanho do lote, pois é rateado pelo número de unidades produzidas. O lote econômico, determinado por

esta fórmula, corresponde ao ponto mínimo da derivada da curva do custo total, formada pela combinação destas duas curvas.

Segundo GAITHER e FRAZIER [2001], a Manufatura Enxuta aceita a mesma fórmula para o cálculo do lote econômico, mas questiona os pressupostos por trás desta abordagem. O cálculo tradicional apresenta uma visão limitada dos parâmetros que influem na determinação do tamanho do lote e, como consequência, apresenta uma certa passividade em relação aos custos de preparação de máquina. Grandes lotes econômicos podem provocar excesso de inventário, aumentando o custo financeiro e o *lead time* (tempo de resposta). Tempo de resposta alto pode provocar perda de competitividade e redução da participação no mercado. Além disso, excesso de inventário aumenta os custos com a má qualidade, como ilustra a Figura 4.1, Capítulo 4.

Para a Manufatura Enxuta o lote ideal de produção é aquele que gera menos estoques, ou seja, o lote ideal de produção deve ser igual a 1(um). Para isso, é necessário que o custo com a preparação de máquina seja reduzido continuamente – fixando lotes cada vez menores e trabalhando com custo alvo de preparação - até viabilizar a produção unitária. A Figura 5.10, SIQUEIRA [1990], ilustra a visão da Manufatura Enxuta.

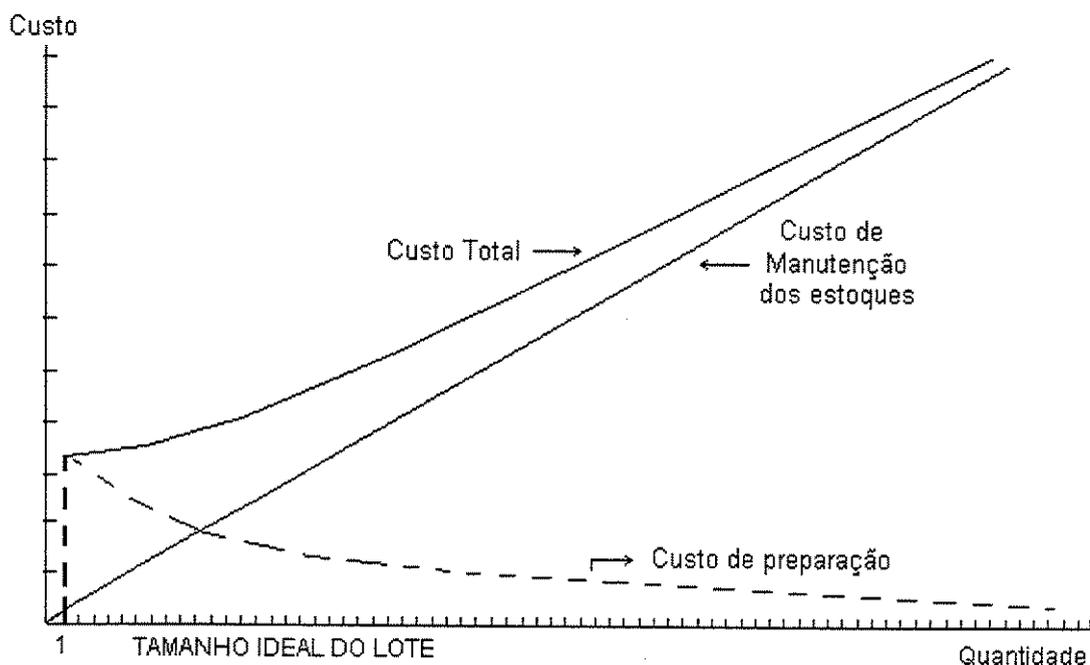


Figura 5.10 - Redução do custo de preparação das máquinas

SHINGO [1985], um dos pioneiros no Japão em redução de *setup* de máquinas, desenvolveu uma técnica bastante difundida no ocidente, denominada *Single Minute Exchange of Die* - SMED. A característica mais importante dessa técnica é a divisão da atividade de troca de ferramental em preparação externa *Outside Exchange of Die* - OED e preparação interna *Inside Exchange of Die* - IED. A preparação interna (*setup* interno) refere-se às ações que inevitavelmente requerem que a máquina esteja parada para que possam ser executadas. A preparação externa (*setup* externo) refere-se às ações que podem ser executadas enquanto a máquina está operando. A experiência em muitas empresas tem demonstrado que apenas com o *setup* externo consegue-se reduzir em até 50% o tempo de preparação.

CORRÊA E GIANESI [1996], aproveitando a técnica de Shingo, recomendam a redução dos tempos de preparação de máquina, através de oito prescrições práticas:

- 1 - Enfocar a redução do tempo de preparação com as mesmas técnicas de engenharia industrial e métodos de melhoria que são aplicados ao projeto do trabalho. Isto significa documentar como o *setup* é feito atualmente (o uso de videoteipe é recomendado) e procurar eliminar passos e reduzir os tempos dos passos remanescentes.
- 2 - Separar criteriosamente o *setup* interno do *setup* externo. Atente para o fato de que apenas o primeiro se refere a atividades que requeiram que a máquina esteja totalmente parada para que sejam realizadas.
- 3 - Converter, na medida do possível, o *setup* interno em *setup* externo. Esta talvez seja a providência prática mais importante na tentativa de reduzir o tempo de preparação a um período de apenas um dígito em minutos (*single-minute setup*). Para isso, deve-se ter todo o material necessário pronto e próximo à máquina antes que o processo de preparação se inicie.
- 4 - Preparar o próximo processo de *setup* cuidadosamente e bem antes do momento em que este será necessário.
- 5 - Modificar o equipamento para permitir uma preparação fácil e uma pequena necessidade de ajustes. Isto significa projetar conexões do tipo macho-fêmea com engate rápido, com múltiplos pinos ou grampos especiais, usar código de cores para identificação de peças e posições, entre outras medidas. Os ajustes representam a maior parcela do tempo de preparação e devem ser reduzidos ao máximo.

6 - Desenvolver métodos de modo a possibilitar a uma só pessoa executar a maior parte do *setup*. Isto significa projetar dispositivos especiais para armazenagem de ferramentas e dispositivos de fixação na mesma altura do ponto em que serão utilizados na máquina, além de usar mesas com roletes para partes pesadas, permitindo um mínimo esforço de movimentação.

7 - Saber para que a máquina deverá ser preparada. Não dar à máquina usos mais variados do que o necessário. Isto significa programar para uma máquina produtos e componentes que utilizem a mesma preparação ou exijam preparação simples na troca de um produto para outro.

8 - Praticar o processo de preparação da máquina. A pratica é tão importante para a redução do tempo de *setup* quanto o é para a redução do tempo de execução das tarefas de operação.

5.3.6 Automação racional: autonomia

A busca do aperfeiçoamento contínuo do processo produtivo exige a plena utilização dos recursos humanos, com a flexibilização e otimização da relação entre o homem e a máquina. A Manufatura Enxuta de produção vai ao encontro desta exigência com o poderoso auxílio da automação racional, ou autonomia.

A técnica da automação teve um grande desenvolvimento nas últimas décadas graças ao conhecimento gerado pela cibernética e pelo suporte proporcionado pelos avanços da eletrônica. SANTOS [1979] define automação como: *“um conceito e um conjunto de técnicas através das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. Com base nas informações, o sistema calcula a ação corretiva mais apropriada. Um sistema de automação comporta-se exatamente como um operador humano o qual, utilizando as informações sensoriais, pensa e executa a ação mais apropriada.”*

Entretanto, a Manufatura Enxuta extrapola este conceito de automação e se utiliza do conceito de autonomia, ou seja, autonomia mais automação, a transferência da inteligência humana para equipamentos automatizados. No Japão este conceito é conhecido pela palavra *Jidoka*. Os principais objetivos do *Jidoka* são:

- Prevenir a produção de peças defeituosas, dando autoridade ao operador para interromper a linha de produção sempre que alguma peça defeituosa é identificada;

- Evitar excesso de produção, com a paralisação automática do equipamento, quando a quantidade necessária for atingida. Nenhum excesso deve ser produzido;
- Facilitar a identificação dos problemas e o envolvimento dos operários na solução dos mesmos, buscando a eliminação das causas.

Para comunicar a todos os postos da linha de produção que houve um problema e que o processo todo deve ser paralisado, utiliza-se um quadro de lâmpadas (*Andon*), que sinaliza a necessidade da interrupção total e indica em que parte do processo aconteceu o problema. Procurando aprimorar a qualidade da fabricação são instalados nos equipamentos automáticos dispositivos que detectam e impedem a produção de peças defeituosas. A estes dispositivos os japoneses dão o nome de *Poka Yoke* (à prova de falhas).

A Manufatura Enxuta com o seu objetivo de reduzir custos, procura através do *Jidoka* uma automatização de baixo custo. Isto significa adaptar acessórios aos equipamentos manuais existentes visando eliminar tempos ociosos do operador e aumentar a eficácia do conjunto homem-máquina. A Manufatura Enxuta prefere, sempre que possível, o aproveitamento total das máquinas manuais, tornando-as semi-automáticas, no lugar da aquisição de máquinas de alto custo, cujo investimento só seria justificado se as mesmas fossem mantidas em contínuo funcionamento, para que a amortização desse investimento fosse distribuído por mais peças produzidas. Isto contribuiria para a formação de inventário, o que é contrário à filosofia Manufatura Enxuta.

MUFFATTO [1999] comentando sobre a automação dentro da filosofia da Manufatura Enxuta diz: *“A automação de baixo custo é um elemento intrínseco da Manufatura Enxuta. Este é um tipo de automação que leva em consideração a necessidade do sistema como um todo, e está subordinada a esta necessidade, no lugar de priorizar uma abordagem de alta tecnologia. Em sintonia com a filosofia de produção enxuta, esta automação usa uma abordagem incremental, de melhoria contínua, em vez de uma abordagem de alto investimento”*.

Com relação ao bom aproveitamento dos equipamentos já existentes, HALL [1988] comenta: *“A produção sem defeitos, com ferramental e equipamento simples, é atingida através da habilidade das pessoas. Através dela, o equipamento é adaptado à novas missões e ganha-se experiência no que é realmente importante para a montagem do ferramental e do equipamento*

frente ao novo trabalho. Trabalhando, primeiro, para melhorar e modificar o equipamento já existente, minimiza-se o gasto com mais equipamentos.” Algumas vantagens da automação, focalizada pela Manufatura Enxuta são:

- **Complemento da técnica de produção celular e operador polivalente** - A automatização ampliou a capacidade do homem de operar várias máquinas simultaneamente.
- **Redução do inventário em processo** - Foi conseguido pela eliminação do estoque intermediário entre operações sucessivas.
- **Redução do *lead time*** - Obtido com a eliminação dos tempos ociosos entre operações e pela aceleração da movimentação dos materiais.
- **Menor investimento** - A conversão de máquinas já existentes pela adaptação de acessórios que as tornem mais eficientes representa pequeno investimento de capital, se comparado com o preço do equipamento novo equivalente. Assim, os gastos em ativo fixo se tornam pequenos, reduzindo os custos financeiros.

5.3.7 Produção celular e operador flexível

Os objetivos de melhorar o tempo de resposta, ganhar em flexibilidade, melhorar a qualidade e reduzir custos exigem do sistema de Manufatura Enxuta algumas mudanças na forma de arranjar os recursos produtivos no espaço disponível da fábrica.

A tradicional concepção de *layout* de fabricação procura agrupar, num mesmo setor, máquinas do mesmo tipo, como, por exemplo: setor de tornos, setor de fresadoras, etc. Este é o *layout* por operação ou funcional (*Job Shop*). Neste tipo de arranjo físico, os fluxos de materiais são variáveis e os roteiros de produção são diversos, correspondentes aos diferentes produtos produzidos na fábrica. As grandes distâncias a movimentar e o fato de que os equipamentos processam vários produtos diferentes, que requerem tempo para a sua preparação, impõem produção em grandes lotes, maior estoque em processo e maior *lead time* de produção.

Um outro arranjo físico bastante utilizado é o *layout* linear (*Flow shop*). Neste *layout*, os equipamentos estão dispostos segundo o roteiro de fabricação dos produtos. É um arranjo mais eficiente, pois favorece o fluxo, reduz ao mínimo a movimentação de materiais, assim como filas

e os tempos gastos com *setup*, já que os equipamentos são dedicados a um ou poucos produtos similares. O espaço é também ocupado de forma mais racional e o estoque em processo reduzido.

Entretanto, o *layout* linear, Figura 5.11, é mais aplicável em processos que se destinam a produzir grandes quantidades de poucos produtos padronizados, não sendo viável para empresas que pretendam oferecer maior variedade de produtos ao mercado, ou seja, não favorece uma produção flexível.

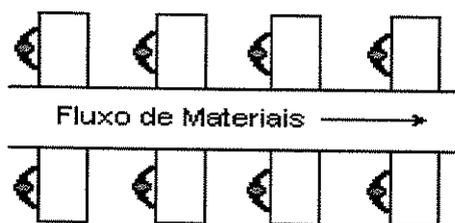


Figura 5.11 - Arranjo físico linear

O arranjo físico geralmente utilizado nas empresas que adotam o sistema Manufatura Enxuta é a célula de produção. A produção celular é uma técnica de processamento de lotes unitários ou pequenos lotes que associa o *layout* linear a uma técnica denominada tecnologia de grupo, BURBIDGE [1975]. Assim, consegue-se combinar as vantagens do sistema linear e funcional. Entretanto, o tráfego de lotes unitários ou de lotes pequenos dentro da célula não significa baixa produção. O volume de produção vai depender da demanda de produção colocada na célula e do seu balanceamento com o ritmo (tempo *takt*) dessa demanda.

Em termos simples, tecnologia de grupo é uma técnica que permite o agrupamento de componentes fabricados em famílias que têm em comum a mesma seqüência de processamento. O primeiro passo é identificar as peças similares para depois trabalhar na concepção de um componente composto, que é uma peça teórica complexa, contendo todas ou a maioria das características do projeto da família de peças. Em seguida, reúnem-se as máquinas disponíveis em grupos, normalmente em forma de U, que irão processar cada um desses conjuntos de famílias. Tem-se então uma célula de produção onde o manuseio de peças a serem produzidas é mais racional e econômico, quando comparado a uma disposição física onde as máquinas são

agrupadas por função. O arranjo físico em grupo ou célula de produção apresenta as seguintes vantagens:

- flexibilidade quanto ao número de produtos e ao tamanho dos lotes;
- menores estoques de produtos em processo;
- menores custos de movimentação de materiais;
- necessidade de menos mão-de-obra;
- menores *lead times* de produção;
- controle visual das operações, facilitando o gerenciamento e permitindo ao grupo ter uma visão global do produto ou item a ser fabricado na célula; e
- redução da área ocupada e menos troca de ferramentas.

A utilização do arranjo físico celular na produção foi intensificada no Japão e em empresas do mundo inteiro, devido ao aumento da demanda de produtos diferenciados. A Figura 5.13, CORRÊA e GIANESI [1996], mostra um conjunto de células de produção, desenvolvido a partir de um arranjo físico funcional mostrado na Figura 5.12, CORRÊA e GIANESI [1996], onde se utilizam, como ilustração, as máquinas: Torno, Prensa, Fresa e Furadeira.

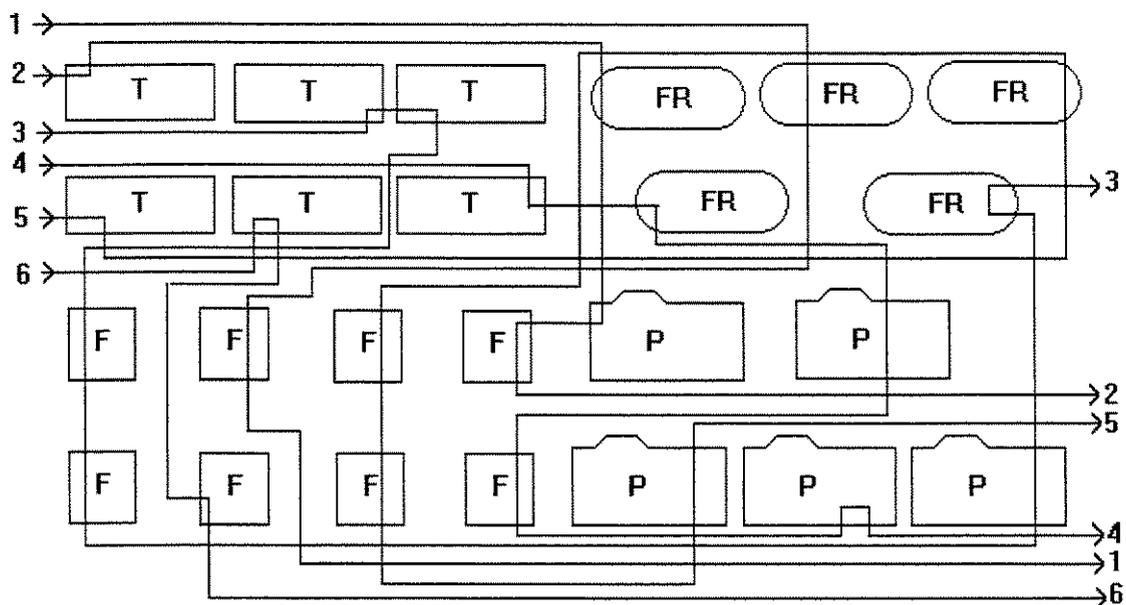


Figura 5.12 – Arranjo físico funcional ou por operação

Percebe-se que há, no arranjo físico por célula de produção, uma evidente redução na movimentação de materiais, com conseqüente redução de espaço. Esta otimização redundna na redução dos custos do processo produtivo.

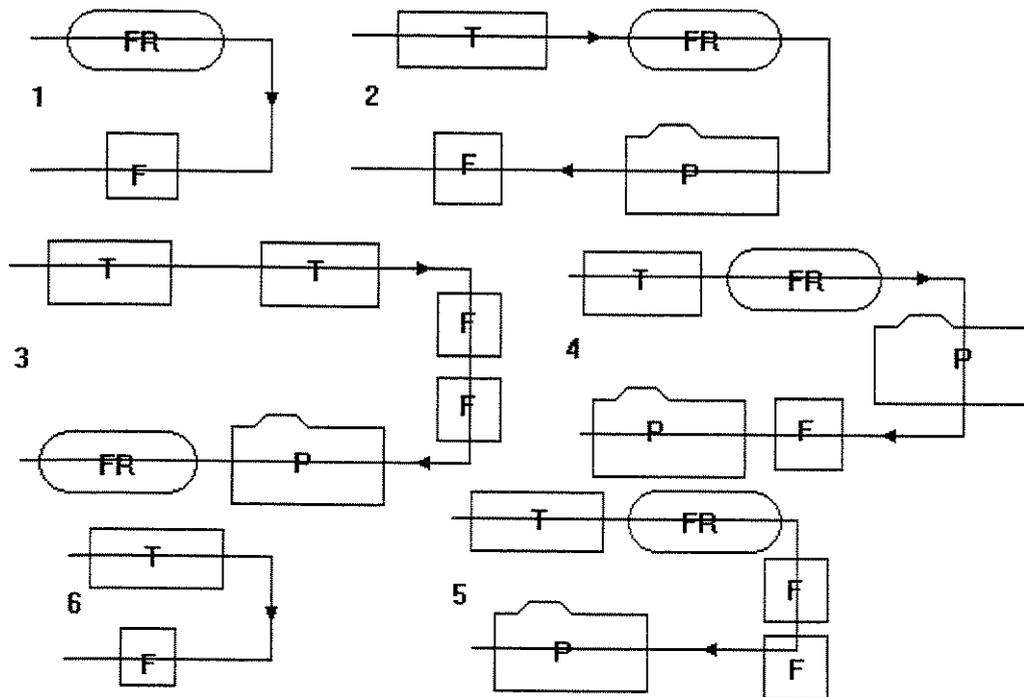


Figura 5.13 - Arranjo físico celular

Além destes ganhos, a produção celular permite o desenvolvimento do trabalho em equipe. Um pequeno grupo de funcionários, trabalhando juntos em espaço relativamente pequeno, tendem a formar uma equipe e se ajudam mutuamente. Isto exige e facilita a multifuncionalidade dos operadores, ou seja, os funcionários devem ser flexíveis para operarem várias máquinas próximas e substituírem operadores ausentes. Esta flexibilidade permite o balanceamento da célula, ou seja, a adaptação da produção à variação da demanda, bastando para tanto a colocação na célula de um número maior de trabalhadores proporcional ao nível de produção desejada. O melhor acesso dos operadores às máquinas facilita o balanceamento do fluxo produtivo com a demanda.

A Figura 5.14 é um exemplo da forma de uma célula de produção que permite ser operada por um número menor de funcionários, mas treinados para serem polivalentes e flexíveis.

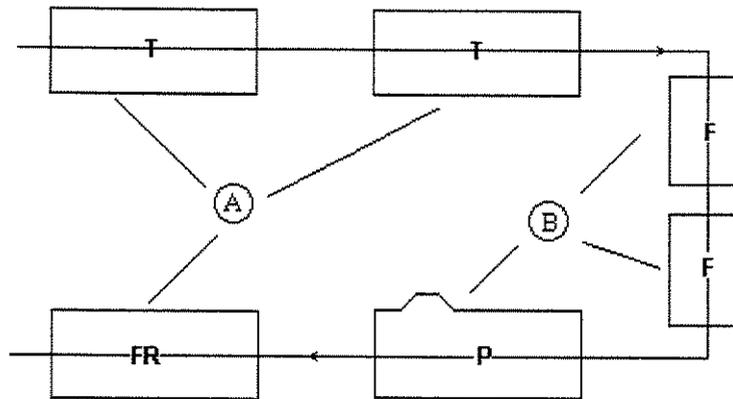


Figura 5.14 - Célula de produção com seis máquinas operadas por dois operadores

Entretanto, a produção celular também apresenta limitações. Uma restrição ao arranjo físico por células de produção é evidenciada quando o “mix” de produtos varia substancialmente ao longo do tempo, fazendo variar a carga de trabalho nas células. Neste caso, o sistema de produção celular pode não ser flexível o suficiente para acompanhar tal variação, permitindo a ocorrência de máquinas paradas, dado que os equipamentos são dedicados às células, não podendo ser compartilhados por produtos ou componentes fabricados em outras células. Como consequência, surge a necessidade – outra restrição – de maior quantidade de equipamentos em relação ao *layout* funcional.

Finalmente, para a produção celular é fundamental que haja sintonia entre a engenharia de produto e a engenharia de produção, para a formação de famílias de peças que tornem as células otimizadas em sua capacidade de atender a um “mix” de produtos.

Com a cultura dos 5 “S” disseminada pela empresa, um bom programa de manutenção de máquinas, um tempo de *setup* desprezível e operadores polivalentes, o balanceamento das operações de uma célula se fará sem maiores dificuldades.

5.4 Vantagens e limitações da Manufatura Enxuta

As vantagens da Manufatura Enxuta, já abordadas ao longo deste capítulo, podem ser evidenciadas quando considera-se os principais critérios de competitividade valorizados pelo mercado: tempo de resposta, flexibilidade, qualidade e custo.

A Manufatura Enxuta reduz os custos pelo combate aos desperdícios, especialmente pela redução dos estoques. O foco no cliente exige a otimização dos processos, eliminando atividades que não agregam valor. O sistema de puxar a produção, a redução do tamanho dos lotes e dos tempos de preparação reduzem o estoque em processo e os custos associados. A redução do estoque de matéria-prima, através de entregas menores e mais confiáveis, e a eliminação do estoque de produto acabado (exceto quando necessário um estoque estratégico) contribuem fortemente para a redução dos custos.

O suporte da qualidade é imprescindível para o fluxo enxuto. A produção de itens defeituosos, além dos custos relativos a reparos e sucatas, provoca a interrupção da produção. Como o fluxo contínuo da produção é uma necessidade fundamental da Manufatura Enxuta, todos os esforços são envidados para identificar e eliminar as causas dos problemas de qualidade. Os trabalhadores são educados e treinados para assumirem a responsabilidade pela qualidade do seu trabalho (autocontrole) e promoverem a formação de equipes de melhoria para o aprimoramento contínuo dos processos.

A Manufatura Enxuta aumenta a flexibilidade do sistema produtivo pela redução dos tempos envolvidos nos processos. A redução dos tempos de preparação associada à flexibilidade dos operadores aumenta a flexibilidade no atendimento ao mercado para uma família ou mix de produtos. Esta flexibilidade e o baixo nível de estoque proporcionado pela Manufatura Enxuta favorece também a descontinuidade da fabricação de um produto (perda mínima de estoque obsoleto) para a introdução de um novo produto.

A redução do tempo de resposta ao mercado é uma grande contribuição da Manufatura Enxuta. A redução dos tempos de preparação e dos tamanhos dos lotes, proporcionam uma redução dos tempos de fila, maior responsável pela formação do *lead time*.

As principais limitações da Manufatura Enxuta se referem à variedade de produtos oferecidos ao mercado e às variações de demanda de curto prazo. Como o fluxo produtivo para

um mix de produtos está balanceado com o mercado, a introdução de produtos fora do mix e alterações de volume exigem um novo balanceamento da linha, com possíveis mudanças de *layout* e introdução de novos equipamentos. Isto se agrava quando a demanda é muito instável, exigindo a presença de estoques de produtos acabados para garantir o abastecimento do mercado e estabilizar a produção interna. Outrossim, como o sistema *kanban* considera a presença de certo estoque de componentes entre os centros produtivos, uma variedade muito grande de produtos aumenta o inventário em processo para cada item, exatamente o que a Manufatura Enxuta procura evitar.

5.5 Considerações finais

Os princípios e objetivos da Manufatura Enxuta sustentados pelo conjunto integrado das ferramentas *lean* de combate ao desperdício da produção constituem o sistema mais eficaz de otimização global do processo produtivo, reconhecido como o estado da arte da administração da manufatura.

Para uma empresa manufatureira, o desenvolvimento de vantagens competitivas sustentadas passa pela otimização global do processo produtivo norteada pelas necessidades e exigências do seu mercado consumidor. Isto exige um esforço planejado e integrado de combate total aos desperdícios, eliminando todas as atividades que não agregam valor ao produto. Neste empreendimento é imprescindível um programa contínuo de educação e treinamento para promover a necessária transformação cultural: base do desenvolvimento e sustentação de vantagens competitivas.

A consequência deste esforço deve resultar em um fluxo enxuto, isto é, puxado e balanceado com a demanda, e atendendo às necessidades e expectativas dos clientes quanto ao tempo de resposta, flexibilidade, qualidade e preço.

Capítulo 6

Sistemas de suporte à administração da produção

Existem alguns sistemas que bem integrados à Manufatura Enxuta podem contribuir para o aprimoramento do processo produtivo. Estes sistemas dão suporte ao planejamento e ao fluxo da produção balanceada com a demanda, ajudando a empresa manufatureira a atender às necessidades do mercado. São os sistemas: MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) ou Planejamento dos Recursos da Manufatura, TOC (*Theory of Constraints*) ou Teoria das Restrições e TQM (*Total Quality Management*) ou Gerenciamento da Qualidade Total.

6.1 Planejamento dos Recursos da Manufatura – MRP II

O princípio básico do MRP II é o princípio do cálculo das necessidades, uma técnica de gestão que permite o cálculo, viabilizado pelo uso de computador, das quantidades e dos momentos em que são necessários os recursos de manufatura (materiais, pessoas, equipamentos, etc.). Segundo GAITHER e FRAZIER [2001], o MRP II tem dois objetivos básicos:

- Melhorar o serviço ao cliente através do cumprimento dos prazos de entrega; e
- Reduzir os investimentos em estoque, procurando adquirir e disponibilizar os materiais para a produção na quantidade necessária e no momento certo da sua necessidade.

Em linhas gerais, o sistema parte das necessidades das entregas dos produtos finais, quantidades e datas, e calcula para trás (*backward scheduling*), no tempo, as datas em que as etapas do processo de produção devem começar e acabar. A seguir determina os recursos, e respectivas quantidades, necessários para que se execute cada etapa.

6.1.1 Histórico do cálculo das necessidades de recursos para a manufatura

Segundo WASSWEILER [1994], o Planejamento dos Recursos da Manufatura – MRP II tem sido uma das grandes contribuições para a gestão da manufatura nas últimas décadas, por ser um efetivo método de planejamento de todos os recursos da manufatura. A lógica do cálculo de necessidades é muito simples mas sua utilização em processos de manufatura complexos foi inviável até meados dos anos 60. Isto se explica pelo fato de não haver disponível, até então, capacidade suficiente de armazenagem e processamento de dados para tratar o volume de dados que o cálculo de necessidades requer em uma situação real. Com o desenvolvimento tecnológico dos computadores, aumentando a capacidade de processamento de dados, o cálculo de necessidades passou a ser considerado alternativa viável para utilização em situações práticas. As primeiras aplicações computadorizadas do cálculo das necessidades de materiais foram desenvolvidas nos Estados Unidos e surgiram a partir de um “processador de listas de materiais”, que convertia um plano de produção de um produto final (item demanda independente¹) em um plano de compras ou produção de seus itens componentes (itens de demanda dependente¹). A evolução do planejamento dos recursos da manufatura pode ser assim resumida:

Década de 60 - Início da utilização da técnica de Planejamento das necessidades de materiais - MRP em computadores. A IBM lança o sistema BOMP (*Bill of Material Processor*) e a APICS fomenta e divulga a educação em MRP.

Década de 70 - Evolução da técnica MRP para um sistema completo de manufatura, incluindo o módulo de planejamento de recursos de capacidade, tornando-se um MRP de ciclo fechado, e recebendo a nova designação de Planejamento de Recursos de Manufatura. A IBM lança o sistema COPICS e a Arthur Andersen o sistema MAC-PAC.

A partir da década de 80 - Popularização do uso de sistemas MRP e integração das funções da manufatura com as funções financeiras da empresa, passando a denominar-se MRP II. Surgem versões para mini e microcomputadores.

¹ São itens cuja demanda não dependem da demanda de nenhum outro item. Típico exemplo de um item de demanda independente é um produto final.

6.1.2 Uma visão geral sobre o MRP II

O MRP II é um sistema hierárquico de administração da produção, em que os planos de longo prazo de produção, agregados (que contemplam níveis globais de produção e setores produtivos), são sucessivamente detalhados até ao nível do planeamento de componentes e máquinas específicas. Os sistemas MRP II são *softwares*, estruturados de forma modular e integrada, e disponíveis no mercado na forma de sofisticados pacotes para computador. Segundo VOLLMANN et al. [1988] e CORRÊA e GIANESI [1996], um sistema MRP II possui cinco módulos principais:

- Módulo de planeamento de produção (*production planning*);
- Módulo de planeamento mestre de produção (*master production schedule* ou MPS);
- Módulo de cálculo de necessidade de materiais (*material requirements planning* ou MRP);
- Módulo de cálculo de necessidade de capacidade (*capacity requirements planning* ou CRP); e
- Módulo de controle de fábrica (*shop floor control* ou SFC).

Além destes, há os módulos de atualização dos dados cadastrais, que se ocupam de alterações quanto aos dados de itens de estoque, estruturas de produtos, centros produtivos, roteiros de produção, entre outros. A Figura 6.1 mostra como os módulos principais do sistema se relacionam. A gestão de demanda é o ponto de partida para a eficácia da gestão do MRP II como um todo. A gestão da carteira de pedidos e da previsão de vendas, tomada conjuntamente, é denominada gestão da demanda.

SLACK et al. [1997], comentando sobre a gestão da demanda diz: “*A gestão da demanda engloba um conjunto de processos que fazem a interface da empresa com seu mercado consumidor. Dependendo do negócio, esses processos podem incluir o cadastramento de pedidos, a previsão de vendas, a promessa de entrega, o serviço ao cliente e a distribuição física*”. Uma das mais importantes características da gestão de demanda é a incerteza quando se olha para o futuro. Para se proteger contra essa incerteza uma previsão é adicionada, com base em dados históricos e em informações do mercado, obtidas a partir da área de Vendas.

¹ São itens cuja demanda depende da demanda de algum outro item. A demanda de um componente de um produto final, por exemplo, é dependente da demanda do produto final.

Planejamento da produção

Segundo VOLLMANN et al. [1988], o planejamento da produção é a atividade que fornece o nível agregado de produção para o plano estratégico da empresa e determina o papel da manufatura dentro deste plano estratégico.

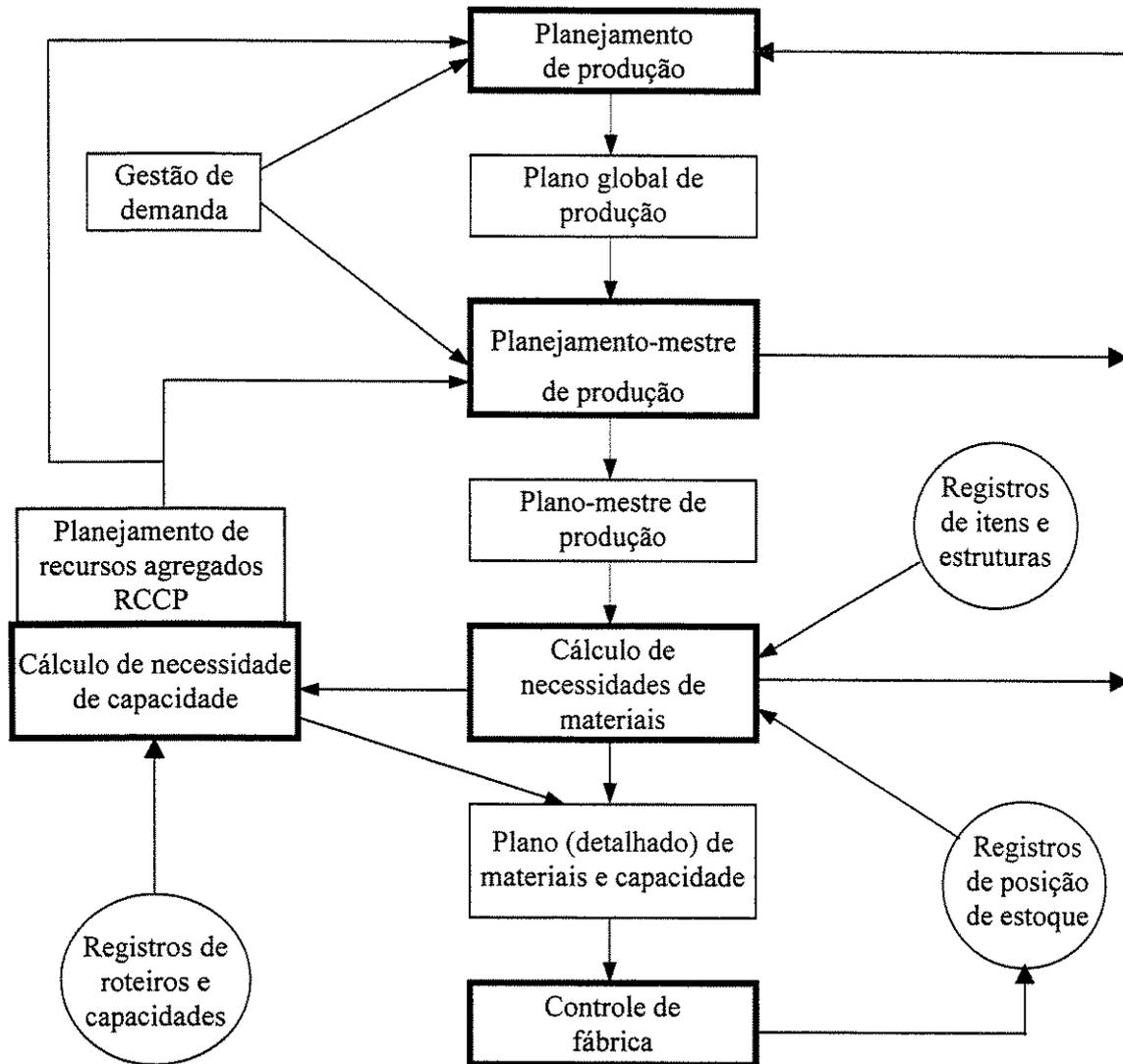


Figura 6.1 - Inter-relações entre os módulos principais de um sistema MRP II

CORRÊA e GIANESI [1996] acrescentam que o módulo de planejamento da produção ocupa-se de auxiliar a decisão dos planejadores quanto aos níveis agregados de estoques e produção período-a-período, baseando-se também em previsões de demanda agregada (níveis de

demanda do conjunto de produtos). É o nível mais agregado de planejamento de produção e por isso, pela agregação e moderada quantidade de dados detalhados, presta-se ao planejamento de mais longo prazo. As decisões referem-se a volumes vendidos, em unidades monetárias e níveis de estoque a serem mantidos também em unidades monetárias.

Planejamento-mestre de produção (MPS)

VOLLMANN et al. [1988] esclarecem que o MPS é uma versão desagregada do plano de produção, ou seja, é o estabelecimento de um efetivo plano de produção de itens finais para o futuro.

CORRÊA e GIANESI [1996] complementam informando que o plano ou programa-mestre de produção é um plano para a produção de itens produtos finais, período a período. Como tal é uma declaração referente à produção de produtos finais e não uma declaração referente à previsão de demanda do mercado ou previsão de vendas. O MPS leva em conta as limitações de capacidade, identificadas de forma também agregada (a grosso modo) auxiliado por um mecanismo chamado RCCP (*rough-cut capacity planning*) que é parte do módulo de planejamento das necessidades de capacidade. O MPS é o elo básico de comunicação entre os níveis mais agregados de planejamento com a produção. O plano mestre de produção é definido em termos de especificação de produtos e não em valores monetários.

SLACK et al. [1997] contribuem informando que o MPS é constituído de registros com escala de tempo que contém, para cada produto final, as informações de demanda e estoque disponível atual. Na Tabela 6.1, os autores mostram um exemplo simplificado de parte do programa-mestre de produção para um dado item.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Demanda	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Disponível	20	10	0	0	0	0	0	0	0
MPS	0	0	0	10	15	15	15	20	20
Estoque inicial 30									

Tabela 6.1 – Exemplo de um programa-mestre de produção

Este exemplo mostra que há um estoque de 30 unidades do item na semana 0 (estoque inicial). As 20 unidades disponíveis no final da primeira semana são calculadas subtraindo-se a demanda de 10 unidades do estoque inicial de 30. A quarta linha é o programa-mestre de produção; ele mostra quantos itens devem ser completados e estar disponíveis em cada semana, de modo a satisfazer à demanda.

Cálculo das necessidades de materiais (MRP)

De forma similar ao que ocorre com o MPS, o MRP também se baseia num registro básico que representa a posição e os planos com respeito à produção e estoque de cada item, seja ele um item de matéria-prima, semi-acabado ou acabado, ao longo do tempo. Este registro é chamado registro básico do MRP período a período (*MRP time-phased record*). Na Tabela 6.2, VOLLMANN et al. [1988] fornecem um exemplo de um registro de MRP.

Período		1	2	3	4	5
Necessidades brutas			10		40	10
Recebimentos programados		50				
Estoque projetado disponível	4	54	44	44	4	44
Plano de liberação de ordens					50	
Lead time = 1 período						
Tamanho do lote = 50						

Tabela 6.2 – Exemplo de um registro básico período a período do MRP

Os elementos que normalmente fazem parte desse registro básico são:

Período - indica os períodos que o MRP vai considerar para o planejamento. O período mais utilizado é a semana.

Necessidades brutas – são as quantidades que representam a utilização futura ou demanda do item em questão durante cada período.

Recebimentos programados - são as ordens (já abertas e firmes) de reposição de estoque para o item com recebimento programado para o início do período.

Estoque projetado disponível – representa a posição e os níveis projetados de estoque do item, disponíveis ao final de cada período.

Plano de liberação de ordens – são as ordens planejadas a serem liberadas no início de cada período.

Lead time - é o tempo que decorre entre a liberação de uma ordem e a completa disponibilidade do material correspondente para utilização.

Tamanho do lote – São lotes econômicos de produção para fazer frente aos custos fixos, especialmente aos custos de preparação de máquina. Entretanto, ressaltam GAITHER e FRAZIER [2001], em empresas de produção sob encomenda o tamanho do pedido feito pelo cliente corresponde ao tamanho do lote que será produzido.

O MRP programa suas ordens de produção sem verificar, durante o processo de programação, a disponibilidade ou não de recursos produtivos para executar as ordens programadas, considerado que a capacidade de produção do sistema em questão é “infinita”. As considerações de capacidade (no sentido de se checar se o programa de ordens gerado pelo módulo MRP é viável, se há em cada momento, capacidade disponível no sistema para cumprir o programa proposto) são feitas por um outro módulo, chamado CRP, ou módulo de planejamento das necessidades de capacidade, brevemente descrito a seguir.

Cálculo das necessidades de capacidade (CRP)

O planejamento da capacidade de produção é tão importante como o planejamento dos próprios materiais. VOLLMANN et al. [1988] explicam que sem a provisão da capacidade adequada os benefícios de um sistema de administração não serão plenamente alcançados. Capacidade de produção insuficiente pode deteriorar o desempenho de uma empresa em termos do cumprimento de prazos, um critério competitivo de importância crescente no mercado competitivo atual. Por outro lado, a capacidade de produção em excesso pode representar custo

desnecessário, que muitas vezes pode ser reduzido, caso a capacidade em excesso seja identificada a tempo. A Figura 6.2, MONKS [1987], ilustra o fluxograma do sistema CRP.

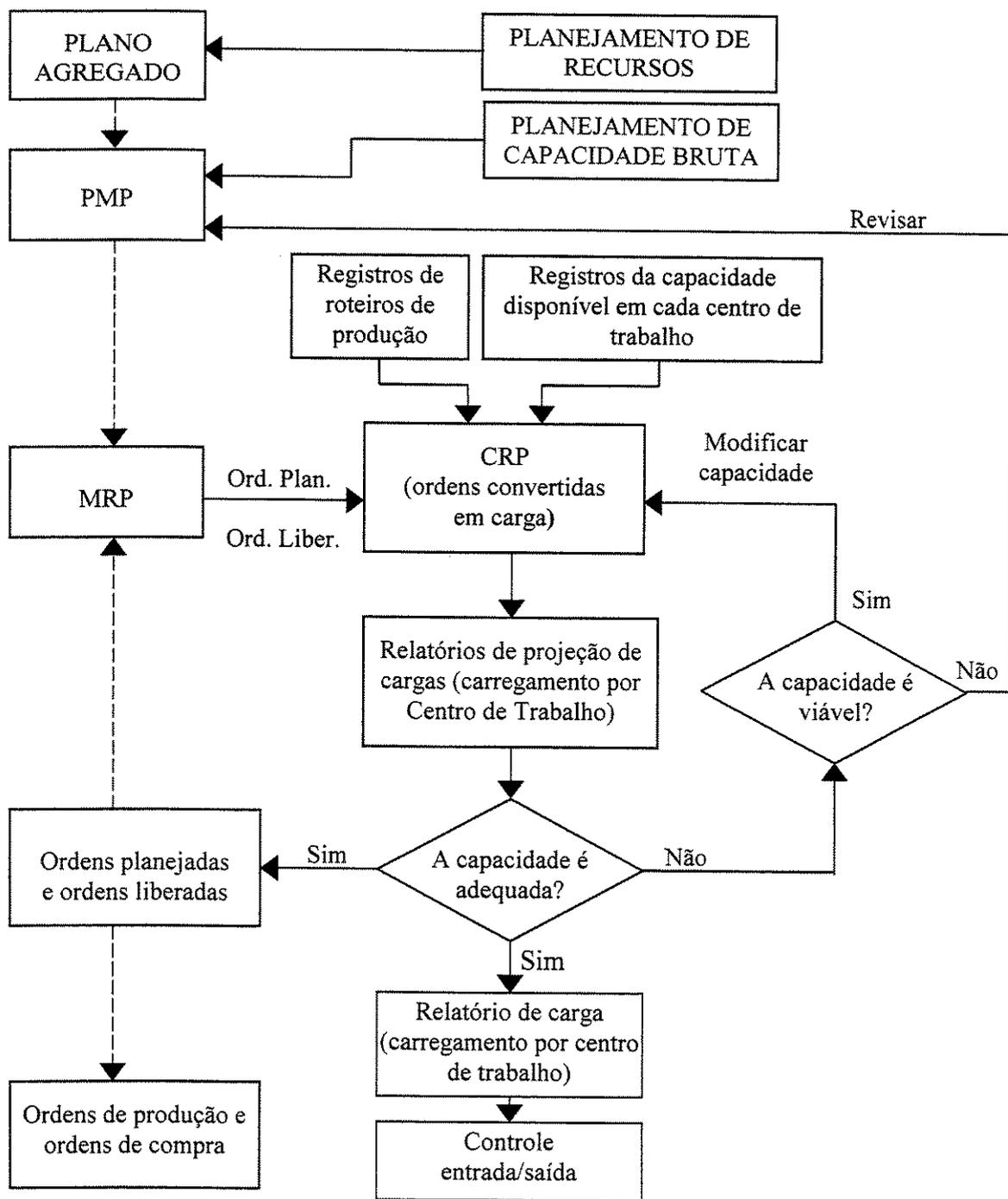


Figura 6.2 - Fluxograma do sistema CRP

CORRÊA e GIANESI [1996] esclarecem que os sistemas de administração da produção do tipo MRP II têm o módulo de planejamento das necessidades de capacidade atualmente em mais de um nível. É feita uma avaliação prévia, chamada *rough-cut capacity planning*, cujo objetivo é localizar inviabilidades de determinado plano mestre de produção que sejam identificáveis a partir de cálculos simples e agregados. O objetivo é não prosseguir com um plano mestre que seja evidentemente inviável (em termos de capacidade de produção) até os níveis mais detalhados de planejamento (explodindo o MRP, por exemplo). Com isso, pode-se encurtar o tempo para se chegar a um plano de produção viável. Não encontrada uma inviabilidade evidente do plano mestre de produção, este é então explodido pelo módulo MRP em termos das necessidades de componentes, gerando-se ordens de compra e de produção para os itens particulares.

Com base na explosão detalhada e utilizando informações detalhadas a respeito dos roteiros de produção e do consumo de recursos produtivos por item, o módulo CRP calcula, então período a período, as necessidades de capacidade produtiva, de forma detalhada, permitindo a identificação de ociosidades ou excesso de capacidade e possíveis insuficiências. Com base nesta identificação, medidas gerenciais podem ser tomadas, no sentido de alterar as ordens de produção ou o plano-mestre para que uma situação de viabilidade em termos de disponibilidade de recursos produtivos seja atingida.

Controle da fábrica (SFC)

O módulo de controle de fábrica é responsável pela seqüenciação das ordens, por centro de produção, dentro de um período de planejamento e pelo controle da produção, no nível de chão-de-fábrica. É um módulo que busca garantir que o que foi planejado será executado da forma mais fiel possível aos planos. Segundo VOLLMANN et al. [1988] as principais entradas para o módulo de controle de fábrica são os dados de roteiro e *lead time* para cada item.

Segundo CORRÊA e GIANESI [1996], em função do alto volume de informações necessárias para o controle da produção (especialmente no arranjo físico funcional, em que os itens têm roteiros de produção variados, passando por diferentes partes do chão-de-fábrica, segundo a seqüência de operações definida pela tecnologia envolvida) a utilização deste módulo

deste torna-se bastante complexa, levando as empresas a procurarem soluções mais simples, como, por exemplo, o sistema *kanban*. O módulo de controle de fábrica usa algoritmos de programação finita, com base em regras de seqüenciamento, para proceder ao carregamento detalhado das ordens nos recursos dentro de um período de planejamento e definir seqüências preferenciais para a execução das ordens nos centros produtivos.

6.1.3 Vantagens e limitações do MRP II

Uma das principais vantagens do MRP II é a sua natureza dinâmica. O seu algoritmo e seus *loops* de realimentação permitem que a alteração de um item do programa-mestre ou a inclusão de novos itens seja bem aceita pelo sistema. Segundo CORRÊA e GIANESI [1996] esta característica faz com que o MRP II seja mais útil para situações em que as estruturas de produto sejam complexas, com vários níveis e vários componentes por nível e em que as demandas sejam instáveis. O MRP II é um sistema de informações integrado, que põe em disponibilidade um alto volume de informações para um grande número de usuários. Esta troca de informações pode proporcionar inúmeros benefícios para a empresa que o implemente. Entretanto, o MRP II apresenta algumas limitações.

O MRP II baseia-se num pacote computacional complexo, muitas vezes com alto custo de aquisição, e nem sempre imediatamente aplicável às necessidades da empresa, exigindo, muitas vezes, alterações significativas. Isto tem levado muitas organizações a procurar soluções intermediárias: aquisição de alguns módulos no mercado e desenvolvimento interno de outros, de forma que o sistema final atenda às necessidades da empresa. A complexidade do pacote computacional e as exigências de monitoramento parecem estressar os usuários do sistema. Neste sentido, BOCKERSTETTE e SHELL [1993] comentam: “*Os objetivos básicos do MRP II estressam a organização, planejamento, disciplina e controle, usualmente em forma de extensivos planejamentos, monitoramentos e sistemas de feedback*”.

GOLDRATT [1992] salienta que o *lead time* de produção é consequência da programação e, portanto, não pode ser um dado de entrada no sistema de programação da produção, como considera o MRP II. A imprecisão nos valores de *lead times* pode provocar uma perda de aderência à realidade e, como consequência, o desnivelamento do fluxo produtivo, pela produção

em excesso de algumas peças e pelo atraso na produção de outras. Sobre este ponto SLACK et al. [1997] acrescentam: “*Os sistemas MRP assumem um ambiente de produção fixo, utilizando lead times fixos para calcular quando os materiais devem chegar ao próximo centro de trabalho. Entretanto, as condições de carga de trabalho e outros fatores fazem com que os lead times sejam na realidade bastante variáveis. Os sistemas MRP têm dificuldade de lidar com lead times variáveis*”

Muitos autores qualificam o MRP II como um sistema passivo, porque não questiona seus parâmetros como: tempo de preparação de máquina - que é incluído no *lead time* - níveis de refugo, níveis de estoque de segurança, etc. Neste sentido, comentam CORRÊA e GIANESI [1996]: “*O MRP II não sabe lidar com as incertezas (falta de pontualidade do fornecedor, problemas de qualidade na produção, quebra de máquina etc.) e se protege com os estoques de segurança. Entretanto, numa abordagem moderna a forma de lidar com incertezas do processo não é estabelecer paliativos que permitam ao sistema produtivo “conviver melhor” com elas, mas identificar as suas causas e tentar eliminá-las*”. BOCKERSTETTE e SHELL [1993] complementam dizendo que o MRP II é um sistema de planejamento e controle dirigido por computador que se utiliza do *pull system*, o sistema de “empurrar” a produção, permitindo a formação de excesso de inventário no processo produtivo.

6.1.4 Integração do MRP II com a Manufatura Enxuta

As considerações das vantagens e limitações da Manufatura Enxuta e do MRP II tem levado muitas empresas a buscar uma integração dos dois sistemas visando maior eficácia na gestão do processo produtivo.

Os princípios básicos dos dois sistemas parecem ser opostos. A Manufatura Enxuta incentiva um sistema de planejamento e controle “puxado”, enquanto o MRP é um sistema “empurrado”. A Manufatura Enxuta trabalha com visão sistêmica e tem objetivos que vão além da atividade de planejamento e controle da produção, enquanto o MRP II é essencialmente um mecanismo de cálculo para o planejamento e controle da produção. Entretanto, as duas abordagens podem coexistir no mesmo sistema produtivo, desde que suas respectivas vantagens sejam preservadas.

Segundo SLACK et al. [1997] o MRP tem uma característica muito importante que é olhar à frente e identificar quais produtos devem ser entregues e em que momento no futuro. Assim comentam os autores: “O MRP II pode planejar a produção quando queremos antecipar as necessidades futuras de produtos. Ele utiliza a lista de materiais para calcular a quantidade daqueles itens que precisam ser solicitados dos setores anteriores no fluxo de produção e, para estes, quantos itens e materiais devem ser solicitados dos fornecedores. Fazendo isso, ele liga a demanda dos clientes à rede de suprimentos”. BERMUDEZ [1991] acrescenta que o JIT¹ e o MRP II, como uma solução integrada, fornecem um sistema mais gerenciável para a empresa. Nenhum sistema de puxar, diz o autor, pode produzir JIT para um evento futuro. Nenhum sistema de empurrar pode, corretamente, antecipar o que, quando e como controlar o chão-de-fábrica. O sistema híbrido MRP II/JIT combina os conceitos de planejamento e controle do MRP II com os conceitos modernos e dinâmicos de execução do JIT.

CORRÊA e GIANESI [1996] contribuem informando que o MRP II é mais apropriado para os níveis mais altos de controle: planejamento agregado da produção, programa mestre e insumos, sendo considerado complexo, detalhado e centralizado, quando se trata de controlar as atividades da fábrica. Esta seria uma vocação mais natural do JIT com seus controles visuais simplificados. O planejamento a médio e longo prazos, a nível agregado e a nível de produto final, é importante para suportar a Manufatura Enxuta. Com este planejamento é possível avaliar a capacidade e outros recursos necessários ao atendimento do plano de vendas. Na integração com a Manufatura Enxuta a explosão do MPS continuará necessária, porém agora para garantir que os materiais, nas quantidades necessárias, estarão disponíveis no sistema para que possam ser puxados pela Manufatura Enxuta.

O planejamento e compra de materiais do MRP II é importante para suportar o alto giro de inventário proporcionado pelas melhorias alcançadas com a implementação da Manufatura Enxuta. A Figura 6.3 ilustra uma visão simplificada do que pode ser conseguido através do uso da programação puxada integrada ao sistema MRP para compra de materiais.

O programa-mestre de produção é explodido através do MRP, para gerar programas de entregas de fornecedores (vendo a demanda futura). As necessidades reais de materiais no

¹ Entenda-se JIT (*Just In Time*) como a denominação original do sistema de Manufatura Enxuta.

processo produtivo são sinalizadas através do *kanban* para facilitar o fluxo enxuto. Dentro da fábrica toda a movimentação de materiais é governada pelos ciclos *kanban* entre as diversas operações. O ritmo da fábrica é determinado pelo ritmo da montagem final, cuja programação está sincronizada com o tempo *takt* (ritmo da demanda).

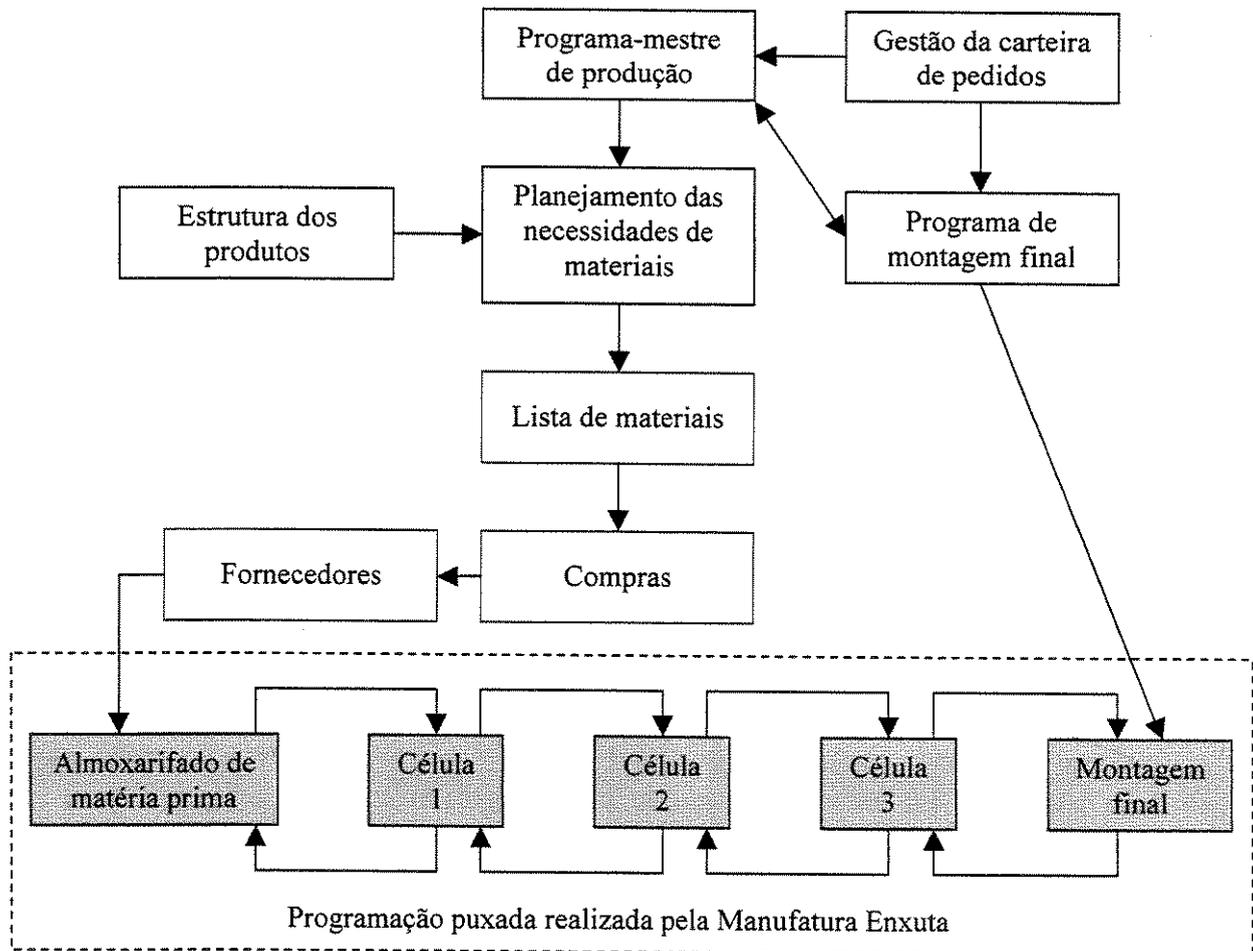


Figura 6.3 – Integração entre MRP e Manufatura Enxuta

Segundo RAO e SCHERAGA [1987], na integração dos dois sistemas o MRP II passa a suportar o planejamento da produção. O controle no chão-de-fábrica fica a cargo da programação puxada do *Kanban*. O fechamento do circuito não será através do módulo Controle de Fábrica do MRP II, ele se fará fisicamente na fábrica através da troca de cartões (ou um sinal eletrônico que substitua o cartão).

O sistema *kanban* simplifica o controle no chão-de-fábrica e elimina a necessidade de ordens de fabricação para itens intermediários. As ordens de produção só serão emitidas para os produtos de demanda independente (itens finais ou partes sobressalentes) direcionadas à montagem final. Para isto o programador do MRP II pode se utilizar de um recurso do sistema chamado itens-fantasmas (*phantom itens*) que permite marcar aqueles itens para os quais não se deseja que ordens de produção sejam geradas. Com este recurso é possível marcar todos os itens intermediários na estrutura do produto – itens que serão puxados, controlados pela Manufatura Enxuta - como itens-fantasmas. Assim, o sistema só abrirá ordens de produção para os itens finais. As ordens periódicas para os itens finais representarão o programa-mestre da Manufatura Enxuta.

Se o sistema de controle no modelo híbrido se fecha no chão-de-fábrica através do *kanban*, conforme afirmam RAO e SCHERAGA [1987], eliminando a necessidade de emissão e controle de ordens de produção para itens intermediários, como se fará a atualização no MRP II dos recursos consumidos pelas ordens emitidas para os itens finais? Isto é realizado por um recurso do MRP II chamado *backflushing*. Segundo CORRÊA e GIANESI [1996], *backflushing* é a “baixa” automática das quantidades padrão de recursos (materiais, mão-de-obra, tempo de máquina, etc.) requeridos para a execução de uma ou algumas operações, para uma ordem de produção específica, depois que a ordem é completada. Assim, quando um produto A está terminado, a montagem final informa ao sistema que então realiza o *backflushing*, isto é, dá baixa nos materiais (reduz no registro de estoques do almoxarifado de matéria-prima a quantidade padrão) e lança as horas de máquina e de mão-de-obra (padrão) que foram necessárias para completar a produção de A. Isto simplifica muito o controle dos recursos consumidos, evitando a grande quantidade de transações que normalmente o MRP II requer para acompanhar a transformação da matéria-prima até a montagem final e da montagem final até o estoque de produtos acabados.

Vale ressaltar, que o MRP II se utiliza do seu registro de dados-padrão de consumo de recursos por produto para o *backflushing*. Isto leva a algumas considerações sobre a relação da Manufatura Enxuta com o módulo de capacidade (CRP) do MRP II. A implementação das ferramentas da Manufatura Enxuta, especialmente a formação de células, provoca muitas

transformações no chão-de-fábrica, resultando em mudanças nos roteiros de fabricação, tempos de fila, movimentação de materiais, preparação de máquina, qualidade e tempo de ciclo de cada item. É necessário, portanto, uma constante atualização da base de dados do CRP para refletir estas mudanças, pois, como esclarece RAO e SCHERAGA [1987]: “*A combinação precisa da carga com a capacidade é particularmente importante no ambiente JIT, porque há menos oportunidade para erro, devido ao comprometimento maior das operações com os índices mais altos de fluxo de materiais*”.

Finalmente, BOCKERSTETTE e SHELL [1993] contribuem dizendo que com a drástica redução do tamanho dos lotes e dos *lead times* alcançada pela Manufatura Enxuta, o papel do MRP II fica significativamente alterado como uma ferramenta de planejamento e execução. Na integração dos sistemas o esforço de planejamento do MRP II torna-se mais orientado para a capacidade e necessidades de materiais, enquanto que a disponibilidade de produtos, ao ritmo da demanda, fica a cargo do sistema de puxar integrado a outras ferramentas de combate ao desperdício no chão-de-fábrica.

6.1.5 Considerações finais sobre o MRP II

O sistema MRP II é um *software* de administração da produção, modular e integrado, associado ao sistema de empurrar a produção. É considerado um sistema que se adapta bem a estruturas de produtos complexas e apresenta uma boa reação às mudanças. É um sistema no qual a tomada de decisões é bastante centralizada restringindo a flexibilidade na solução de problemas no chão-de-fábrica. O MRP II é um sistema passivo no sentido de que não questiona seus parâmetros como: tamanho do lote, tempo de preparação de máquina, níveis de refugo, níveis de estoque de segurança, etc., além de considerar, inadequadamente, o *lead time* como um parâmetro de entrada do sistema.

Entretanto, a integração do MRP II com a Manufatura Enxuta mostra uma relação sinérgica com significativos ganhos para a gestão da produção. Na integração dos dois sistemas, o MRP II assume uma função de planejamento nos níveis mais altos de controle, enquanto que a programação da execução no chão-de-fábrica fica a cargo da Manufatura Enxuta.

6.2 Teoria das Restrições - TOC

Segundo NOREEN et al. [1996], a idéia fundamental da Teoria das Restrições reside no fato de que todo sistema tangível, tal como um empreendimento com fins lucrativos, deve ter pelo menos uma restrição. Se isso não fosse verdade, o sistema iria então produzir uma quantidade infinita daquilo que almeja. No caso do empreendimento com fins lucrativos, seriam lucros infinitos. Em vista da restrição ser um fator que impede o sistema de conseguir mais do que almeja, o gerente interessado em obter mais lucros deve então gerenciar melhor as restrições. As restrições irão determinar a “saída” do sistema, quer sejam reconhecidas e controladas ou não.

GARDINER [1994] acrescenta que as restrições determinam o desempenho de um sistema e que qualquer sistema contém somente poucas restrições. Um sistema é caracterizado por uma rede de funções interdependentes. Para fortalecer um sistema é preciso primeiro descobrir o seu ponto fraco (a restrição) e em seguida fortalece-lo dentro da rede.

GOLDRATT e COX [1995], defendem que o objetivo básico das empresas é ganhar dinheiro no presente e no futuro. Considera que a manufatura deve contribuir com este objetivo básico através da atuação sobre três elementos: Ganho (função do fluxo de materiais através da fábrica), Estoque e Despesas operacionais. Segundo o autor, estas medidas constituem uma ponte entre as decisões operacionais no chão-de-fábrica e as medidas tradicionais de se verificar os resultados financeiros de uma empresa: Lucro Líquido (LL), Retorno sobre Investimento (RSI) e Fluxo de Caixa (FC). Segundo a Teoria das Restrições, para uma empresa manufatureira ser lucrativa é necessário que no nível da fábrica (decisões operacionais) se aumente o fluxo (ganho) e ao mesmo tempo se reduzam o inventário (estoque) e as despesas operacionais. CORRÊA e GIANESI [1996] conceituam melhor estes indicadores:

Ganho – Índice segundo o qual o sistema gera dinheiro através da venda de seus produtos. Deve-se notar que o ganho é função direta do fluxo de produtos vendidos. Os produtos feitos, mas não vendidos ainda são classificados como estoque.

Inventário – É todo o dinheiro que a empresa empregou nos bens que pretende vender. Refere-se apenas ao valor das matérias-primas envolvidas. Não se inclui o valor adicionado ou o conteúdo do trabalho. O tradicional valor adicionado pelo trabalho se inclui nas despesas operacionais.

Despesas Operacionais – É todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar estoque em fluxo.

O Ganho é considerada a principal medida na escala de importância. Em segundo lugar vem o Inventário e em terceiro lugar a Despesa Operacional. Assim comenta GOLDRATT [1992]: *“O Ganho é a única medida que nós lutamos para aumentar, as outras duas tentamos reduzir. Desde que Inventário e Despesa Operacional não podem ser definidos na escala negativa, é aparente que estes caminhos somente oferecem oportunidades limitadas de melhorias. O processo de melhoramento contínuo terá, por definição, que se concentrar no Ganho, que é a única medida que não é inerentemente limitada”*.

A digressão sobre estes elementos de contabilidade tem o propósito de ressaltar a importância que os mesmos tem para as operações TOC. Entretanto, a discussão mais aprofundada destes elementos de contabilidade face à contabilidade tradicional demanda uma abordagem de custos que foge ao escopo deste estudo.

6.2.1 Histórico da TOC aplicada à produção

Segundo GARDINER et al. [1994], em 1979, o físico Eliyahu Goldratt (o mentor da Teoria das Restrições) foi convidado por um amigo para projetar um sistema de programação de produção para a sua fábrica de granjas de frangos. A fábrica triplicou os seus ganhos e Goldratt decidiu comercializar o seu produto dentro dos Estados Unidos sob o nome de OPT (*Optimized Production Technology*). O produto (software) gerou um considerável interesse dentro dos Estados Unidos como uma ferramenta de planejamento e programação da produção. JACOBS [1994] complementa dizendo que o OPT passou a ser visto como uma alternativa para o MRP, resolvendo muitas questões pendentes inerentes a este sistema.

Entretanto, GARDINER et al. [1994] comentam que a teoria que fundamentava o OPT era considerada pelas empresas que implementaram o sistema como “caixa preta” e muitos gerentes relutavam em prosseguir na implementação. Para solucionar o problema Goldratt lançou, em 1984, o livro “A Meta” no qual direciona o leitor para os conceitos que fundamentam o OPT. Para complementar a aplicação dos princípios da Teoria das Restrições no planejamento e controle da produção, Goldratt lançou, em 1986, o livro “A Corrida” explicitando os conceitos

fundamentais contidos no livro “A Meta”. A repercussão positiva dos seus livros e os casos de sucesso na implementação dos conceitos da Teoria das Restrições (mesmo sem o uso do software OPT) levou o autor a se concentrar não mais no OPT, mas na divulgação dos seus conceitos de gerenciamento das restrições em empresas e universidades. Em 1990, lança o livro “A Síndrome do Palheiro”, onde, finalmente, descreve com mais detalhes a arquitetura de um sistema de informação e programação, que passou a ser a base para o surgimento de muitos softwares de aplicação da Teoria das Restrições na produção.

Vale ressaltar que este estudo não pretende se aprofundar na lógica de programação do software aplicativo da TOC na produção, mas analisar os principais conceitos e princípios do sistema, numa perspectiva de integração dos mesmos à Manufatura Enxuta e ao MRP II.

6.2.2 Uma visão geral sobre a Teoria das Restrições na Produção - GRP

Nos últimos anos têm surgido publicações de novas aplicações da TOC, como, por exemplo, na administração de projetos. Para evidenciar melhor a aplicação da TOC na produção, passar-se-á a tratar este enfoque como Gerenciamento das Restrições na Produção, ou simplesmente GRP.

É necessário esclarecer que num ambiente de manufatura há uma série de restrições a serem consideradas: restrições de mercado, restrições quanto aos fornecimentos, restrições dadas pela política da empresa e restrições de capacidade do processo produtivo. Um recurso restritivo¹ pode ser um recurso gargalo ou não. GOLDRATT e COX [1995] definem recurso gargalo como: “*É o recurso cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele*” e recurso não gargalo como: “*É o recurso cuja capacidade é maior do que a demanda colocada nele*”. Em algumas situações, pode não haver gargalos reais numa fábrica - todos os centros produtivos estão superdimensionados em relação à demanda - mas sempre haverá algum recurso que restrinja a produção - por exemplo, a montagem final, que responde à demanda de mercado (no caso de a demanda ser o limitante). Este, então, será o recurso restritivo, apesar de não ser um gargalo real. Pode também haver o caso em que, por definição, vários recursos sejam gargalos (vários recursos

¹ Neste trabalho, quando não explicitado, os termos recurso restritivo e gargalo serão utilizados com o mesmo sentido.

que têm capacidade menor que a demanda do mercado). Neste caso, o recurso restritivo será aquele recurso, dentre aqueles considerados gargalos, que tiver menor capacidade produtiva. Este então será aquele que limitará a capacidade produtiva de todo o sistema.

Buscando a otimização do todo (aumento da lucratividade no presente e no futuro) através da manufatura, o GRP questiona e nega alguns pressupostos que a administração da produção tradicional tem considerado como pressupostos, principalmente em relação ao aspecto de programação das atividades no chão-de-fábrica. Em função disso Goldratt desenvolveu um conjunto de princípios que formam a base para a lógica dos softwares dos GRP's encontrados no mercado. A descrição resumida destes princípios será feita com base em JACOBS [1984] e CORRÊA e GIANESI [1996].

Princípios do Gerenciamento das Restrições na Produção

1 – Balanceie o fluxo e não a capacidade - O GRP é a favor do balanceamento do fluxo de materiais e não na capacidade dos recursos. O balanceamento do fluxo é dependente da restrição do processo produtivo.

2 - A utilização de um recurso não gargalo não é determinada por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema - A produção em massa sempre fomentou o aproveitamento máximo do potencial dos recursos produtivos (a busca da eficiência local). Esta prática, normalmente, gera inventário desnecessário. Para o GRP a utilização de recursos não gargalos é função do que está sendo produzido no momento, ou seja, do fluxo balanceado com a demanda.

3 - Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos – Ativar um recurso não gargalo mais do que o suficiente para alimentar um recurso gargalo limitante não contribui em nada para alcançar os objetivos definidos pelo GRP. Ao contrário, o fluxo se manteria constante, ainda limitado pelo recurso gargalo e, ao mesmo tempo, aumentariam os estoques e as despesas operacionais, com a administração deste estoque gerado.

4 – Uma hora ganha num recurso gargalo é uma hora ganha para o sistema global - Outro pressuposto que o GRP nega é o de que há benefícios iguais em se reduzir os tempos de preparação dos recursos de produção, sem se importar se o recurso em questão é um recurso

gargalo ou um recurso não gargalo. Por definição o tempo disponível num recurso gargalo é dividido em dois componentes: tempo de processamento e tempo de preparação. Num recurso gargalo, se uma hora do tempo de preparação é economizada, uma hora é ganha no tempo de processamento. Na verdade, ganhar uma hora num recurso gargalo não é apenas ganhar uma hora de tempo de um preparador de máquina ou uma hora de produção numa máquina, mas significa ganhar uma hora para o sistema todo

5 – Uma hora ganha num recurso não gargalo não é nada, é só uma miragem - Por definição, o tempo disponível de um recurso não gargalo tem três componentes: o tempo de preparação, o tempo de processamento e a parcela de tempo em que o recurso fica ocioso. Portanto, uma hora de preparação economizada num recurso não gargalo é apenas uma hora a mais de ociosidade para esse recurso, já que o tempo de processamento num recurso não gargalo é definido, não por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema.

6 – O lote de transferência pode não ser, e freqüentemente não deveria ser, igual ao lote de processamento - De acordo com o GRP, é necessário considerar a questão dos tamanhos de lotes segundo estas duas perspectivas, conforme Figura 6.4:

- a perspectiva do recurso: relacionada com o que se chama no GRP “lote de processamento”;
- a perspectiva do fluxo: relacionada com o que se chama no GRP “lote de transferência”.

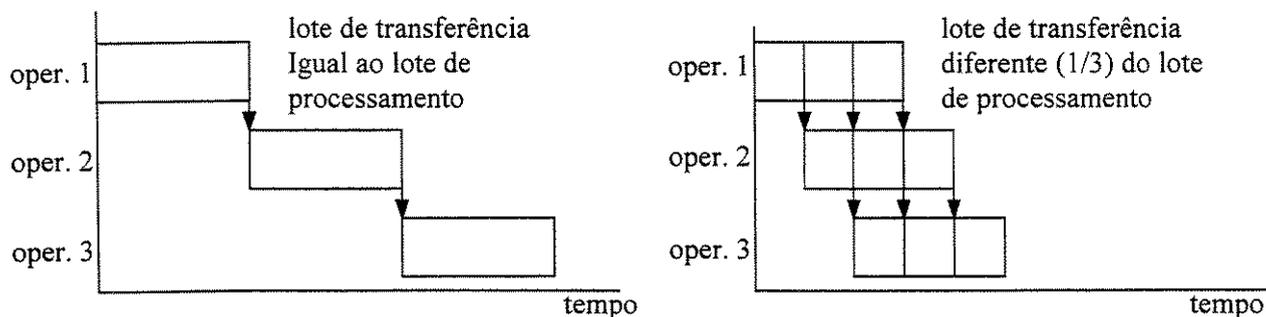


Figura 6.4 - Lotes de transferência e lotes de processamento

No GRP, o lote de transferência é sempre uma fração do lote de processamento. O lote de processamento é lote de produção que vai ser processado após uma preparação de máquina. O lote de transferência é a fração do lote de processamento que deve ser transferida para as

próximas operações. Para o GRP estes lotes não têm que ser iguais; quantidades de material processado podem ser transferidas para uma operação subsequente mesmo antes que todo o material do lote de processamento esteja processado. Isto permite que os lotes sejam divididos, podendo reduzir o tempo de passagem dos produtos pela fábrica.

Normalmente, os sistemas de programação da produção tradicionais assumem que há um só tamanho de lote para cada item, ou seja, consideram que o lote de transferência é sempre igual ao lote de processamento. Alguns sistemas tradicionais consideram também que este tamanho de lote deve ser o mesmo para todas as operações que processam o produto. Isto traz uma dificuldade adicional para a determinação deste tamanho de lote, pois para um processo que necessite do processamento de várias máquinas em seqüência é possível, para cada máquina, que o resultado do cálculo do lote econômico seja distinto. Isto levou o GRP a definir outro princípio.

7 – O lote de processamento deve ser variável e não fixo – O GRP acredita que a flexibilidade na definição do tamanho dos lotes é fundamental para a eficácia da operação do processo produtivo. Ao contrário do que ocorre na maioria dos sistemas tradicionais, o tamanho dos lotes de processamento é uma função da situação da fábrica e pode variar de operação para operação.

8 – Os gargalos não só determinam o fluxo do sistema, mas também definem seus estoques - Os gargalos definem o fluxo do sistema produtivo porque são o limitante de capacidade. Entretanto, são também os principais condicionantes dos estoques, pois estes são dimensionados e localizados em pontos tais que consigam isolar os gargalos de flutuações estatísticas propagadas por recursos não gargalos que os alimentam. Estas flutuações são ocasionadas por incertezas na operação como: falta de consistência do operador, falta de energia, quebras de equipamentos, etc. Por mais que se possa controlar boa parte desta flutuação estatística, é impossível para os sistemas de produção eliminar a componente aleatória dos tempos de execução de suas operações. Portanto, em todos os processos produtivos, as flutuações estatísticas existem, em maior ou menor grau, e afetam pelo menos boa parte das operações executadas.

CORRÊA e GIANESI [1996] explicam que estas flutuações estatísticas têm uma distribuição aproximadamente normal, dado que são a resultante da ocorrência de uma série de eventos aleatórios, ou fora de controle. Caso as operações de manufatura fossem isoladas, ou seja, não fossem parte de uma cadeia seqüencial de operações que concorrem para a produção de

determinado item, a soma destas flutuações estatísticas tenderia a zero. Os atrasos em determinados ciclos tenderiam a compensar os adiantamentos em outros de forma que, em média, o desvio do tempo médio esperado de execução da operação tenderia a zero. Entretanto, na verdade, a manufatura envolve o encadeamento de operações interdependentes, ou seja, determinada operação só pode ser executada quando a operação anterior na cadeia termina. Portanto, neste caso, a flutuação estatística da cadeia não tem média zero, mas os atrasos tendem a propagar-se ao longo da cadeia. Um atraso de cinco minutos numa operação da cadeia faz com que a operação subsequente só possa começar cinco minutos depois, porque as duas operações encadeadas são eventos dependentes. Para proteger o recurso gargalo contra estas incertezas, cria-se, por exemplo, um estoque antes da máquina-gargalo de modo que qualquer atraso nos recursos que alimentam o gargalo não repercuta em parada do gargalo por falta de material. Isto é feito criando-se um estoque de tempo de segurança (*time buffer*) antes do recurso gargalo. Ou seja, programam-se os materiais para chegarem ao recurso gargalo determinado tempo (de segurança) antes do instante em que o recurso gargalo está programado para começar sua operação. Dessa forma, se qualquer atraso ocorre com os recursos que alimentam o recurso gargalo, este pode ser absorvido por este tempo de segurança.

Sobre isso GOLDRATT [1992] comenta: *“Todas as não restrições devem ser capazes de processar material mais rápido do que o estritamente pedido pelo índice da restrição. Devem continuar fornecendo o que a restrição precisa, mais a reconstrução do inventário protetor. Isso nos leva à inevitável conclusão de que, enquanto existirem flutuações estatísticas, todos os outros recursos devem ter mais capacidade que o estritamente pedido pela demanda, se quisermos explorar a restrição”*.

9 – A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não seqüencialmente. Os *lead times* são um resultado da programação e não podem ser assumidos a priori - O GRP considera que os tempos de fila são dependentes de como a programação é feita. Se determinada ordem de produção ganha prioridade por qualquer motivo numa fila aguardando por determinada operação, esta ordem vai ficar um tempo menor na fila. Como o tempo de fila é um dos principais componentes dos *lead times* dos itens, fica evidente que os *lead times* vão ser diferentes, conforme a forma com que se dá a seqüenciação

das ordens. O GRP, portanto, aborda o problema de forma distinta, considerando de forma simultânea a programação de atividades e a capacidade dos recursos gargalos. Considerando as limitações de capacidade dos recursos gargalos, o GRP decide priorizar a ocupação destes recursos e, com base na seqüência definida, pode calcular, como resultado, os *lead times* e, portanto, pode programar melhor a produção.

A lógica de aplicação do GRP na produção - TPC

A programação do GRP é baseada nos nove princípios apresentados, sendo considerada um dos pontos mais fortes do sistema. Se, por exemplo, num processo produtivo formado por oito recursos se descobre que o recurso número 4 é o recurso restritivo, o sistema GRP começará a programação naquele ponto. Este é o ponto em que é necessário “bater o tambor”, que é a analogia usada no GRP para indicar que é aquele o ponto que deve ditar o ritmo de todo o sistema produtivo.

O primeiro passo do GRP é carregar o recurso restritivo com o total da demanda de trabalho a ser processado, para atingir máximo fluxo. Simultaneamente, estabelece-se a melhor seqüência para os trabalhos, decidindo as prioridades entre as atividades, levando em conta as datas dos pedidos. O próximo passo é proteger o recurso restritivo contra as possíveis incertezas que podem por em risco a chegada dos materiais para o cumprimento da seqüência de trabalho que o recurso restritivo vai executar. Por exemplo, a constatação de que um evento incerto com probabilidade considerável de ocorrer com o fornecimento de material para o recurso restritivo é a quebra da máquina fornecedora, com tempo esperado de conserto de dois dias, é necessário planejar a chegada dos materiais vindos da máquina fornecedora ao recurso restritivo pelo menos dois dias antes da data em que o recurso restritivo está programado para processá-los. Os materiais que passam por este estoque de proteção, estoque por tempo de segurança (*time buffer*), vão estar sempre mudando, mas terão, neste exemplo, um valor de no mínimo dois dias.

O passo seguinte é usar o recurso restritivo para programar e controlar a utilização dos recursos não gargalos. Os recursos não gargalos que vêm, no roteiro de produção, depois do recurso gargalo, são controlados diretamente pelo recurso restritivo, já que eles só podem processar o que foi liberado pelo recurso restritivo e na seqüência em que o recurso restritivo os

liberar. Além disso, por definição, os recursos não gargalos têm folga no programa, isto é, têm maior capacidade produtiva do que é demandado. Portanto, não deverão ter problemas em processar o material vindo dos gargalos.

Os recursos restritivos controlam, também, os estoques ao longo do processo produtivo. Isto é obtido “amarrando-se uma corda” inelástica que liga o estoque de tempo de segurança à operação inicial do sistema produtivo. Assim, a primeira operação é programada de forma sincronizada com o consumo do recurso restritivo e a chegada de material no estoque protetor. Assim, os estoques não poderão subir a níveis mais altos do que aqueles predeterminados, levando em conta as possíveis incertezas às quais os recursos não gargalos anteriores ao recurso restritivo podem estar sujeitos. A idéia dos estoques de tempo de segurança é exatamente garantir que os recursos restritivos não fiquem ociosos, sem material para processar, ocasionando uma perda para todo o sistema em função da quantidade de fluxo não processada.

Esta sincronização é denominada pelo GRP de TPC - Tambor-Pulmão-Corda (*drum-buffer-rope*). O tambor representa o recurso restritivo e dita o ritmo e o volume da produção do sistema. O estoque protetor (pulmão), estoque por tempo de segurança, antes do recurso restritivo e sincronizado com este, garante que o recurso restritivo não pare por falta de material. A corda representa a sincronização entre a necessidade de chegada de materiais no estoque protetor e a admissão de matérias-primas no sistema, GOLDRATT [1994].

Para ilustrar melhor tomar-se-á um exemplo extraído de CORRÊA E GIANESI [1996]. Uma fábrica tem uma operação final de montagem com o seu recurso restritivo localizado num dos ramos que alimentam esta montagem, conforme mostra a Figura 6.5. Este exemplo mostra que é necessário também prover o ramo que não contém o recurso restritivo de algum tipo de segurança, pois, caso contrário, as partes processadas pelo recurso restritivo poderiam ter de esperar para ser montadas, caso as partes providas pelo ramo não gargalo sofressem algum tipo de atraso.

Como um dos objetivos do GRP é aumentar o fluxo, ou seja, a passagem de material vendido pelo sistema produtivo, o GRP procura acelerar ao máximo a conclusão das ordens, uma vez que estas são processadas pelo recurso restritivo. Assim, o GRP define alguns estoques de proteção secundários, também estoques de tempo de segurança, que protegem as datas de entrega

prometidas e o fluxo do sistema. Estes estoques são formados por materiais que deverão participar da montagem, juntamente com material que foi processado por um recurso restritivo. O objetivo é garantir que os materiais processados pelo recurso restritivo possam, o mais rapidamente, transformar-se em fluxo (vendido), não ficando sujeito a eventos incertos de operações não gargalos que possam vir a ocorrer e que poderiam prejudicar o fluxo maximizado pretendido pelo sistema. O tamanho dos estoques de proteção secundários é definido pela natureza e probabilidade da ocorrência dos eventos aleatórios que possam afetar o desempenho dos ramos não gargalos.

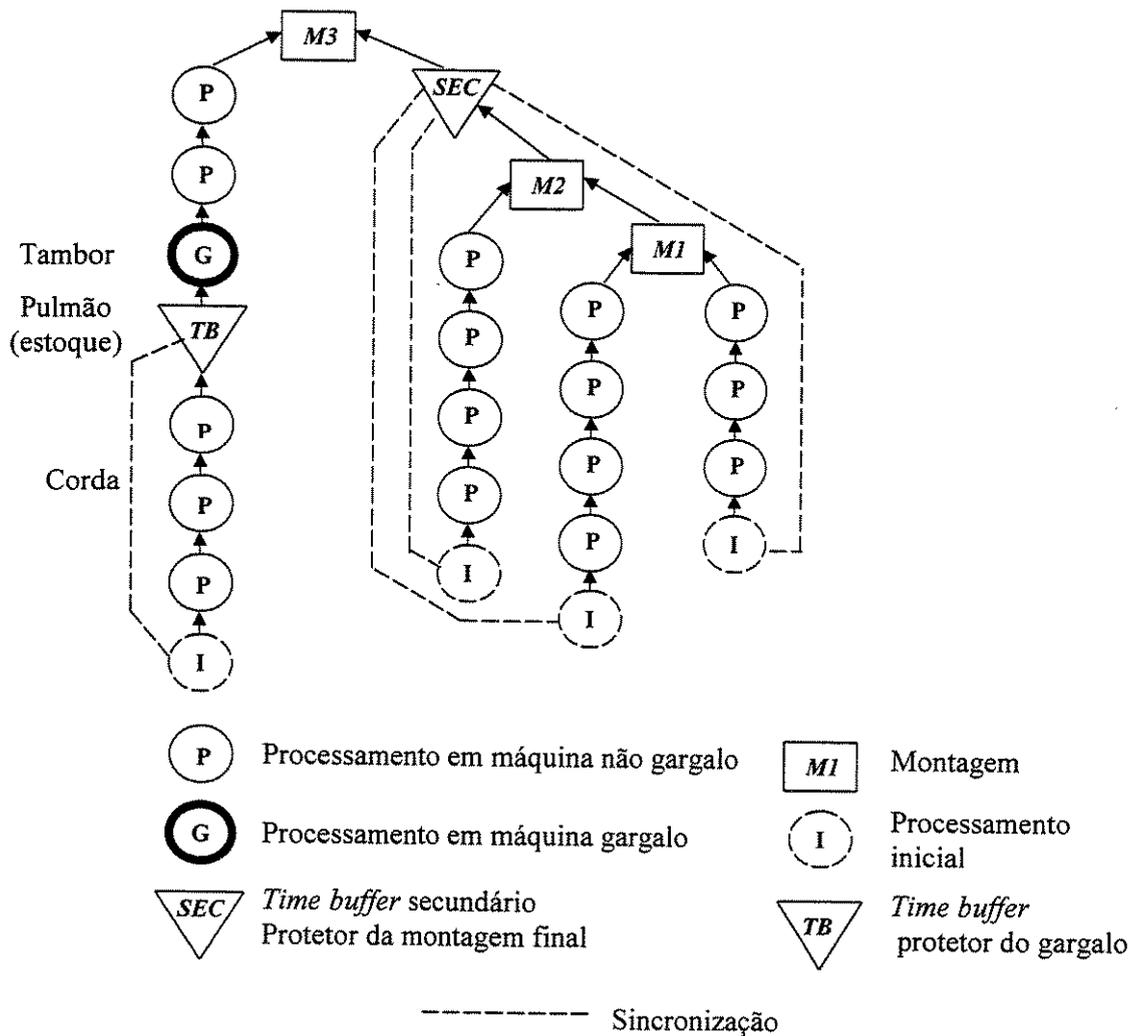


Figura 6.5 - A lógica do tambor-pulmão-corda no GRP

O processo de melhoria contínua do GRP

GOLDRATT e COX [1995] sugerem que o seguinte processo seja seguido para gerenciar um sistema produtivo utilizando a lógica da Teoria das Restrições.

Passo 1 - Identificar as restrições do processo (os recursos restritivos ou os gargalos) - identificar aqueles recursos cuja capacidade produtiva restringe a capacidade do sistema como um todo de atender o seu fluxo de vendas de produtos. Atenção para o fato de que é possível que a restrição esteja na própria demanda do mercado.

Passo 2 - Explorar as restrições do processo - explorar as restrições significa tirar o máximo delas. por exemplo, não perder tempo algum na utilização das máquinas gargalo.

Passo 3 - Subordinar tudo o mais às decisões referentes às restrições - os gargalos definem o fluxo de produção e os estoques, a ocupação dos recursos não gargalos, entre outros. GARDINER et al. [1994] enfatizam que este passo é uma grande mudança em relação às práticas tradicionais que operavam os recursos não gargalos como se eles fossem recursos gargalos. NOREEN et al. [1996] comentam: *“o exemplo mais claro de subordinação é fornecido pelo sistema de programação do TPC, no qual a restrição estabelece o ritmo de todo o sistema. [...] Qualquer decisão relativa a recursos não restritivos precisa ser respondida à luz de como a ação irá envolver ou causar impacto na restrição. O foco está na maximização do ganho e não na minimização do custo”*.

Passo 4 – Elevar a restrição - significa aumentar de alguma forma a capacidade de produção do gargalo, no sentido de aumentar a capacidade de fluxo do sistema. CORRÊA E GIANESI [1996] explicam que este passo só deveria ser dado após a restrição ter sido explorada ao máximo, pois pode repercutir em certo aumento nas despesas operacionais (por exemplo, com subcontratação, turnos extras, compra de máquinas, etc.)

Passo 5 - Se no passo 4 uma restrição foi relaxada, voltar ao passo 1 para identificar a próxima restrição do sistema. Não deixar que a inércia torne-se a próxima restrição. GARDINER et al. [1994] explicam que a ênfase de Goldratt na “inércia” é porque a maioria dos problemas de um sistema vem de políticas que foram corretas no tempo que elas foram criadas, mas não sofreram as adaptações necessárias em função das mudanças no meio ambiente.

6.2.3 Vantagens e limitações do GRP

Segundo GARDINER et al. [1994], uma das vantagens do GRP reside na simplicidade do gerenciamento do sistema produtivo, uma vez que a atenção está voltada para apenas um recurso ou poucos recursos, os recursos restritivos. A focalização nos elementos críticos torna a dinâmica de uma organização mais facilmente entendida e gerenciável. A abordagem GRP torna o gerenciamento sistêmico factível. A gerência da produção não dispersa esforços, mas concentra-os na solução dos problemas que possam comprometer o desempenho dos recursos restritivos. CORRÊA E GIANESI [1996] comentam que os resultados da implantação do OPT (primeira versão do software aplicativo do GRP) parecem vir rápido, pois o esforço de implantação é menor devido à focalização da atenção em poucos pontos considerados críticos. O sistema restringe a necessidade de dados com alto nível de acuidade, já que apenas os recursos-gargalo demandam dados precisos.

Os nove princípios do GRP, integrados em torno do gerenciamento do recurso restritivo, constituem uma grande contribuição para a gestão do processo produtivo face ao modelo tradicional da produção em massa. Segundo SPENCER [1991], o foco no balanceamento do fluxo com a demanda através do recurso restritivo maximiza o ganho (saída da produção vendida). A lógica do método TPC, que se utiliza dos nove princípios do GRP, é de “puxar” a produção e tem tido uma aceitação crescente em empresas no mundo inteiro. A diferenciação entre lote de processamento e lote de transferência e o posicionamento dos estoques de proteção somente antes dos recursos restritivos contribuem para reduzir o estoque em processo e o *lead time*.

GARDINER et al. [1994] comentando sobre a capacidade disponível dos recursos não gargalos diz: “*Os recursos não gargalos trabalham somente para alimentar a restrição. Então, as técnicas de gerenciamento da capacidade para gerenciar o desempenho local de cada recurso tornam-se obsoletas*”. O foco no gerenciamento da restrição resulta, segundo o autor, numa grande qualidade do sistema GRP: a simplicidade do gerenciamento da manufatura. CORRÊA E GIANESI [1996] lembram que o software aplicativo do GRP pode ser usado como um simulador da fábrica, respondendo a perguntas do tipo “o que aconteceria se...” . Também por força de ser um simulador focalizado nos recursos restritivos, os *lead times* de produção do GRP não têm de

ser assumidos *a priori*, mas são, na verdade, o resultado do processo de simulação. O “mistério” em torno do algoritmo dos softwares de aplicação do GRP já não existe e versões do aplicativo já se encontram bastante difundidos no mercado internacional. O valor de aquisição do software aplicativo do GRP ainda é alto, sendo, no entanto, mais flexível quando à estrutura de hardware necessária, quando comparado ao MRP II.

Uma observação importante é quanto à necessidade da eliminação de desperdícios do processo produtivo como um todo, incluindo os recursos não gargalos. Com o fluxo produtivo já balanceado com a demanda, a otimização dos processos não gargalos através da eliminação de funções que não agregam valor pode representar uma grande contribuição para a redução da despesa operacional. Nesta linha de raciocínio comenta NOREEN et al. [1996]: *“A capacidade para aplicar o sistema TPC em processos sincronizados de produção levanta uma questão interessante. Existe um ponto negativo neste ponto forte do TPC. Uma fábrica TOC talvez nunca chegue a fazer um aprimoramento das operações não-restrição – algo que teria de ser feito para que o JIT fosse bem-sucedido. Nem todos os aperfeiçoamentos nos processos produzem lucros adicionais. Não obstante, a compreensão mais profunda de todos os processos, que vem com a prática cuidadosa do JIT, pode revelar oportunidades de real economia que seriam negligenciadas numa implementação TOC”*.

Na implementação do GRP existe uma certa dificuldade na identificação dos recursos gargalos, normalmente em função de se trabalhar com grandes lotes, manutenção de máquinas deficiente, problemas de qualidade, etc. A identificação incorreta do gargalo compromete o desempenho do GRP. Esta dificuldade pode aumentar se o mix de produção variar com frequência, criando gargalos errantes.

6.2.4 Integração do GRP com o MRP II e a Manufatura Enxuta

As considerações dos princípios, vantagens e limitações do GRP face ao modelo de integração do MRP II com o Manufatura Enxuta (item 6.1.4) sugerem e fomentam um esforço de integração dos três sistemas buscando um salto de produtividade na gestão do processo produtivo. Entretanto, esta abordagem de integração limitar-se-á ao aproveitamento dos princípios do GRP que podem agregar valor ao modelo híbrido formado pela integração do MRP II com a

Manufatura Enxuta. Uma abordagem mais extensa e complexa pode ser feita sobre a integração do software MRP II com o software aplicativo do GRP envolvendo um conhecimento mais aprofundado do algoritmo do GRP, nem sempre facilmente disponível. Entretanto, os princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta associados ao banco de dados e à capacidade de planejamento do MRP II apresentam um modelo de gestão do processo produtivo que torna prescindível a utilização de mais um software como uma solução para o aumento da produtividade.

Uma primeira e importante contribuição do GRP é o foco na identificação e administração da restrição. Segundo SPENCER [1991], a identificação do gargalo pode ser realizada com o auxílio do MRP II que pode emitir relatórios semanais sobre a carga de trabalho (tempos de trabalho padrão x quantidade a ser produzida) e a capacidade disponível de para cada recurso produtivo. Se o tempo de preparação não for considerado pelo MRP, este deve acrescentado para que a relação entre carga de trabalho e capacidade disponível seja real. O excesso de estoque antes de um recurso em relação aos demais recursos produtivos é também um bom indicador do gargalo. Um outro caminho para identificar o recurso restritivo é, segundo SPENCER [1991], localizar as máquinas que estão constantemente sofrendo revisão de programação em função de mudanças na sua capacidade. Entretanto, segundo ROTHER e SHOOK [1999] na reorganização dos processos para a implementação da Manufatura Enxuta é recomendável não se utilizar dos tempos de trabalho padrão registrados no banco de dados do MRP, mas recomeçar uma nova medição dos tempos de processamento e dos tempos de preparação.

A identificação do recurso restritivo é uma informação importante para o MPS (Plano Mestre de Produção) que passa a planejar a produção, para um determinado período de tempo, levando em consideração a capacidade do recurso restritivo. Entretanto, a contribuição do GRP ao modelo híbrido formado pela integração do MRP II com a Manufatura Enxuta está essencialmente voltada para a otimização da programação da produção no chão-de-fábrica. As ordens de produção, ou os pedidos dos clientes, são agora direcionados para o recurso restritivo que passa a ditar o ritmo da produção segundo o tempo *takt*. O sistema continua puxado, porém com algumas vantagens adicionais em relação ao sistema de supermercado do *kanban*. Com a diferenciação entre lote de processamento e lote de transferência (princípio 6), o lote de transferência pode ser unitário. Isto associado à colocação de estoque protetor apenas antes da

restrição (princípio 9) contribui para reduzir o estoque em processo. Neste sentido COOK [1994] comenta: “*A dependência de uma fábrica TOC em relação às incertezas é quebrada colocando um estoque de tempo de segurança (time buffer) em frente à restrição. Estoque adicional é considerado desperdício, pois aumenta o inventário em processo e o lead time*”.

Com a agregação dos princípios do GRP os esforços de aprimoramento do processo produtivo, usando as ferramentas da manufatura enxuta, podem ser direcionados para o recurso restritivo, pois a elevação do recurso restritivo significa uma elevação do sistema produtivo como um todo. Por exemplo, o esforço para a redução de *setup* deve ser direcionado para o recurso restritivo, seguindo sempre este critério se o recurso restritivo muda em função do mix de produção ou se a demanda aumenta criando novos recursos restritivos. Segundo FULLMANN [1989] a otimização do processo produtivo como um todo, através do gerenciamento do recurso restritivo, vem coroar uma implementação do que há de melhor no MRP II e JIT, permitindo ao gerente orquestrar um conjunto harmônico de uma manufatura balanceada com a demanda do mercado.

6.2.5 Considerações finais sobre o GRP

O GRP desenvolve uma abordagem sistêmica ao procurar que as ações operacionais no chão-de-fábrica sejam direcionadas para a otimização do todo organizacional. Os seus nove princípios questionam alguns pressupostos que se cristalizaram com a prática da produção em massa e fornecem novas abordagens que auxiliam na tomada de decisão. O GRP distingue dois tipos de recursos no processo produtivo: os gargalos e os não gargalos. As tomadas de decisões giram em torno dos recursos gargalos pois eles determinam a capacidade produtiva do sistema com um todo.

As considerações dos princípios do GRP face ao modelo de integração do MRP II com a Manufatura Enxuta mostram como a gestão estratégica da manufatura não pode prescindir destes princípios para o desenvolvimento de vantagens competitivas. A incorporação dos conceitos da TOC aplicados à produção direciona os esforços para a otimização do processo produtivo com um todo, ajudando a balancear o fluxo com a demanda, reduzir inventário e *lead time*.

6.3 Gerenciamento da Qualidade Total - TQM

Sob a denominação TQM (*Total Quality Management*), ou TQC (*Total Quality Control*) encontram-se princípios de transformação cultural, normas, ferramentas técnicas e gerenciais, etc., que variam em forma e conteúdo de empresa para empresa, em função da visão da alta administração, do histórico da empresa, do perfil da indústria na qual ela se encontra, das exigências específicas dos clientes, etc.

O TQM é um sistema de administração que absorve dois conceitos fundamentais. O primeiro é o conceito de “controle total”, isto é, o controle dos processos organizacionais é exercido (e é responsabilidade) por todas as pessoas de uma organização. O segundo é o conceito de “qualidade total”, isto é, o sistema visa a satisfação de todos: clientes, funcionários, fornecedores, acionistas e a sociedade na qual a organização está inserida.

É importante observar que o TQM trabalha com visão sistêmica e deve estar totalmente voltado para os objetivos estratégicos da organização. A organização como um todo precisa atender às necessidades e expectativas dos clientes para alcançar os seus objetivos de lucratividade e crescimento. Por exemplo, a decisão de um gerente de produção de implementar uma determinada ferramenta da qualidade no seu processo produtivo deve ser criteriosamente confrontada com os objetivos de produtividade da empresa. As experiências de *benchmarking* trazidas para o ambiente interno devem ser analisadas face às necessidades do mercado, à cultura da organização e às necessidades específicas do seu processo. A personalização do TQM, seus princípios e ferramentas, deve estar coerente e a serviço da estratégia organizacional. Corrobora com esta colocação o comentário feito pela norma NBR ISO 9000 [2000] na sua introdução: *“Convém que a adoção de um sistema de gestão da qualidade seja uma decisão estratégica da organização. O projeto e a implementação de um sistema de gestão da qualidade de uma organização é influenciado por várias necessidades, objetivos específicos, produtos fornecidos, o processo empregado e o tamanho e estrutura da organização”*.

6.3.1 Breve histórico do controle da qualidade

O controle da qualidade moderno, como é conhecido atualmente, começou nos anos 30 com a aplicação industrial dos gráficos de controle (CEP - Controle Estatístico do Processo)

desenvolvidos pelo Walter A. Shewhart, da Bell Telephone Laboratories. A segunda guerra mundial foi o catalisador que tornou possível a aplicação destes gráficos em muitas empresas americanas, viabilizando a produção de suprimentos militares mais baratos e em grande quantidade.

O padrão atual dos sistemas de controle da qualidade incorpora uma contribuição importante da indústria japonesa. Segundo ISHIKAWA [1993], em função da destruição em que se encontrava o Japão após a Segunda Guerra Mundial e da baixa qualidade da indústria japonesa, as forças americanas ordenaram que a indústria de telecomunicações japonesa começasse a usar o controle estatístico do processo para melhorar a confiabilidade das suas comunicações. Os resultados foram promissores e os métodos estatísticos expandiram-se rapidamente para outras indústrias.

As visitas dos americanos W. E. Deming e J. M. Juran ao Japão, na década de 50, foram marcos importantes para o desenvolvimento da cultura da qualidade nas indústrias japonesas. Segundo ISHIKAWA [1993], Deming, na sua primeira visita em 1950, enfatizou o uso do CEP para o controle dos processos e o uso do ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Act) para melhorar a qualidade. Juran, na sua primeira visita em 1954, enfatizou o uso da qualidade como uma ferramenta de administração, criando uma abertura para o estabelecimento da qualidade em todas as áreas da organização.

O surgimento e o sucesso dos círculos de controle da qualidade na indústria japonesa, na década de 60, contribuíram para tornar o trabalho em equipe um dos pilares do controle da qualidade total.

Com o desenvolvimento da cultura da qualidade surge no Japão, na década de 70, o termo “Company Wide Quality Control - CWQC”. Este termo, explica ISHIKAWA [1993], foi usado para se diferenciar do “Total Quality Control - TQC”, criado pelo americano Dr. Armand V. Feigenbaum. Esta diferenciação foi devida ao fato de que FEIGENBAUM [1991] defendia uma função administrativa bem organizada para gerenciar a qualidade, contando para isto com especialistas em controle da qualidade. No Japão, o enfoque dado foi no envolvimento de todas as divisões e de todos os empregados no estudo e na promoção da qualidade.

A abordagem inicial do controle da qualidade estendia-se apenas ao âmbito interno da organização, mas no início da década de 70 foi ampliada para incluir fornecedores, sistemas de distribuição e empresas afiliadas. A globalização da economia favoreceu o intercâmbio de ferramentas técnicas e gerências da qualidade entre países ocidentais e orientais permitindo a rápida homogeneização internacional dos padrões de sistemas da qualidade, refletidos atualmente no conjunto de normas da família ISO 9000.

6.3.2 Uma visão geral sobre o TQM

O TQM fundamenta-se no princípio de que as atividades dos departamentos não devem ser isoladas, mas constituir um trabalho interativo e coordenado. Segundo ISHIKAWA [1993], é necessário que o controle de custo (controle dos preços e controle de lucros), o controle da quantidade técnica (interna e externa) e o controle da data de entrega sejam incentivados e integrados em toda a organização. Se o controle de custos for rigorosamente administrado, a empresa poderá saber qual o aumento de lucratividade que terá caso determinados focos de problemas sejam eliminados. A redução dos custos, pela redução dos desperdícios em função da má qualidade, ajuda a empresa a ter segurança na negociação dos preços e a obter vantagem competitiva em custo, oferecendo ao mercado um produto competitivo.

O controle do percentual de produtos defeituosos ajuda a gerenciar os compromissos com os clientes. Se este percentual variar muito e houver muitos itens rejeitados, não será possível cumprir com os clientes os compromissos de entrega dos produtos na quantidade certa e na data especificada. Em resumo, o TQM enfatiza que a administração precisa ser feita em bases integradas. O controle da qualidade e o controle de custos não podem ser efetuados independentemente um do outro. Todas as áreas da empresa (marketing, projeto, compras, fabricação, etc.) devem participar das atividades do controle da qualidade, procurando a integração entre si, visando a otimização da organização como um todo.

A falta de qualidade implica em aumento dos custos operacionais e perda de mercado. A relação entre má qualidade e aumento dos custos é direta. Assim, comenta o americano CROSBY [1992]: *“A qualidade é medida pelo seu custo que é a despesa da não-conformidade.*

Esses custos são divididos em categorias de prevenção, avaliação e fracasso. Todos resultam, no entanto, de não se ter feito a coisa certa da primeira vez”.

Aqui reside a essência do conceito de qualidade. A Qualidade em ação é produtividade, satisfação dos clientes e acionistas, sobrevivência e crescimento da organização, por isso precisa ser sistêmica e objetiva, isto é, deve estar exclusivamente voltada para o atingimento dos objetivos estratégicos da organização. Deve ser mensurável e fundamentada numa mentalidade de melhoria contínua através do trabalho em equipe. Isto exige uma transformação da cultura da organização, que não é um processo fácil nem de curto prazo, mas exige paciência e uma persistência inexorável para alcançar as metas gradativamente estabelecidas.

FERRO [1991] comentando sobre a necessidade de mudança da cultura e das práticas gerenciais, diz: “[...] *Dessa forma, as organizações precisam estar muito atentas para sua cultura e para a necessidade de mudá-la, quando acreditarem que há necessidade de novas práticas administrativas para manter a competitividade e a sobrevivência da empresa*”.

Esta transformação cultural exige um programa contínuo de educação e treinamento para todos dentro da organização. Segundo ISHIKAWA [1993], a qualidade começa com educação e termina com educação. Educação contínua para todos, do presidente aos operários da linha de montagem. Este assunto já foi abordado no Capítulo 5, item 5.2, entretanto, vale comentar sobre os alguns aspectos que fundamentam transformação cultural, para a qual devem se dirigir os esforços da educação: a necessidade da interação contínua entre o planejamento e a execução, o desenvolvimento de uma mentalidade de trabalho em equipe e o sentido de responsabilidade pessoal pela qualidade do trabalho executado.

- ***Interação entre planejamento e execução***

Este paradigma apoia-se no uso do ciclo de melhoria, sistematizado pelo americano Dr. W. A. Shewhart, da Bell Laboratories, denominado PDCA (Plan, Do, Check, Act). DEMING [1990] foi quem mais divulgou o PDCA, incentivando o seu uso em todos os processos de uma organização. Deming ressaltava a importância de se associar o ciclo de projeto, produção, vendas e pesquisa de mercado a outro ciclo que começa na reexecução do projeto, baseada na experiência

obtida no ciclo anterior. Desta forma a qualidade é reprojeta e melhora continuamente. A Figura 6.6 ilustra a visão de Deming para a melhoria da qualidade com a utilização do PDCA.

O PDCA é uma ferramenta de mudança cultural que está no cerne da melhoria contínua dos processos organizacionais. O processo de administração estratégica visto no Capítulo 2 é orientado pelo PDCA. Ao se “rodar” o PDCA sobre os processos organizacionais promove-se a integração entre o planejamento e a execução, fortalecendo na empresa a mentalidade de “controle”, imprescindível para a melhoria, pois confronta os resultados da execução com os objetivos planejados, possibilitando agir para o aprimoramento do sistema.

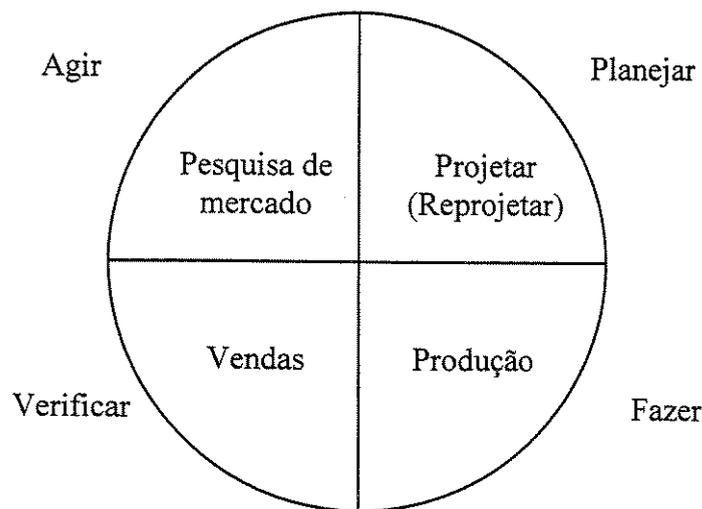


Figura 6.6 - O ciclo de melhoria de Deming

O enfoque fundamental do PDCA é sobre o cliente. As necessidades e exigências dos consumidores devem realimentar, continuamente, os padrões do fabricante. A menos que isto seja feito, o fabricante não poderá alcançar seus objetivos nem poderá garantir qualidade aos consumidores.

- **Trabalho em equipe**

Este paradigma se apóia no pressuposto básico de que todas as pessoas, dentro de uma organização, têm sabedoria humana e podem contribuir para as soluções dos problemas da empresa. Nenhuma empresa que queira adquirir vantagem competitiva pode se dar ao luxo de

desprezar a sabedoria que possuem, por exemplo, os operadores, e que deve ser usada na busca de mais eficácia e flexibilidade do processo produtivo.

Esta nova visão de valorização do homem dentro da organização teve como consequência a descentralização da autoridade - *empowerment* -, permitindo ao operador usar e desenvolver suas faculdades de inteligência e vontade, gerando mais comprometimento. Este comprometimento, que nasce livremente no interior do ser humano, é um valor essencial à liberação da latente capacidade criativa e de empreendimento das pessoas e é um fator fundamental de desenvolvimento e sustentação de vantagem competitiva, [ALVES, 1995].

Falando sobre a necessidade do *empowerment* na manufatura comenta GILGEOUS [1998]: *“Dar poder aos empregados significa proporcionar-lhes a habilidade de tomar decisões, ser responsável pelo seu próprio trabalho e ajudá-los a desenvolver um sentimento de domínio e comprometimento. ... A comunicação é um aspecto muito importante dentro do processo de empowerment. Se a posição e a visão da organização são comunicadas aos empregados, torna-se mais fácil para eles se identificarem com a organização e desenvolverem seu trabalho com mais efetividade”*.

Numa empresa manufatureira de classe mundial as soluções dos problemas normalmente devem surgir do trabalho de equipes, de pessoas motivadas, cada uma consciente da importância da sua contribuição no aprimoramento dos processos. GILGEOUS [1998] enfatiza que o trabalho em equipe é o meio mais comum de desenvolver os empregados. O trabalho em equipe está no cerne do desenvolvimento e sustentação de vantagens competitivas. Falando sobre o assunto ISHIKAWA [1993] comenta: *“Onde não houver atividades de trabalho em equipe, não pode haver atividades de qualidade total”*. O trabalho em equipe além de promover a melhoria dos processos organizacionais e o desenvolvimento das pessoas, colabora para a integração das funções organizacionais, quando, por exemplo, consegue-se que a média gerência trabalhe em equipe.

Falando sobre a importância do trabalho em equipe comenta DEMING [1990]: *“O trabalho em equipe é uma necessidade crucial na empresa como um todo. O trabalho em equipe exige que um compense com sua força a fraqueza de outro, e que todos agucem as inteligências uns dos outros com perguntas”*.

Equipes de melhoria ou círculos de controle da qualidade são pequenos grupos que se dedicam a atividade de controle da qualidade dentro da mesma área de trabalho, como parte das atividades de controle da qualidade por toda a empresa. Na produção, a formação de equipes de melhoria deve ser incentivada pela gerência de forma a agilizar a melhoria do processo produtivo. Através do diálogo e do uso de ferramentas de controle da qualidade, esses grupos investigam as causas, propõem soluções e avaliam os resultados. O sucesso da atividade está condicionado ao comprometimento e participação da alta e média gerência, caso contrário, os encarregados e os operários engajados nos times de melhoria não se sentirão encorajados a perseverar.

- ***Responsabilidade pessoal - autocontrole***

O TQM parte da premissa de que quem produz é responsável pela garantia da qualidade dos seus produtos, ou seja, a qualidade deve ser assegurada pela produção e não pelo departamento de inspeção, cuja função é apenas testar o produto segundo a ótica do cliente. A concretização desta nova postura diante do trabalho só é possível após a realização de programas de treinamento e educação, que irão preparar os operários para executar o autocontrole e a auto-inspeção do que eles produzem.

Mesmo que o departamento de produção de uma empresa inspecione com rigor seus produtos, sempre haverá problemas que a inspeção não vai detectar e peças defeituosas serão remetidas aos clientes. Além disso, as informações obtidas com a inspeção levam um certo tempo para retornar ao setor produtivo, provocando a continuidade da produção de peças defeituosas. Isto reduz a produtividade pela geração de refugos, retrabalhos, reajustes, etc., com um conseqüente aumento do custo. Assim, com o autocontrole realizado pela produção, torna-se possível obter informações instantâneas e estabelecer ações corretivas no sentido de diminuir o número de defeitos. Isto aumenta a motivação do operário, que vê melhorar continuamente o índice de qualidade do seu trabalho. Normalmente o autocontrole em cada operação do processo produtivo é feito com a ajuda de uma folha de instruções através da qual se orienta o operador, após o término da sua atividade de normal de produção. A implementação do autocontrole é uma importante colaboração na melhoria dos processos e na sustentação do fluxo produtivo.

Garantia da Qualidade

A garantia da qualidade é, segundo ISHIKAWA [1993], a própria essência da qualidade total. Significa todo um sistema estruturado com o objetivo de garantir a qualidade de um produto para que o consumidor possa comprá-lo com confiança e usá-lo por longo tempo com satisfação e segurança. Para que a estratégia empresarial de desenvolver vantagens competitivas através de uma produção enxuta tenha sucesso é imprescindível oferecer produtos com qualidade garantida. Para isto é fundamental que a alta gerência estabeleça políticas firmes que atinjam todas as áreas da empresa: pesquisa, planejamento, projeto, fabricação, vendas e serviços. Estas políticas precisam também alcançar os fornecedores e os vários sistemas de distribuição da empresa.

A estratégia do desenvolvimento de uma manufatura de classe mundial exige garantia da qualidade com ênfase no desenvolvimento de novos produtos. O desenvolvimento de vantagens competitivas exige que a cada passo do processo total, do planejamento de novos produtos aos serviços pós-venda, a avaliação seja conduzida com rigor e a qualidade assegurada. ISHIKAWA [1993] comentando sobre o valor da garantia da qualidade, com ênfase no desenvolvimento de novos produtos diz: *“A menos que um sistema de garantia da qualidade seja implementado desde o estágio de desenvolvimento de novos produtos, nenhum programa de garantia da qualidade adequado pode ser executado. A teoria e a prática precisam trabalhar juntas desde o estágio inicial do desenvolvimento de novos produtos”*. Quando a garantia da qualidade é conduzida para o desenvolvimento de novos produtos, todas as divisões da empresa podem planejar e controlar a qualidade. Essas divisões vão desde a pesquisa de mercado até os serviços pós-venda.

ISO 9000 – padrão internacional de modelo de garantia da qualidade

A ISO - International Organization for Standardization, órgão sediado em Genebra, Suíça, preparou, em 1987, uma série de normas sobre gestão e garantia da qualidade, apresentando um modelo único e amplo para se tratar o assunto. Estas normas foram e estão sendo adotadas de forma direta, ou com pequenos ajustes locais, por vários países. A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas adotou na íntegra as normas ISO 9000, editando e emitindo a série NBR ISO 9000.

Em outubro de 2000 foi aprovada em Kyoto, Japão, a versão final da ISO 9001: 2000 *Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos* que substitui as ISO 9001/2/3: 1994 – *Sistemas da qualidade - Modelos para garantia da qualidade*. São normas que atendem o ponto de vista do cliente da organização e a sua utilização se insere dentro de uma situação contratual, seja um contrato explícito ou implícito. Uma situação contratual se caracteriza quando uma organização se vê na necessidade (por exigência de um cliente específico ou do mercado) de implementar um sistema de gestão da qualidade, segundo a ISO 9000, e ter esse sistema certificado por um Organismo de Certificação Credenciado, a fim de comercializar os seus produtos. A transição para a nova versão, caso haja interesse das empresas já certificadas, poderá ser feita até outubro de 2003.

A entrada da ISO 9000 no mercado internacional trouxe importantes benefícios para as relações comerciais e para o crescimento das organizações. Em primeiro lugar promoveu a unificação dos modelos de normas da qualidade, aspecto essencial nas relações comerciais internacionais e que cresce de importância à medida que cresce a globalização da economia. Antes dela, não se tinha consciência da enorme dificuldade que seria para o mercado internacional a existência de diferentes normas da qualidade em vários países. Hoje, para grande parte do comércio internacional, as normas contendo requisitos para a qualidade se resumiram em uma só, facilitando as negociações e diminuindo os custos. Em segundo lugar, a introdução da ISO 9000 no mercado internacional aumentou a confiança das organizações nos seus fornecedores. Assim, uma organização que utiliza componentes de vários outros países para fabricar seus produtos, sente-se mais segura quando seus fornecedores têm sistemas da qualidade implementados e certificados e, como consequência, produtos mais confiáveis.

Um outro benefício importante advindo da introdução da ISO 9000 foi a redução drástica do desperdício da comunidade internacional. O foco na melhoria dos processos, através da identificação, otimização, documentação e controle dos mesmos, tem levado milhares de organizações, no mundo inteiro, a importantes reduções do custo global pela eliminação de desperdícios, permitindo a aplicação do capital economizado em atividades que agreguem valor e propiciando maior competitividade a essas organizações.

Gerência focada na melhoria de processos

O foco na otimização dos processos é um aspecto fundamental do TQM. A gerência de processos aliada à cadeia de cliente-fornecedor reduz as barreiras entre as áreas da empresa e promove a integração. Uma empresa é um grande processo com a finalidade de atender seus clientes ou usuários através da produção de bens e serviços, gerados a partir de insumos recebidos de fornecedores e transformados através de recursos humanos e tecnológicos. Internamente a empresa é formada por muitos processos que se dividem até a tarefa individual. Os processos se interligam formando cadeias cliente-fornecedor. A relação de parceria entre clientes e fornecedores, o esforço para uma relação ganha-ganha, é fundamental para a melhoria dos processos e satisfação de todos. A Figura 6.7 procura ilustrar esta relação. A análise e melhoria de processos devem ser atividades permanentes nas empresas que querem ser competitivas de forma consistente e duradoura. Toda e qualquer vantagem competitiva passa necessariamente pela melhoria de processos.

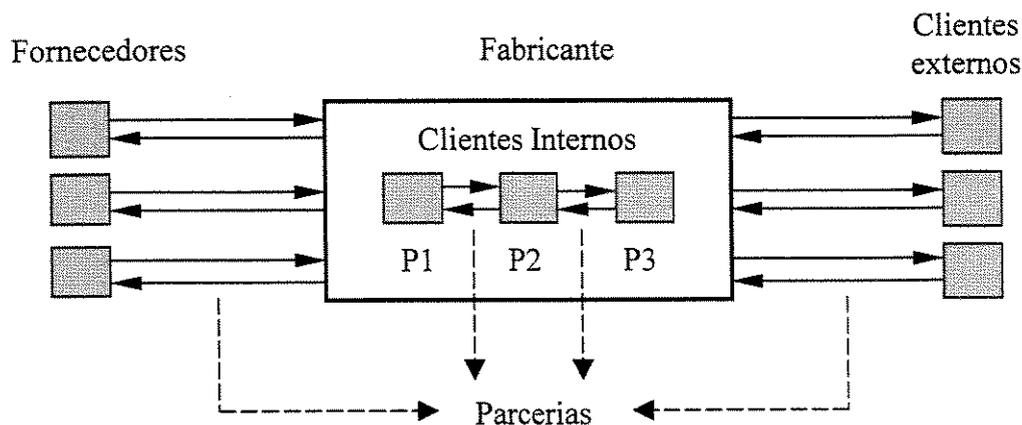


Figura 6.7 – Relação de parceria: base para a otimização dos processos

6.3.3 O suporte do TQM à gestão da produção

Na Toyota Motor Company o desenvolvimento do sistema *Just In Time* desde a sua origem esteve fortemente sustentado por um programa de melhoria da qualidade. O fluxo puxado e balanceado exige a produção de itens sem defeitos com prazos de entrega que atendam às necessidades do mercado. O fluxo produtivo resultante da integração dos sistemas de Manufatura

enxuta, MRP II e Gerenciamento das Restrições na Produção (GRP) necessita do suporte da Qualidade. Este suporte é necessário tanto para desenvolver uma mudança cultural voltada para o trabalho em equipe quanto para proporcionar o conhecimento, obtido através de treinamento, de ferramentas de controle da qualidade que devem ser utilizadas pelas equipes de melhoria visando o aprimoramento dos diversos fluxos de valor para os clientes, internos e externos. Os elementos fundamentais da transformação cultural já foram comentados no item anterior; algumas ferramentas de controle da qualidade na produção serão comentadas a seguir.

❖ **Fluxograma**

Fluxograma é a representação gráfica das atividades que integram determinado processo, sob a forma seqüencial de passos, de modo analítico, caracterizando as operações e os agentes executores. A Figura 6.8 mostra, como exemplo, um fluxograma simplificado do processo de fabricação de chapas estiradas para a fuselagem de uma aeronave.

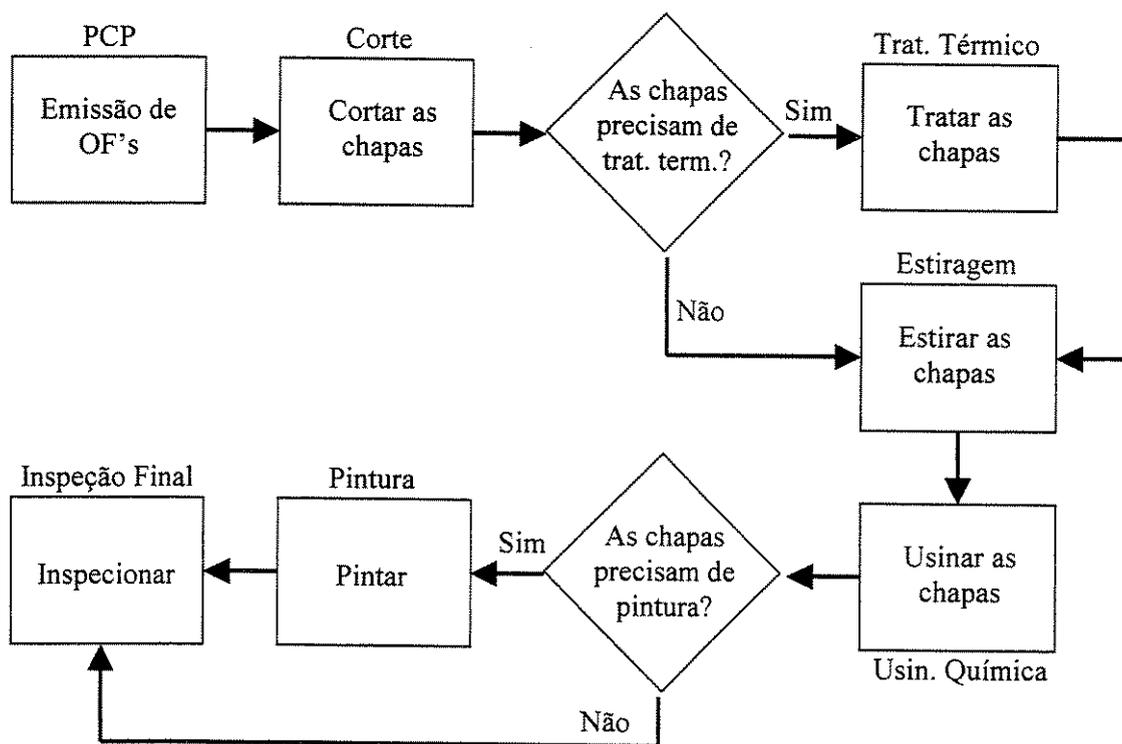


Figura 6.8 – Fluxograma simplificado do processo de fabricação de chapas estiradas

Existem vários tipos de fluxograma, cada um com sua simbologia própria. Os símbolos representam cada passo da rotina do processo, indicando a seqüência das operações e a circulação de materiais ou informação. O fluxograma (representação gráfica) é a forma mais completa de visualizar processos, revelando fatos despercebidos em outras formas de apresentação e facilitando o questionamento do valor agregado de cada atividade, face às necessidades do cliente. A prática da fluxogramação leva aos seguintes passos:

- 1 – A equipe de melhoria deve selecionar um processo que seja restrição ao aumento de produtividade do sistema como um todo;
- 2 – Com o conjunto de símbolos definido, descrever o processo na seqüência lógica, identificando as etapas, as atividades executadas e o responsável pela sua realização;
- 3 – Elaborado o fluxograma, identificar com o uso de outras ferramentas de controle da qualidade os problemas percebidos no processo e a prioridade de cada um no encaminhamento das soluções.

❖ Diagrama de Causa e Efeito (Diagrama de Ishikawa)

O Diagrama de Causa e Efeito foi desenvolvido para representar a relação entre o “efeito” e todas as possíveis “causas” desse efeito. Coloca-se ao lado direito o efeito observado e ao longo de um traço que sai para a esquerda se posicionam os seis principais tipos de causas que são conhecidas como os seis “emes” (Mão-de-Obra, Método, Materiais, Máquinas, Medição e Meio-Ambiente), como procura ilustrar a Figura 6.9.

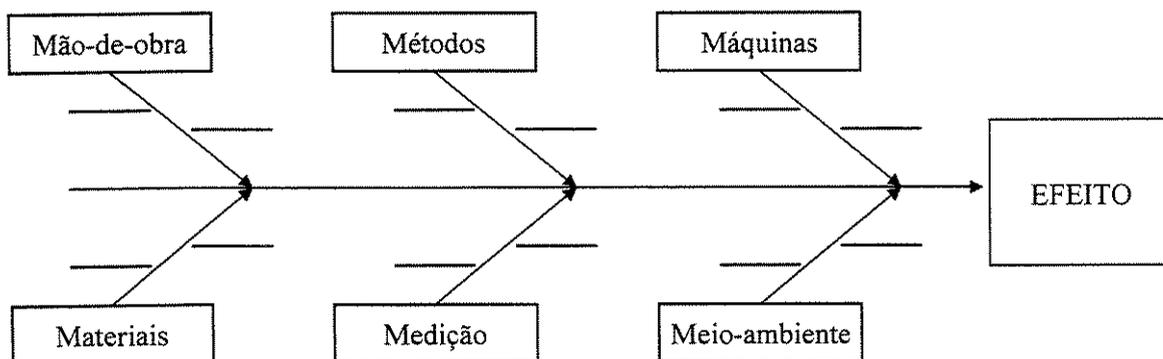


Figura 6.9 – Diagrama de Causa e Efeito

Os seis “emes” desse diagrama não necessariamente devem ser esses, pode ser qualquer outra observação feita. Porém, pelo fato de que esses seis elementos agrupam todas as ocorrências da área de fabricação, utiliza-se essa nomenclatura. É uma ferramenta que promove o trabalho em equipe e fomenta a criatividade. O Diagrama de Causa e Efeito deve ser utilizado sempre que for necessário identificar, explorar e ressaltar todas as causas de um problema. Ao utilizar-se do Diagrama de Causa e Efeito deve-se seguir as seguintes etapas:

- 1 - Definir o problema com todos os dados;
- 2 - Gerar idéias, entre todos, para reunir as possíveis soluções;
- 3 - Construir o diagrama utilizando os seis “emes”;
- 4 - Interpretar todas as colaborações como possíveis causas da falha e apressar a identificação da causa mais profunda.

❖ Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma forma de gráfico de barras verticais que permite determinar quais os problemas são prioritários. A Figura 6.10 mostra um exemplo genérico do gráfico de Pareto.

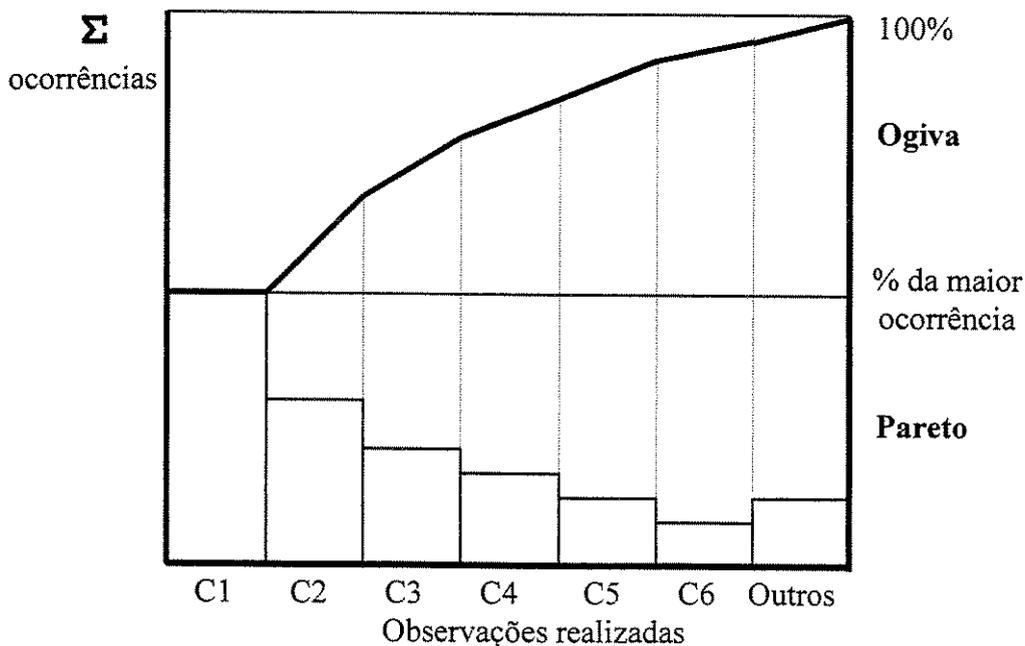


Figura 6.10 – O Gráfico de Pareto

As barras mais altas, do início do gráfico indicam os problemas principais que deverão ser atacados em primeiro lugar. A respectiva relação do percentual acumulado dá uma visão mais clara da importância dos problemas com maior ocorrência. O gráfico de Pareto deve ser utilizado quando for necessário ressaltar a importância relativa entre os vários problemas no sentido de escolher um ponto de partida, avaliar um progresso, identificar as causas de um problema, etc. Ao aplicar o Pareto utilizar-se da seguinte seqüência:

- 1 - Levantar as possíveis causas (geração de idéias);
- 2 - Observar a ocorrência (levantamento de dados);
- 3 - Montar o gráfico com os dados acumulados (Pareto e Ogiva);
- 4 - Determinar o ataque aos problemas maiores (maior ocorrência relativa).

A absorção pelo chão-de-fábrica da cultura de “equipes de melhoria”, treinadas para a compreensão e utilização deste conjunto de ferramentas, pode proporcionar um salto de produtividade para a empresa. Entretanto, ganhos reais e contínuos de produtividade (otimização do processo produtivo como um todo), dependem de uma definição de prioridades no encaminhamento das soluções (identificar as restrições do sistema) e da utilização sistemática de um método estruturado de melhoria. Este método será o motor do qual se utilizarão as equipes de melhoria para promover os *Kaizens*, ou seja, as melhorias contínuas nos fluxos de valor.

O modelo de melhoria dos processos

O modelo de melhoria de processos proposto por DEMING [1990] e fortemente ratificado por ISHIKAWA [1993] é o PDCA. O PDCA é o método, a rotina de melhoria, que deve estar na mente de cada funcionário de uma organização para que ele possa realizar o seu autocontrole. É também o método do qual se servem as equipes de melhoria nas soluções dos problemas em todas as áreas da empresa.

ISHIKAWA [1993] se utiliza do PDCA para propor o seu modelo de melhoria. Para o autor “Planejar” é determinar objetivos e definir métodos para alcançar esses objetivos. A “Execução” do planejado passa antes pela educação e treinamento das pessoas que vão realizar o trabalho. Vale ressaltar que tanto Deming quanto Ishikawa colocam a educação e treinamento

como a base do desenvolvimento e sustentação de vantagens competitivas. A Figura 6.11 mostra a concepção de Ishikawa na configuração do PDCA.

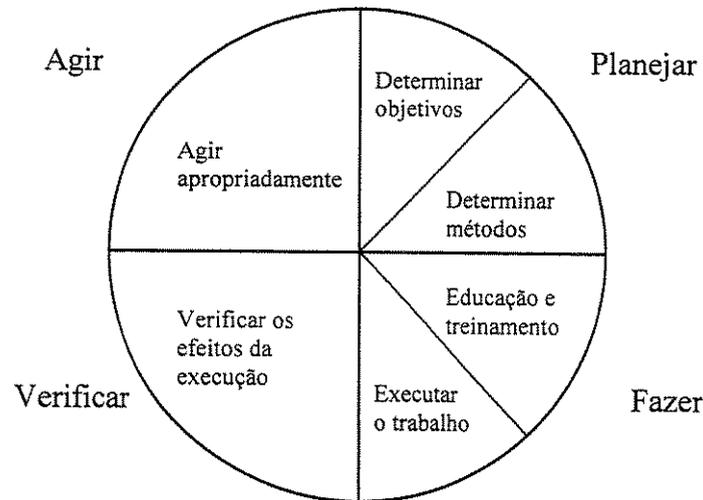


Figura 6.11 - O Círculo de Controle segundo Ishikawa

CAMPOS [1992] esclarece que o PDCA pode ser utilizado para manter e melhorar as “diretrizes de controle” de um processo. As “diretrizes de controle” são os itens de controle, ou parâmetros de controle, definidos para representar o desempenho de um determinado processo. Deve-se “rodar” o PDCA para a manutenção dos itens de controle dentro de limites-padrão estabelecidos, utilizando-se de procedimentos-padrão de operação. E deve-se “rodar” o PDCA para melhorar os itens de controle, elevando o processo a um novo padrão, um padrão mais alto de desempenho. Esta segunda utilização do PDCA é o “método de solução de problemas” que, segundo o autor, é o mais importante método dentro do TQM e deveria ser dominado por todas as pessoas na empresa, do Presidente aos Operadores. Este enfoque consiste basicamente em dividir o “Planejar” em quatro fazes:

- *Identificar o problema* – definir claramente o problema e reconhecer sua importância;
- *Observação* – investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista;
- *Análise* – descobrir as causas fundamentais; e
- *Plano de ação* – conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.

LANGLEY et al. [1996] defendem o “modelo para melhoria”, uma combinação do PDCA e três perguntas-chave que orientam o processo de melhoria:

- O que nós estamos tentando conseguir?
- Como saberemos se uma mudança é uma melhoria?
- Quais mudanças podemos fazer que resultarão em melhoria?

A Figura 6.12 ilustra o “modelo para melhoria” proposto por LANGLEY et al. [1996].



Figura 6.12 – O “modelo para melhoria” de Langley

Segundo os autores estas três perguntas formam a estrutura para a abordagem: “testando-e-aprendendo”, característica fundamental deste modelo. A palavra “testando” sugere que a mudança está sendo testada. A palavra “aprendendo” implica que foi identificado um critério (o PDCA) que será usado para estudar e aprender a partir da tentativa. A utilização da palavra “estudo” (*study*) na terceira fase do ciclo de melhoria enfatiza, segundo os autores, que o

propósito desta fase é adquirir um novo conhecimento que vai sendo construído à medida que o PDCA gira no teste da mudança para diferentes situações que poderão ocorrer no futuro. Assim, ao invés de estudar o problema antes que qualquer mudança seja testada, a mudança (em baixo grau de intensidade e em diferentes condições) é testada e os resultados analisados para se prever o impacto da mesma na melhoria do processo.

As ferramentas de controle da qualidade vistas anteriormente (fluxograma, Causa e Efeito e Pareto) precisam estar integradas ao PDCA. Esta integração fará parte do modelo da qualidade inserido na proposta do modelo de gestão do processo produtivo, a ser tratado no Capítulo 7.

Aplicativos do PDCA

Vale ressaltar dois aplicativos do PDCA que são em ferramentas importantes para a melhoria da qualidade dos processos produtivos:

1 - Controle Estatístico do Processo - CEP

A teoria do CEP foi desenvolvida na segunda metade dos anos 20, pelo Dr. Walter A. Shewhart, da Bell Telephone Laboratories. Ele analisou muitos processos diferentes e concluiu: todos os processos de manufatura exibem variação. Indicou dois tipos de variação: uma variação estável, inerente ao processo, a qual chamou de variação aleatória, cujas causas são acidentais e uma variação intermitente, cujas causas são atribuíveis ou especiais. Concluiu que as causas especiais podiam ser economicamente descobertas e eliminadas com um tenaz programa de diagnóstico, mas que as causas aleatórias não podiam ser economicamente descobertas e não podiam ser removidas sem que se fizesse mudanças básicas no processo.

Segundo Shewhart, um processo estável, sem indicação de causa especial de variação, é considerado “sob controle estatístico”. É um processo cujas variações são aleatórias. Seu comportamento num futuro próximo é previsível, porém, o aparecimento de uma mudança brusca (causa especial) pode tirar o processo do estado de controle estatístico. A variação de qualquer característica da qualidade de um produto pode ser quantificada através de amostragens retiradas na saída do processo e pela estimação dos parâmetros da sua distribuição estatística. Mudanças na

distribuição podem ser reveladas pelo gráfico destes parâmetros no tempo. Estes gráficos, que são conhecidos como Cartas de Controle de Processo, são utilizados para:

- 1 - Determinar se um processo tem sido operado sob controle estatístico e assinalar a presença de causas especiais de variação para as devidas ações corretivas;
- 2 - Manter o estado de controle estatístico, tendo como referência os limites de controle das cartas.

A responsabilidade da remoção de causas aleatórias ou comuns não é do operador, mas da gerência. O operador da máquina não pode atuar sobre causas que são inerentes ao processo, ele é responsável apenas por causas especiais que lhe sejam atribuíveis. O tipo de máquina, a qualidade das ferramentas que usa, o treinamento, a supervisão e a política da empresa foge ao âmbito da sua responsabilidade. A boa compreensão sobre o controle estatístico é essencial para a administração, engenharia, fabricação e aquisição de materiais e serviços. A existência de um sistema estável raramente é um estado natural. É um empreendimento, uma realização. É o resultado da eliminação de causas especiais, uma a uma, baseando-se nos sinais estatísticos (através do uso de cartas de controle), fazendo com que restem, apenas, a variação aleatória, situação que caracteriza um processo estável.

As amostras retiradas na saída do processo, para a confecção da carta de controle, geralmente se constituem em mais de uma medição individual e por isso são chamadas “subgrupos”. As cartas de controle para variáveis geralmente são baseadas em subgrupos de 4 a 10 elementos e as cartas de atributos em subgrupos de num mínimo 50 elementos. Vinte e cinco subgrupos são medidos. Nas cartas \bar{X} e R, o tipo mais comum, a característica de qualidade X é medida para cada elemento. A média \bar{X} e a amplitude R, são calculadas para cada subgrupo e colocadas na ordem de produção em gráficos distintos. Uma linha central é esboçada em cada gráfico na média geral $\bar{\bar{X}}$ e na amplitude média \bar{R} . Os limites de controle são estabelecidos a partir da média ± 3 desvios padrão. Estes são o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC). A Figura 6.13 mostra um exemplo genérico de gráficos de controle para \bar{X} e \bar{R} . A faixa entre os limites de controle define a variação aleatória no processo. Os pontos fora dos limites de controle indicam uma ou mais causas especiais de variação. Uma vez

eliminadas estas causas especiais, novos limites de controle são calculados a partir de médias e amplitudes de 25 novos subgrupos, resultando quase sempre num melhoramento da capacidade do processo. Esta nova capacidade torna-se o limite econômico para o aperfeiçoamento.

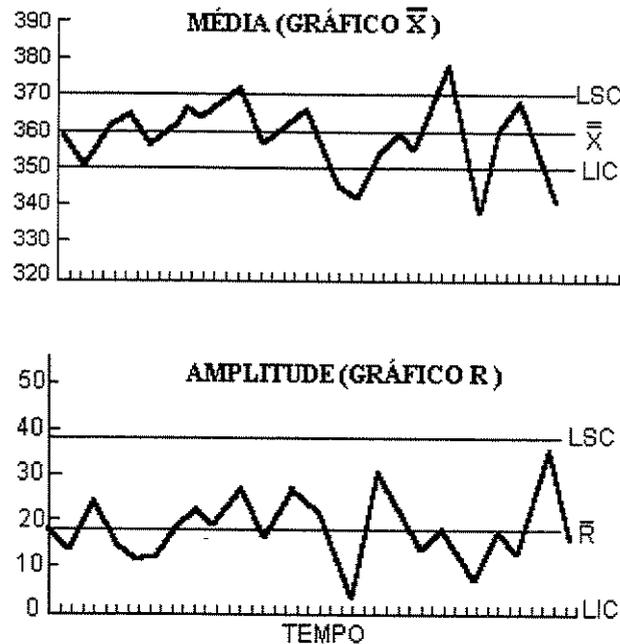


Figura 6.13 - Gráfico de controle para a \bar{X} e \bar{R}

O monitoramento contínuo da estabilidade do processo através da retirada de amostras (PDCA de manutenção) associado a atenção às mudanças no padrão de exigência do cliente (PDCA de melhoria) tornam o CEP, quando aplicável, uma ferramenta de aprimoramento contínuo do processo produtivo. As cartas de controle de um processo estabilizado constituem, também, uma ferramenta de autocontrole para o operador.

2 - Análise dos Modos de Falhas e Efeitos - FMEA

O FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) é uma ferramenta proativa e vital para o desenvolvimento de programas de qualidade e confiabilidade de uma organização. Segundo PALADY [1997], a Análise dos Modos de Falhas e Efeitos é uma técnica que oferece três funções distintas:

- 1 - É uma ferramenta para prognóstico de problemas;
- 2 - É um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados;
- 3 - É o diário do projeto, processo ou serviço.

Segundo o autor, o FMEA é uma das técnicas mais eficazes para prevenção de problemas e identificação das soluções, visando a melhoria da qualidade e a redução dos custos. Essa ferramenta é mais eficaz quando aplicada em um esforço de equipe, pois as chances de melhor identificação e prevenção dos modos de falha potenciais são consideravelmente maiores em relação a um esforço individual de execução.

Dois tipos distintos de FMEA surgiram desde o seu desenvolvimento em meados da década de 60: 1) FMEA de projeto (DFMEA – *Design Failure Modes and Effects Analysis*), e 2) FMEA de processo (PFMEA – *Process Failure Modes and Effects Analysis*). O tipo de FMEA mais utilizado na produção é o FMEA de processo. A equipe do FMEA de processo deve fazer sempre duas perguntas: Como esse processo pode deixar de fazer o que deve fazer? O que devemos fazer para prevenir essas falhas potenciais do processo?

Todas as variações de FMEA devem incluir cinco elementos básicos, mostrados na Figura 6.14, a fim de garantir sua eficácia ou seu sucesso. Se um dos elementos for excluído, a contribuição final do FMEA em termos de qualidade e confiabilidade provavelmente será muito pequena, ou nenhuma. Em outras palavras, o investimento inicial no desenvolvimento do FMEA talvez não resulte em um retorno do investimento sob a forma de redução do custo de falha. Esses cinco elementos são sucintamente definidos a seguir:

- 1) Selecionar um processo (onde será aplicado o FMEA) com o maior potencial de retorno de produtividade (o de maior valor estratégico).
- 2) Perguntar e responder às três seguintes perguntas: Como pode falhar? Por que falha? O que acontece quando falha?
- 3) Implementar um esquema para identificar os modos de falha mais importantes a fim de trabalhar neles ou melhorá-los. Normalmente, o esquema mais comum é quantificar e classificar cada uma das três categorias (Ocorrência, Severidade, Detecção).

- 4) Priorizar ou selecionar os modos de falha potenciais que serão tratados em primeiro lugar.
- 5) O último elemento é o Acompanhamento. A construção e a análise do FMEA podem exigir a utilização de outras ferramentas de suporte à qualidade.

O acompanhamento da implementação do FMEA (“Verificar” e “Agir” do PDCA) associado às mudanças que vão ocorrendo na estruturação do processo pode levar a equipe de FMEA de volta ao segundo elemento, provocando o giro do PDCA e a melhoria contínua do processo.

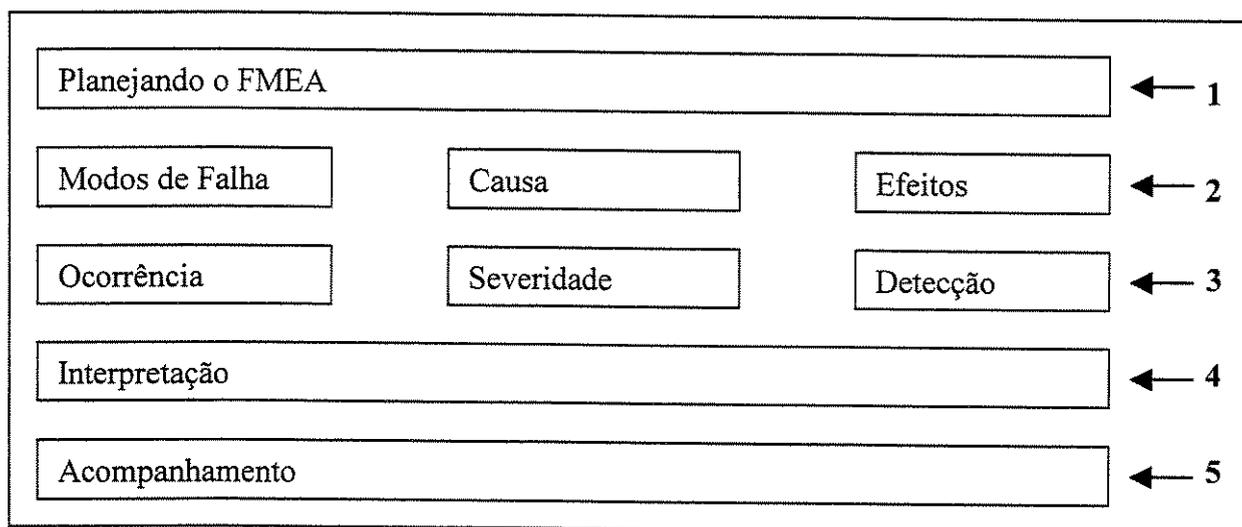


Figura 6.14 – Os elementos básicos do FMEA

6.3.4 Considerações finais sobre o TQM

O que foi apresentado sobre o Gerenciamento da Qualidade Total é apenas uma visão geral do pensamento necessário para se atingir uma qualidade superior na manufatura. A atitude gerencial é a parte mais importante do processo global. Se uma empresa estiver firmemente decidida a implementar os princípios da Manufatura Enxuta, ela persistirá tanto na procura de métodos para fazê-lo como na descoberta dos meios para empregá-los. A elaboração de um enfoque de qualidade para uma empresa de manufatura não é uma tarefa a curto prazo. É necessário que a qualidade se torne a peça central da cultura da empresa. Um sistema de gestão da qualidade - adaptado às necessidades e ao contexto competitivo particular de uma empresa - é um

suporte imprescindível para a implementação e eficácia do modelo híbrido de gestão da produção formado pela integração da Manufatura Enxuta, MRP II e GRP.

É fundamental, enfatizando uma vez mais, que a prática do PDCA seja introduzida na cultura da organização com inexorável persistência, pois o PDCA é o motor da melhoria contínua dos processos organizacionais.

O próximo passo na seqüência deste trabalho é elaborar a proposta de um modelo de gestão da produção, incluindo a sua metodologia de implementação, focalizando o setor produtivo da Embraer, atualmente a principal representante da indústria aeronáutica brasileira.

Capítulo 7

O Modelo Proposto e sua Metodologia de Implementação

A escolha de um modelo de gestão da produção deve ser estratégica, isto é, deve estar alinhada com o objetivo estratégico último da empresa: crescer, ter lucro no presente e no futuro. O objetivo deste capítulo é apresentar uma proposta de um modelo híbrido de gestão da produção, estruturado a partir do estado da arte da administração da manufatura e suportado por políticas operacionais integradas à produção.

7.1 Critérios para a estruturação do modelo proposto

Evidentemente que o objetivo de obter lucratividade no presente e no futuro não depende apenas da produção, mas da estratégia global de toda a corporação, envolvendo questões de política de marketing, introdução de novos produtos, facilidades de financiamento, etc., que não fazem parte do foco deste trabalho. Entretanto, conforme demonstrado nos Capítulos 2 e 3, o setor produtivo da Embraer dedicado à produção de aeronaves para a aviação regional representa uma restrição para a organização como um todo atingir os seus objetivos estratégicos. A carteira de negócios atual da Empresa e a expectativa de novos e bons contratos exigem um aprimoramento do seu fluxo produtivo, tornando-o enxuto e compatível com a demanda, para que a empresa possa capitalizar o máximo de recursos, investir no desenvolvimento de novos produtos e, assim, manter uma efetividade no cumprimento da sua meta.

Não é uma mera questão de “capacidade produtiva”, ou seja, aumentar a capacidade de produção com grandes investimentos em máquinas de última geração e contratação de mais mão-de-obra, isso pode prejudicar o fluxo de caixa e comprometer os objetivos estratégicos da

Empresa. O foco estratégico é no aprimoramento do processo produtivo atual, com o mínimo de investimento, para aumentar a produtividade e atender às necessidades do mercado.

Para estruturar o modelo é preciso não perder a referência dos três indicadores de produtividade escolhidos e definidos no Capítulo 4: *Lead Time*, Índice de Nivelamento e Índice de Defeitos, pois eles estão diretamente comprometidos com os critérios de competitividade valorizados pelo mercado: tempo de resposta, flexibilidade, qualidade e preço. Antes, no entanto, é necessário identificar e analisar algumas variáveis que influenciam na gestão do processo produtivo de uma empresa. A análise dessas variáveis permitirá visualizar melhor a aplicabilidade dos sistemas estudados na gestão da produção da Embraer.

Variedade de produtos – refere-se à quantidade de produtos diferentes constantes da linha de produtos da empresa. Ainda que a família de aeronaves da aviação regional seja formada por apenas três tipos diferentes de produtos (ERJ 135/140/145), as modificações introduzidas em função dos valores dos clientes (uso e estima) fazem com que cada produto final, cada aeronave, apresente uma ampla diversificação na saída da montagem final. Essas diversificações levam a uma grande variação de itens nas etapas anteriores, caracterizando um processo produtivo com alta variedade de itens fabricados. Uma aeronave, como a ERJ-145, tem em média dezenove mil itens.

A implementação generalizada dos princípios da Manufatura Enxuta em um ambiente com uma variedade tão grande de componentes torna-se um grande desafio, mas é possível definir famílias de produtos, identificar o fluxo de valor para a produção dessas famílias e obter altos ganhos de produtividade. O MRP II, pela sua própria concepção, conforme visto no Capítulo 6, item 6.1, lida bem com alta variedade de produtos, e esta é a solução atual adotada pela Embraer, ainda que uma produção com esta característica e empurrada com o auxílio do MRP II provoque o aumento de estoque em processo. O software aplicativo do Gerenciamento das Restrições na Produção (GRP) também lida bem com alta variedade de produtos, uma vez que costuma utilizar-se do mesmo banco de dados do MRP II, entretanto, a integração do MRP II com a Manufatura Enxuta (item 6.1.4) trás muitos benefícios e dispensa o uso de mais um software (item 6.2.4).

Complexidade dos roteiros – refere-se a quão complexos e variados são os roteiros de máquinas ou processos pelos quais passam as ordens de produção. Roteiros muito complexos dificultam o estabelecimento de fluxos de materiais preferenciais ou de ocorrência mais freqüente. A Manufatura Enxuta procura trabalhar com fluxos de produção bem definidos, balanceados e estabilizados. Os arranjos físicos mais adequados são aqueles em linha ou celulares organizados em torno de produtos ou famílias de produtos com roteiros similares. Quando se tem roteiros muito complexos e variados as ordens podem ter também circuitos de processamentos os mais variados, dificultando a definição de fluxos preferenciais. Neste caso, em geral, as fábricas adotam um arranjo físico por processo (ver item 5.3.7), como acontece na Embraer. O processo produtivo para a fabricação de aeronaves é bastante complexo. Como a quantidade de itens diferentes é grande, os roteiros de fabricação são também complexos e variados. O fato do MRP II não questionar os problemas de qualidade, tempo de troca de ferramenta, quebra de máquina, etc., associado à grande quantidade de informações para processar, provoca efeitos colaterais no controle do chão-de-fábrica redundando em aumento de inventário e *lead time*. Um sistema produtivo organizado por famílias de produtos, com fluxo puxado e balanceado, seria mais apropriado para o controle do chão-de-fábrica da Embraer.

Complexidade da estrutura de produtos – refere-se à forma das estruturas dos produtos (ou árvore dos produtos) que devem ser gerenciados. Quanto maior for o número de níveis e o número de itens por nível maior a complexidade da estrutura de produto. O algoritmo do MRP II permite um planejamento detalhado e antecipado das necessidades de materiais e tem potencial inato para trabalhar com estruturas complexas, como é o caso de uma aeronave. Um avião ERJ-145, por exemplo, tem uma estrutura de produto com sete níveis que absorvem os dezenove mil itens utilizados na sua fabricação. Esta base de dados é muito útil constituindo-se numa das contribuições mais relevantes do MRP II.

Variabilidade dos *lead times* – a variação de *lead time* de processo está relacionada à situação da fábrica. Se o mix de produtos ou o tamanho dos lotes muda freqüentemente, como acontece na Embraer, a situação das filas das ordens aguardando processamento também muda ao longo do tempo e, portanto, o tempo que as ordens gastam nas filas também muda, mudando os *lead times*. Além disso, as mudanças de prioridades nas ordens por motivos diversos, especialmente para atender um cliente, muda a situação das filas influenciando no *lead time*. Na Embraer a

variabilidade dos *lead times* é bastante sentida pelo MRP II, que os assume fixos e determinados a priori. Todos os cálculos de necessidades executados pelo MRP II baseiam-se nestes dados de entrada. Como os *lead times* reais são muito variáveis, pelas razões já comentadas, há uma perda de aderência entre esses e os *lead times* registrados, prejudicando o desempenho do sistema e levando a decisões equivocadas que têm normalmente como consequência a falta de alguns itens e excesso de outros, ou seja, o desnivelamento do fluxo de produção. O sistema de puxar, balancear e nivelar a produção em função da demanda, característico da Manufatura Enxuta, parece o mais indicado, pois reduz inventário e *lead time*, tornando a produção previsível.

Melhoria contínua - É importante observar o compromisso entre os princípios inerentes a cada sistema analisado com o processo de melhoria contínua do sistema produtivo. Este é considerado um aspecto essencial na busca da competitividade. Como já comentado, o MRP II é um sistema passivo em relação à melhoria contínua, pois aceita e considera como dados de entrada, para sua sistemática de cálculos e programação, parâmetros como: tempo de preparação de máquina, nível de refugo, *lead time*, índice de quebra de máquina, etc. O GRP tem uma sistemática de priorização de ataque aos problemas que afetam os gargalos, fornecendo um roteiro para a melhoria do desempenho do sistema como um todo. Entretanto não apresenta ferramentas para a solução dos problemas que impedem o fluxo contínuo e balanceado para o mercado. A Manufatura Enxuta é sem dúvida o sistema que mais colabora com o processo de melhoria contínua, pois além de balancear e nivelar o fluxo com a demanda fornece ferramentas técnicas e gerenciais para dar suporte a esse fluxo. Além disso, é um sistema que fomenta a visibilidade das operações para simplificar o gerenciamento, não dependendo de sofisticados programas de computador.

Após esta análise, procurar-se-á identificar as funções e características de cada sistema analisado que serão aproveitadas na proposta de modelo híbrido. Conforme analisado no Capítulo 6, do MRP II aproveitam-se o planejamento do plano mestre e a emissão de ordens de fabricação para o produto final, seu banco de dados (roteiros, estrutura dos produtos e capacidade de cada centro de trabalho) e o planejamento de materiais comprados. Não há mais a necessidade da emissão de ordens de fabricação para itens intermediários. O controle da produção seria no sentido inverso, ou seja, da Montagem Final de aeronaves para o almoxarifado de matéria-prima, no sistema puxado. O fluxo de materiais segue da matéria-prima para o produto acabado em

fluxo contínuo - sempre que possível - ou com o auxílio do *kanban*, sistema de puxar, se necessário. O fluxo deve ser balanceado com o tempo *takt* e nivelado conforme as necessidades do cliente de cada fluxo de valor identificado.

No controle da produção no chão-de-fábrica a Manufatura Enxuta, conforme visto no Capítulo 5, tem princípios e ferramentas que com simplicidade promovem a transformação do processo produtivo ajudando a empresa a obter ganhos de produtividade. O sistema *kanban* passa a puxar a produção dando o sinal para a fabricação de um produto ou uma família de produtos. Dependendo da quantidade de itens da família e das diferenças de processamento entre eles, pode-se dividir a família em kits de produtos para facilitar o controle. O fluxo passa a ser suportado pelas ferramentas da Manufatura Enxuta (redução de *setup*, MPT, células de produção, operador flexível, automação racional, etc.), pelo GRP, (identificação e exploração da restrição, e balanceamento do seu ritmo com o tempo *takt*) e por um modelo de melhoria da qualidade para o chão-de-fábrica, elaborado a partir de um conjunto integrado de princípios e ferramentas. Assim, a proposta do novo modelo de gestão da produção seria a integração desses sistemas aproveitando de cada um o que mais interessa para manter o fluxo contínuo, puxado, balanceado e nivelado. A Figura 7.1 mostra uma visão geral da composição do novo modelo.

Parâmetros da Gestão da Produção	Estrutura do modelo proposto
PLANEJAMENTO	
Produto Final Compra de materiais	<p style="text-align: center;">MRP II</p> Gera plano mestre, emite ordens de fabricação para o produto final, gera plano de compras de materiais e disponibiliza banco de dados.
PROGRAMAÇÃO E CONTROLE	
Fluxo puxado	<p style="text-align: center;">Manufatura Enxuta</p> <p style="text-align: center;">GRP</p> <p style="text-align: center;">Qualidade</p> Mantém o fluxo contínuo, balanceado e nivelado.

Figura 7.1 – A formação básica do modelo proposto

Conforme visto no Capítulo 5, o sistema de Manufatura Enxuta, seus princípios e ferramentas, vem na atualidade ao encontro das transformações necessárias para que uma empresa manufatureira cresça em competitividade e desenvolva vantagens competitivas sustentadas. É o eixo principal do modelo proposto. É ele que fornece a visão de foco no mercado, procurando identificar e aprimorar o fluxo de valor para clientes específicos, promovendo a transformação através de um combate total ao desperdício. A Figura 7.2 procura, através de um recurso visual, mostrar a estrutura do modelo que doravante será explorado. A partir deste ponto, a fim de facilitar a descrição, o modelo proposto passa a ser designado por sistema EMB-Lean.

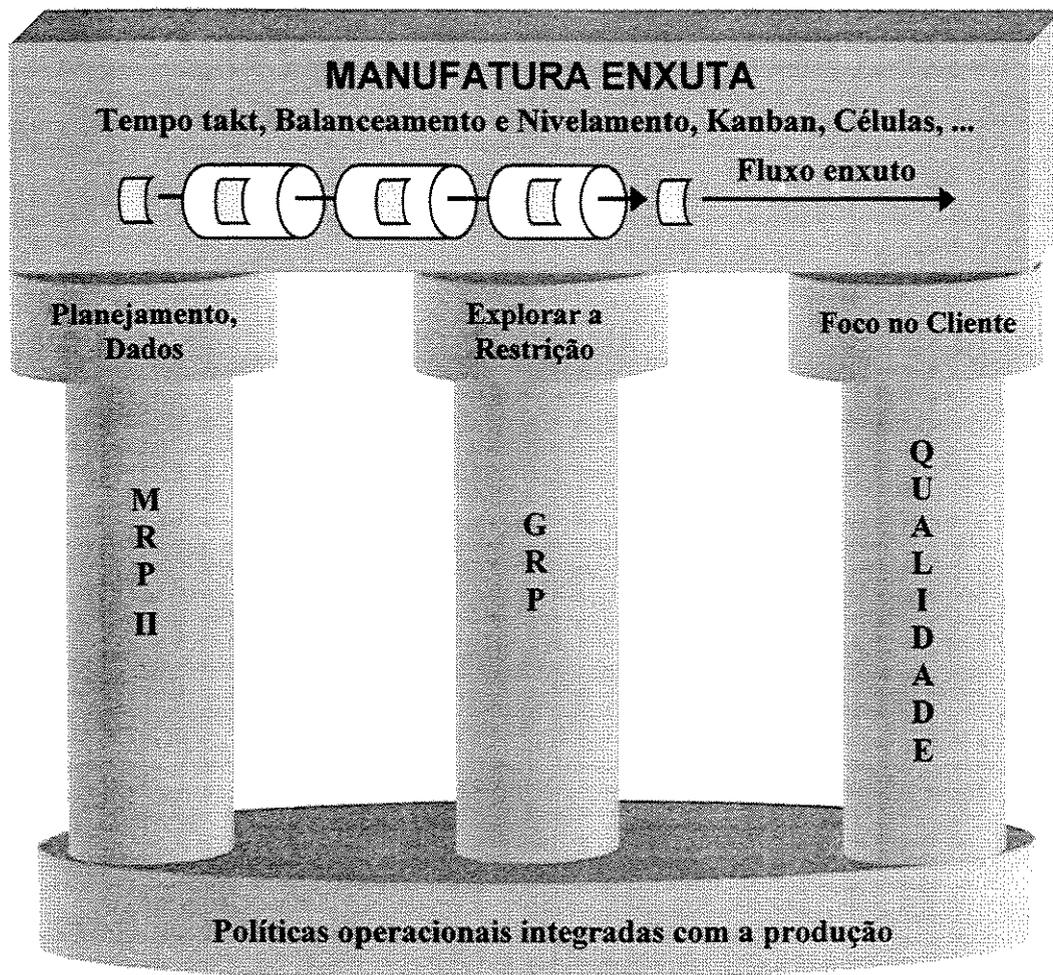


Figura 7.2 – Sistema EMB-Lean: proposta de um modelo híbrido para a gestão da produção

Os sistemas de suporte analisados no Capítulo 6 são fundamentais para dar a consistência necessária à Manufatura Enxuta de forma a se obter um modelo final mais robusto e adaptado às necessidades do mercado. O MRP II gera plano mestre, emite ordens de fabricação para o produto final, gera plano de compras de materiais e disponibiliza banco de dados, o GRP focaliza e explora a restrição, e a Qualidade, com seus princípios e ferramentas suporta o fluxo e promove a melhoria contínua. Neste modelo é fundamental que as políticas operacionais da Embraer estejam coerentes e suportem os objetivos estratégicos da produção.

Vale observar que este modelo não é exclusivo para a indústria aeronáutica, aplica-se às mais variadas indústrias e tipos de produtos. Entretanto o que se procura aqui, em coerência com os itens 1.1 (Apresentação do problema) e 1.3 (Objetivo do trabalho) é uma solução para indústria aeronáutica, notadamente a Embraer, sua principal representante na atualidade.

7.2 A metodologia de implementação do modelo proposto

O ponto de partida para a mudança de paradigma na gestão da produção de uma organização é a análise do seu ambiente externo e interno. Um dos resultados desse processo de análise é a clara identificação das necessidades e expectativas de clientes específicos para produtos específicos. Além das características técnicas dos produtos e respectivas quantidades, os clientes querem cumprimento de prazos, que cada vez se reduzem mais, preço justo e flexibilidade para atender a diversidade de solicitações dos clientes. Este modelo parte do pressuposto que a Embraer tem esta visão estratégica absolutamente sob controle, e busca transformações internas no seu processo produtivo para ir ao encontro das necessidades do seu mercado.

A implementação deste modelo está estruturada em quatro fases que serão brevemente descritas a seguir. Esta descrição não ater-se-á a exemplos gráficos ou numéricos para cada fase, mas sim numa breve descrição do seqüenciamento lógico dos passos necessários para a implementação do modelo. As informações gráficas e numéricas, que ajudam a ter um entendimento completo do modelo, estarão inseridas no caso real de implementação abordado no Capítulo 8. O caso de implementação constitui-se em parte essencial para a perfeita caracterização desta proposta de modelo de gestão da produção.

7.2.1 Primeira fase: desenhar o mapa do estado atual do fluxo de valor

Uma vez tomada a decisão estratégica de se implementar o sistema EMB-Lean a gerência da produção deve se perguntar: para qual produto, ou família de produtos, vamos iniciar a implementação? Esta pergunta leva a estabelecer o primeiro passo.

Passo 1 - Selecionar uma família de produtos

Os clientes (internos e externos) da Embraer estão interessados em ter um bom atendimento para produtos específicos, aqueles que eles recebem ou compram. Eles têm um entendimento próprio sobre valor que deve ser agregado ao produto e querem que esse entendimento seja respeitado. O foco do sistema EMB-Lean é sobre produtos específicos, ou família de produtos, para clientes específicos (internos e externos). É necessário, então, a partir do cliente, isto é, olhando do final para o início do fluxo de valor, identificar um produto ou família de produtos - produtos com similaridade de processamento, isto é, cujos roteiros de fabricação tenham máquinas em comum - e a partir daí definir e escrever claramente:

- O nome da família de produtos;
- Quantos números de série (*part numbers*) diferentes a família tem; e
- Quanto de cada número de série o cliente precisa em determinado período de tempo.

É recomendável selecionar inicialmente uma família de produtos com um nível de processamento menos complexo onde se pode perceber que os ganhos poderão vir mais rápidos. Isto tem uma dupla vantagem. A primeira é o aparecimento de resultados positivos em curto espaço de tempo, isso realimenta a confiança das pessoas no novo sistema melhorando a motivação e a participação. A segunda é a experiência que o coordenador do fluxo de valor e sua equipe vão ganhando, constituindo um suporte importante para implementações mais complexas.

Passo 2 - Escolher o coordenador do fluxo de valor

É imprescindível que o fluxo de valor tenha um coordenador. Se o processo produtivo possuir muitos fluxos de valor pode-se ter um coordenador responsável para mais de um fluxo. Um fluxo de valor pode atravessar diversas áreas de fabricação no setor produtivo, cada área tem o seu supervisor, que estará empenhado na eficiência do seu processo, mas raramente se encontra nas empresas alguém responsável pelo gerenciamento do fluxo que cria valor para um produto ou

família de produtos. Essa pessoa é necessária, é o coordenador do fluxo de valor. Ele terá a responsabilidade da otimização do fluxo com um todo, deverá enxergar através das fronteiras sobre as quais o fluxo de valor flui. Alguns aspectos importantes da função de coordenador do fluxo de valor são mostrados a seguir:

- Ser um profissional com experiência em produção;
- Se reportar diretamente ao gerente da Divisão;
- Liderar todo o processo de mapeamento do fluxo de valor e a implementação do plano de melhoria;
- Monitorar, dia a dia, todos os aspectos da implementação; e
- Manter a implementação como prioridade máxima, atualizando periodicamente o plano de implementação.

Passo 3 - Identificar e especificar valor para o cliente

Antes de começar a desenhar o fluxo de valor é necessário conversar com o cliente. Isso é importante porque a otimização do processo produtivo, para aquela família específica de produtos, deve ser feita de acordo com os valores do cliente. O coordenador deve estar voltado para as necessidades e expectativas do seu cliente, interno ou externo. É necessário que o coordenador entenda muito bem o que o cliente entende por valor, ou seja, o que para o cliente agrega valor e o que não agrega valor. De maneira geral, o cliente quer receber o produto certo (dentro da especificação, atendendo os seus valores de uso e estima), na quantidade certa e no momento certo. O aprimoramento do fluxo de valor deve ser direcionado para atingir essas necessidades com o menor custo possível. É preciso considerar, também, que o cliente pode ter prioridades na ordem de recebimento dos produtos da família. A ordem no mix de produtos da família deve ser estabelecida pelo cliente, pois disso pode depender a otimização do seu processo.

É preciso estabelecer uma relação de parceria com o cliente numa base de confiança e transparência. A eficácia na implementação do modelo exige o comprometimento das gerências com estes valores. As práticas antigas, por parte de setores produtivos, da busca de eficiência local podem prejudicar o fluxo e comprometer o atendimento das necessidades dos clientes.

Passo 4 - Padronizar símbolos de processos e fluxos

Para desenhar o fluxo de valor é necessário padronizar um conjunto de símbolos para representar processos e fluxos de materiais e informações. Todos na organização envolvidos na implementação do modelo EMB-Lean devem falar a mesma linguagem, desenhando e entendendo o mapeamento dos fluxos de valor. Os símbolos podem variar de empresa para empresa, o importante é que a Embraer crie um conjunto consistente de símbolos que seja conhecido por todos. O Anexo I mostra um conjunto de símbolos utilizados por ROTHER e SHOOK [1998], que é proposto como padrão para o modelo EMB-Lean.

Passo 5 - Desenhar o mapa do estado atual

A primeira grande tarefa do coordenador é desenhar o mapa do estado atual do fluxo de valor, isto é, o fluxo de produção, da matéria-prima até o cliente. É importante que o coordenador tenha a perspectiva de todo o fluxo de valor, porque as melhorias deverão ser implementadas procurando a otimização de todo o fluxo e não de processos individuais. O desenho do fluxo de valor deve ser feito da maneira mais simples possível, de forma manual, usando de símbolos para representar processos e fluxos. Assim, o coordenador, pessoalmente, com lápis e papel na mão, deve seguir o processo de produção (o fluxo de valor específico para aquela família), começando do fim (próximo ao cliente) em direção ao início do fluxo e, cuidadosamente, desenhar uma representação visual de cada processo inserida no fluxo de material e informação.

ROTHER e SHOOK [1999] apontam algumas razões para justificar a importância do mapeamento do fluxo de valor:

- Ajuda a enxergar o fluxo e não processos individuais;
- Ajuda a enxergar fontes de desperdício;
- Fornece uma linguagem comum para o ambiente de produção;
- O fluxo fica evidente facilitando a tomada de decisões;
- O mapa torna-se a base, o ponto de partida, para a elaboração de um plano de melhorias;
- Mostra a ligação entre o fluxo de materiais e o fluxo de informações; e
- É uma boa ferramenta para descrever o que realmente será feito para melhorar a produtividade.

A melhoria da produtividade reside fundamentalmente na otimização dos fluxos de material e informação. O fluxo de materiais é a seqüência de processamento, segundo um roteiro lógico predefinido, da matéria-prima até o produto final. O fluxo de informação diz a cada processo o que fazer. Os dois são igualmente importantes e se complementam. Para o modelo EMB-Lean é fundamental que o coordenador do fluxo de valor e sua equipe procurem a resposta para a pergunta: “Como ordenar e fazer fluir a informação de forma que cada processo faça somente o que o processo posterior precisa e quando ele precisa?”

Antes de começar a desenhar o mapa é importante que o coordenador do fluxo de valor tenha em consideração alguns aspectos importantes para um bom mapeamento:

- O coordenador deve anotar, pessoalmente, as informações sobre o fluxo enquanto anda pelo processo produtivo. Normalmente, não deve aceitar as informações oficiais da empresa, com poucas exceções, como por exemplo, o índice de disponibilidade de máquinas e a taxa de refugo/retrabalho;
- Deve começar a colher informações a partir do final do fluxo de valor (mais próximo ao cliente) em direção ao início do processo, usando o seu próprio cronômetro para marcar os tempos;
- Mesmo contando com a ajuda de outros membros da equipe, o coordenador deve mapear pessoalmente todo o fluxo de valor. Não deve dividir o fluxo em partes e depois juntar essas partes. É necessário que ele e sua equipe entendam o fluxo como um todo.
- O coordenador deve desenhar o mapa manualmente, usando apenas lápis, borracha e uma folha de papel tamanho A₃. O uso de *post-it*, ajuda a tornar o mapeamento mais flexível.

Usando o conjunto de símbolos para processos e fluxos começa-se a desenhar o mapa do estado atual do fluxo de valor na seqüência resumida apresentada a seguir:

1º – Caracterizar o cliente – O cliente deve ser representado no canto superior direito do mapa, usando os símbolos apropriados, e informando a quantidade que ele consome no período considerado (semana, mês, etc.) e o número de turnos de trabalho por dia. Aqui já é possível calcular o tempo *takt*, ou seja, o ritmo que a produção deve ter para atender o ritmo de vendas.

2º – Desenhar o processo – Os diversos processos do fluxo de valor são desenhados da esquerda para a direita na parte inferior do mapa, usando os símbolos apropriados, e informando para cada processo: tempo de ciclo, tempo *takt* (se o processo for compartilhado com outros produtos ou outra família de produtos), tempo de preparação de máquina (*setup*), número de operadores, tempo de trabalho disponível por dia e disponibilidade de máquina. Entre os processos devem ser indicados os estoques intermediários, bem como, o estoque de produtos acabados após a montagem final. Utilizando-se de um relógio/cronômetro o coordenador deve seguir o fluxo de materiais, do cliente para a matéria-prima, para medir o tempo de processamento de cada produto. Possivelmente, terá que fazê-lo mais de uma vez para ter segurança com relação às informações obtidas.

3º – Caracterizar o fornecedor – O fornecedor deve ser representado no canto superior esquerdo do mapa, usando os símbolos apropriados, indicando, se houver, o estoque de matéria-prima antes do primeiro processo.

4º – Desenhar o fluxo de informações e materiais – Inicialmente desenha-se o fluxo de informações do cliente para o fabricante e deste para o fornecedor. Devem ser indicadas também as informações ao longo do processo produtivo administradas pela área de PCP do fabricante. O fluxo de materiais é desenhado da esquerda para a direita seguindo as etapas de processamento. Uma vez registradas todas estas informações no mapa é possível resumir a situação atual do fluxo de valor através de indicadores de produtividade. Este é o próximo passo.

5º - Quantificar os indicadores de produtividade - O grande indicador do fluxo de valor é o *lead time* de produção. Quanto menor for o *lead time* de produção menor será o tempo entre o momento que recursos financeiros saem para pagar a matéria-prima e o momento em que recursos financeiros entram pela venda de produtos acabados feitos com aqueles materiais, ou seja, o *lead time* de produção está relacionado com o giro de inventário.

Para calcular o *lead time* de produção é preciso fazer uma linha de tempo abaixo das representações dos processos e transformar os inventários de matéria-prima, material em processo e produto acabado em tempo (*lead time* para cada inventário). Calcula-se o *lead time* de cada estoque da seguinte forma:

$$\text{Lead time (de um estoque qualquer E)} = \frac{\text{Quantidade de peças do estoque} \times \text{tempo takt}}{\text{Tempo de trabalho disponível por dia}}$$

$$\text{Relembrando, Tempo Takt} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por dia}}{\text{Demanda do mercado por dia}}$$

Adicionando todos os *lead times* no fluxo de matérias obtém-se uma boa estimativa do *lead time* total da produção. Cada processo tem um tempo de ciclo, que é o tempo entre a saída de dois itens consecutivos do processo. Se os tempos de ciclos forem adicionados ter-se-á a tempo total que acrescenta valor para a fabricação de uma peça. A comparação entre o *lead time* total que acrescenta valor com o *lead time* total de produção normalmente mostra que é preciso enxugar muito o processo produtivo. Aí está o grande desafio para o coordenador do fluxo de valor. Além disso, é possível quantificar, através da coleta de informações em cada processo, o **Índice de Defeitos**, indicador da qualidade do fluxo de valor e o **Índice de Nivelamento**, indicador do nivelamento do estoque em processo.

Nesta altura o mapa do estado atual do fluxo de valor estará pronto. Ter-se-á a fotografia de uma realidade cujo entendimento e confrontação com as necessidades dos clientes internos e do mercado gera um desafio para a gerencia, tornando-se a mola propulsora para a transformação da produção rumo aos objetivos estratégicos da Empresa.

7.2.2 Segunda fase: desenhar o mapa do estado futuro do fluxo de valor

Em função do modelo de gestão da produção da Embraer analisado no Capítulo 3, é provável que olhando agora para o mapa do estado atual de um determinado fluxo de valor da produção de aeronaves perceba-se uma grande quantidade de inventário desnivelado, centros de trabalho produzindo e empurrando para os processos posteriores e um *lead time* muito alto se comparado com o pequeno tempo que acrescenta valor.

A mudança de paradigma começa com o balanceamento do fluxo produtivo com a demanda mensal de aeronaves, estabelecida a partir das ordens firmes dos clientes. Evidentemente, o aumento de cadência deve ser gradativo, permitindo que enquanto se aprimora o processo produtivo, trabalhe-se também no aprimoramento das relações com os fornecedores e parceiros de fabricação. Isto leva ao sétimo passo da metodologia.

Passo 6 – Definir o novo tempo *takt* de produção

O tempo *takt* geral do fluxo de valor é calculado dividindo o tempo disponível em minutos por dia (descontado os tempos não trabalhados: hora de almoço, paradas para café, etc.) pela demanda diária de aeronaves. O tempo *takt* de aeronaves deve ser convertido no tempo *takt* de peças para os fluxos de valor intermediários que vão fornecer peças e subconjuntos para a montagem final. Alguns processos podem ser compartilhados com outros produtos ou famílias de produtos. Nestes casos o tempo *takt* para a família de produtos em questão é menor, e para calculá-lo é preciso conhecer a capacidade real que estará disponível para esta família.

Passo 7 – Identificar a restrição e definir o processo puxador (Tambor)

É preciso identificar a restrição do fluxo de valor, ou seja, aquele processo com menor capacidade (em relação aos outros processos) em função da demanda colocada nele. É uma conjugação entre o tempo *takt* e o tempo de ciclo de cada processo. A restrição não significa que o recurso seja gargalo, mas poderá sê-lo se a demanda aumentar. Esta restrição é o fator que determina a capacidade do fluxo de valor e, portanto, o limitante do fluxo para os clientes. A Embraer possui um processo produtivo complexo com múltiplas tecnologias, cada setor produtivo deve procurar a restrição para fluxos de valor específicos. A definição de um recurso restritivo como um gargalo depende da possibilidade de expansão deste recurso. Se a empresa está trabalhando em um turno e a capacidade de um determinado recurso passa a ser menor ou igual à carga colocada nele, ou a empresa encara esse recurso como um gargalo e procura explorá-lo melhor, ou estuda a viabilidade de um segundo turno, o que poderá eliminar a caracterização de recurso gargalo. Se, em função da demanda, a empresa trabalha em três turnos e ainda assim existe um recurso com capacidade menor ou igual que a carga colocada nele, então caracteriza-se uma situação de gargalo efetivo e o fluxo de produção para os clientes dependerá da correta exploração e utilização desse gargalo.

É conveniente que a programação do fluxo seja em função da restrição para evitar a formação de estoques e obter o máximo de produtividade. A restrição é que vai marcar o passo, ditar ritmo de produção, ela é o “tambor” ou processo puxador. Os recursos produtivos anteriores à restrição passarão a trabalhar no ritmo da restrição, esses recursos só processarão material conforme a capacidade da restrição. Para manter o fluxo constante normalmente utiliza-se de um

estoque de tempo de segurança (*time buffer*) antes da restrição para absorver qualquer atraso que porventura ocorra com os recursos produtivos que alimentam a restrição.

Passo 8 – Posicionar o fluxo contínuo e os sistemas de puxar com supermercados

Na Embraer, ao nível do planejamento do Plano Mestre, a produção é puxada em função das ordens firmes de compra dos clientes, mas no chão-de-fábrica a produção é empurrada. A grande mudança é fazer com que a Montagem Final puxe as suas necessidades dos processos anteriores, de forma que o fluxo de valor através dos diversos setores produtivos intermediários seja acionado pelos seus respectivos clientes. Evidentemente, isto tem de ser feito de forma gradual, introduzindo estoques de proteção ao final de cada fluxo de valor para que o fluxo não seja interrompido. À medida que os fluxos de valor forem aprimorados esses estoques também serão gradativamente reduzidos.

O coordenador do fluxo de valor deve introduzir fluxo contínuo onde for possível. Fluxo contínuo caracteriza-se quando um recurso produtivo processa uma peça e a passa imediatamente para o próximo recurso sem formação de estoque intermediário. É a maneira mais eficiente de produzir e o coordenador deve envidar todos os esforços para introduzi-lo no fluxo de valor. O fluxo contínuo deve ser introduzido a partir do processo puxador em direção ao cliente no sistema FIFO (*First In, First Out*), já comentado no Capítulo 5, item 5.3.2. Esta parte do fluxo de valor fica automaticamente puxada e controlada pelo cliente. Os processos anteriores ao processo puxador são recursos produtivos onde a aplicação do fluxo contínuo não é viável. Isto acontece por vários motivos, entre eles:

- Alguns processos trabalham com tempo de ciclo muito pequeno e trocam de ferramentas para servir outros fluxos de valor;
- Alguns processos, como fornecedores/almojarifados, estão a grandes distâncias e enviar uma peça por vez é inviável economicamente;
- Alguns processos têm um *lead time* muito alto ou não são confiáveis para serem acoplados diretamente ao processo puxador.

A solução para controlar a produção desses processos é interliga-los aos seus clientes. Isto normalmente é feito através de um sistema de puxar via supermercado. Onde o fluxo contínuo for interrompido coloca-se um supermercado que será alimentado por lotes produzidos pelo processo

anterior ao início do fluxo. Assim, o processo puxador passa a controlar a produção do seu processo fornecedor, evitando a programação deste último através de ordens de produção.

Passo 9 – Definir com o cliente o mix de produção

O fluxo de valor para uma família de produtos deve atender às necessidades do cliente em cada momento. O cliente pode ter prioridades na ordem de recebimento dos produtos, portanto é necessário definir com o cliente qual a ordem prioritária de produção que será colocada no processo puxador. Isto significa que o cliente passará a puxar a produção segundo as reais necessidades da sua operação. Se o processo puxador é um processo compartilhado com outras famílias mais atenção deve ser dispensada ao mix colocado nele para a melhor otimização dos fluxos. O fluxo deve estar nivelado com as demandas dos clientes.

Passo 10 - Definir as melhorias necessárias para que o fluxo atinja o estado futuro especificado

Normalmente, para se atingir e manter um fluxo enxuto, balanceado e nivelado com a demanda, será necessário que se implemente ao longo do fluxo de valor técnicas e procedimentos como: redução do tempo de preparação, autonomia, formação de células e treinamento de operadores flexíveis, etc. Além destas técnicas, existe um conjunto de princípios e ferramentas da Qualidade que constituem, conforme ilustrado na Figura 7.2, um importante pilar de sustentação do modelo EMB-Lean. Não é possível uma manufatura competitiva sem uma visão de qualidade que defina princípios e ferramentas de suporte ao fluxo puxado, promova a melhoria contínua e dê respostas rápidas aos problemas que vão surgindo ao longo do fluxo de produção. A Figura 7.3 ilustra a visão da qualidade, segundo o modelo EMB-Lean.

A Qualidade se desdobra em dois pilares de sustentação do fluxo enxuto: a formação de times de melhoria e o emprego de ferramentas de controle da qualidade, conforme a necessidade. Esta concepção da qualidade para a produção não desconsidera a ISO 9000, pelo contrário, pressupõe a sua implementação em toda a organização, com uma política da qualidade definida, procedimentos escritos e rigoroso controle da documentação. Vale ressaltar também, que este modelo de Qualidade está fortemente voltado para a necessidade de transformação cultural da empresa. A base de sustentação do modelo é um programa contínuo de educação e treinamento. O PDCA, conforme comentado no item 6.3.2, é o modelo de melhoria dos processos, o motor da

melhoria contínua. Todo *kaizen* ao longo do fluxo de valor precisa utilizar-se do PDCA. Cada processo no fluxo de valor precisa utilizar-se do PDCA para atender bem o seu cliente, o cliente interno. Sem a cultura do cliente interno não é possível falar em busca de competitividade. A formação de times, o trabalho em equipe, é a busca da solução dos problemas pela integração da forças individuais.

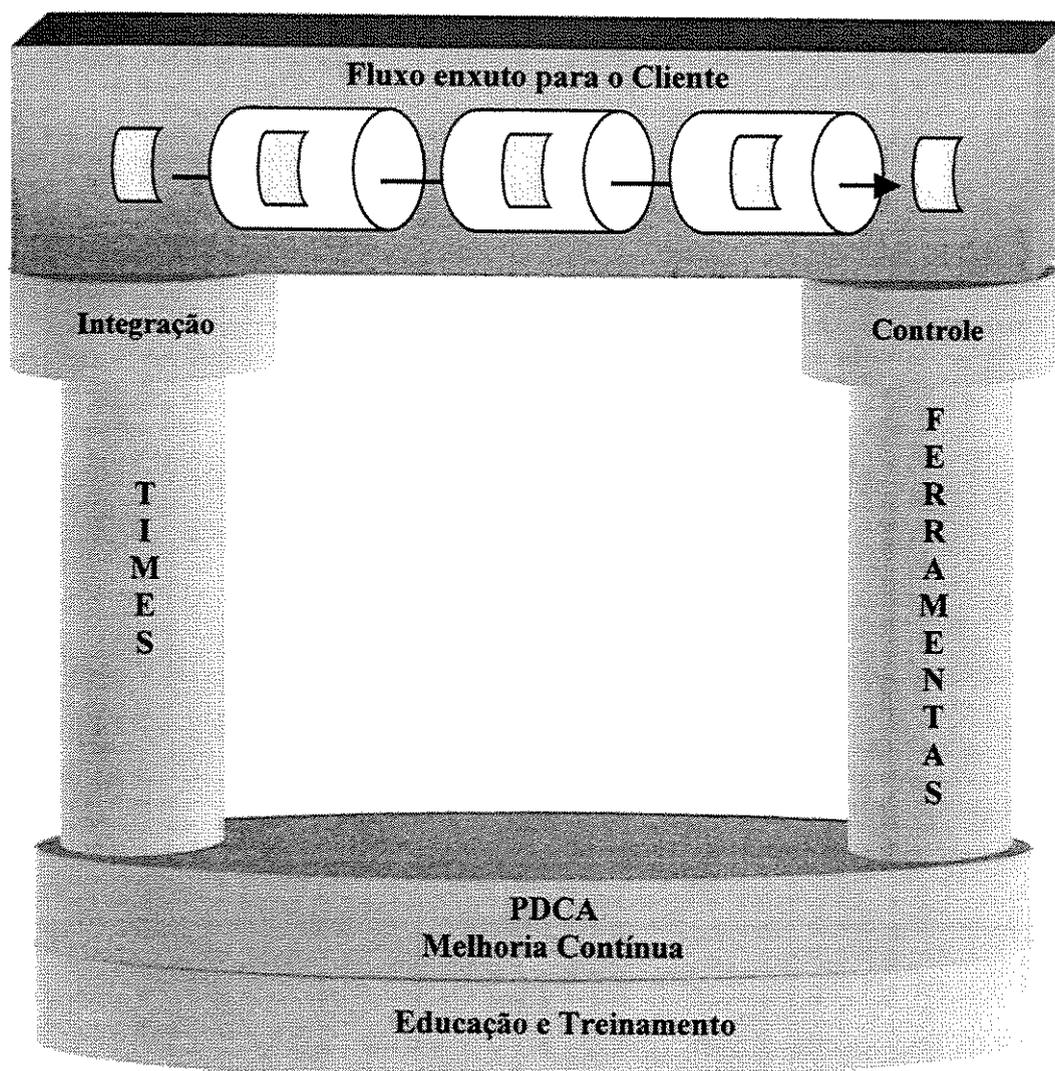


Figura 7.3 – A visão da Qualidade como suporte do fluxo enxuto, segundo o modelo EMB-Lean

A introdução de uma mentalidade de planejamento e controle (PDCA) e do trabalho em equipe na cultura de uma organização, visando o desenvolvimento de vantagens competitivas pela melhoria contínua de todos os processos, talvez seja o mais importante ponto de apoio da

administração estratégica. O processo produtivo da Embraer como um todo precisa deste ponto de apoio. Um programa contínuo de educação e treinamento é a base de sustentação do modelo de melhoria da qualidade. As ferramentas de controle da qualidade, algumas comentadas, item 6.3.2, precisam ser integradas ao PDCA.

A Figura 7.4 mostra a concepção desta integração, que poderá tornar-se um módulo importante para o programa de educação e treinamento dos supervisores e operadores no chão-de-fábrica. Vale ressaltar que este modelo tornar-se-á o instrumento básico de utilização pelas equipes de melhoria. É um instrumento que suporta e promove o trabalho em equipe.

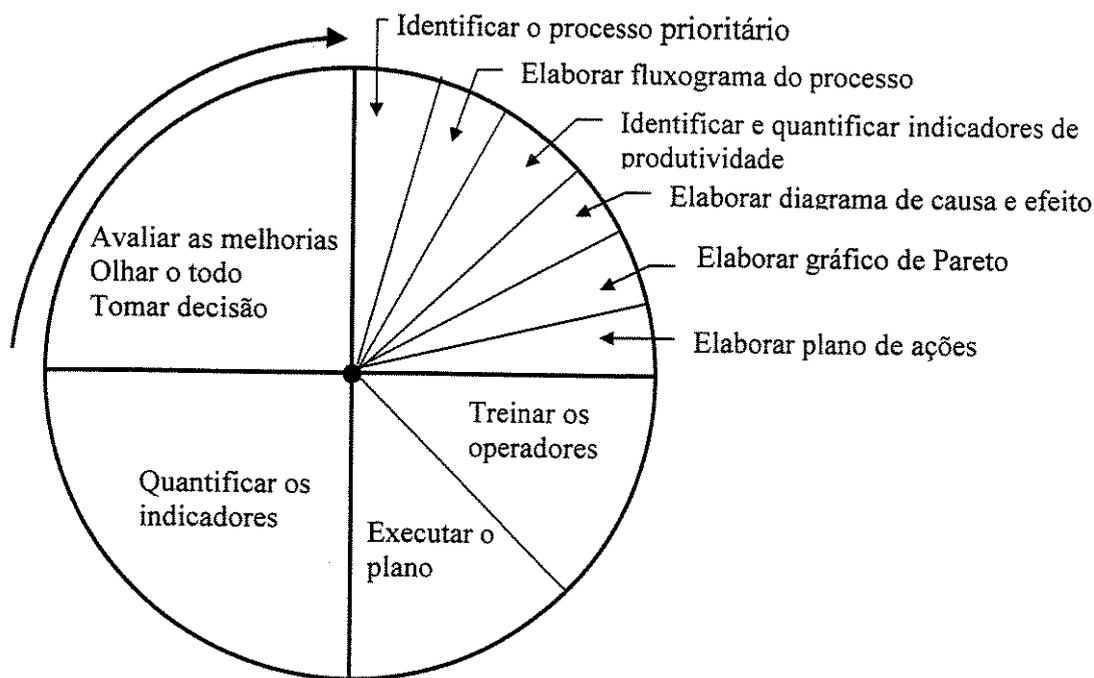


Figura 7.4 – O modelo de melhoria da qualidade para suportar o fluxo enxuto

Em paralelo com a implementação deste modelo de melhoria da qualidade faz-se necessário a implementação de um programa de 5s's (*Housekeeping*) em todas as áreas do chão-de-fábrica da Empresa. Ver subitem 5.3.1.

7.2.3 Terceira fase: elaborar um plano de implementação das melhorias definidas

Um grande passo terá sido dado com a conclusão do mapa do estado futuro do fluxo de valor, mas não é suficiente. O mapa é apenas uma ferramenta. É preciso ação gerencial para

implementar as melhorias e alcançar o estado futuro especificado. Normalmente, em função do mapa do fluxo de valor visualizar o processo global de fabricação, não é possível a implementação simultânea de todas as melhorias exigidas para se alcançar o estado futuro. É necessário que o coordenador pense na implementação do estado futuro como um processo de aperfeiçoar e conectar uma série de fluxos para uma família de produtos. Esses fluxos podem ser entendidos como “*loops*” ou segmentos de fluxo de valor. Isto conduz o coordenador ao primeiro passo para a elaboração do plano de implementação.

Passo 11 - Dividir o mapa do estado futuro em segmentos

O coordenador deve identificar o primeiro segmento como o fluxo de materiais e informações entre o cliente e o processo puxador. Este é o último segmento do fluxo de valor e a sua gestão influencia todos os seus antecessores. Pode-se chamar este segmento de **segmento do processo puxador**. Antes do segmento do processo puxador, na direção do fornecedor, podem existir fluxos de materiais e informações entre sistemas de puxar, ou seja, entre supermercados. Cada supermercado de um sistema de puxar corresponde ao fim de outro segmento no fluxo de valor. O coordenador deverá identificar um ou mais segmentos adicionais, entre eles, necessariamente, o **segmento do fornecedor**. Para ajudar a visualizar os segmentos do fluxo no mapa do estado futuro, o coordenador pode fazer um círculo em torno de cada segmento. A quebra do mapa do estado futuro em segmentos torna mais gerenciável a implementação do plano de melhorias.

Passo 12 - Confeccionar o plano de implementação do estado futuro do fluxo de valor

Uma vez definidos os segmentos de fluxo, é necessário que o coordenador do fluxo de valor elabore um plano de implementação das melhorias. Este plano deve mostrar:

- Exatamente o que fazer, quando, passo a passo;
- Objetivos mensuráveis; e
- Pontos de revisão, definindo o prazo final e o nome do revisor.

Alguns critérios podem ajudar o coordenador a decidir por onde começar a implementação. Considerando os segmentos do fluxo de valor do estado futuro, ele pode responder às seguintes perguntas:

- Qual o processo no fluxo de valor que é bem dominado por todos?
- Onde a probabilidade de sucesso na implementação é considerada alta?
- Onde é possível, com uma ação gerencial, obter um ganho substancial para o sistema?

Uma vez que os segmentos estão marcados no mapa do estado futuro, o coordenador pode numerá-los na ordem de implementação do plano. Um caminho de muita efetividade é começar a implementação a partir do cliente, isto é, começar com o segmento do processo puxador e seguir em direção ao segmento do fornecedor. Isto garante o controle da demanda, pois um segmento em questão sempre será cliente do próximo segmento a ser aprimorado. Entretanto, nada impede que o coordenador ao gerir um segmento desenvolva também ações de melhoria em outros segmentos. Geralmente, dentro de cada segmento, a seqüência de implementação segue a seguinte ordem:

1º – Desenvolver um fluxo contínuo operando segundo o tempo *takt* – Fluxo contínuo com mínimo desperdício elimina o excesso de produção e possibilita padronizar os recursos produtivos (homem- -máquina), tornando o processo consistente e previsível conforme o tempo *takt*.

2º – Estabelecer um sistema de puxar para controlar a produção – Uma vez introduzido o fluxo, é necessário um sistema de puxar para dar partida ao fluxo conforme a demanda do cliente (interno ou externo).

3º – Nivelar a produção – Por último é necessário nivelar o mix de produtos, conforme as necessidades do cliente.

As melhorias nos processos para dar sustentação ao fluxo enxuto normalmente devem ser implementadas em paralelo com os passos acima. À medida que o coordenador for implementando o fluxo ele vai percebendo as necessidades das melhorias de suporte. Por exemplo, o nivelamento do fluxo pode exigir troca de ferramenta mais rápida; o balanceamento da produção pode exigir a solução de problemas da qualidade e maior disponibilidade de máquina, etc. O importante é vencer a inércia e começar imediatamente o processo de mudança. Uma vez que o coordenador desenvolveu uma visão da ordem que ele pretende implementar os segmentos do estado futuro do fluxo de valor, é necessário então transportar para o papel o plano anual de melhoria para que toda a equipe possa entender e se comprometer com os objetivos e datas estabelecidos.

7.2.4 Quarta fase: implementação do plano

A última fase – e o começo de um processo ininterrupto da busca da perfeição – é a implementação do plano na ordem planejada. É um trabalho que exige disciplina e a firme determinação para vencer as dificuldades técnicas e barreiras culturais. Nesse processo de transformação para uma maior competitividade, o desenvolvimento de visão sistêmica por parte dos gerentes de divisão, coordenadores de fluxo de valor e supervisores é fundamental para a melhoria do processo produtivo, pois a melhoria do todo pode muitas vezes significar “perda” de eficiência de processos isolados. O trabalho em equipe nos diversos níveis, a cultura de “cliente interno” e a prática contínua do PDCA são imprescindíveis para a efetividade da transformação.

Revisões mensais

As revisões mensais - obrigatórias - do plano de implementação (rodar o PDCA) serão oportunidades de aprendizado coletivo e fortalecimento da cultura de trabalho em equipe. Essas revisões constituem o controle do modelo EMB-Lean, absolutamente fundamentais para a melhoria contínua e para reorientar as ações rumo ao norte da competitividade.

7.3 Responsabilidades do coordenador do fluxo de valor

Vale ressaltar que a responsabilidade maior pelo aprimoramento contínuo do fluxo de valor é do coordenador. O coordenador do fluxo de valor precisa entender que a sua função é ter uma visão global do fluxo, desenvolver um plano para o futuro fluxo enxuto e liderar a sua implementação. Esta responsabilidade não pode ser delegada. O coordenador pode e deve solicitar aos supervisores de cada processo que trabalhem firmemente na eliminação de desperdícios, mas somente ele terá a visão global do fluxo que normalmente atravessa diversos setores produtivos. ROTHER e SHOOK [1999] recomendam aos coordenadores de fluxo de valor que estejam atentos para as seguintes necessidades:

- Trabalhar continuamente para eliminar excesso de produção. A eliminação do excesso de produção melhora muito o fluxo;
- Desenvolver uma firme convicção de que os princípios da Manufatura Enxuta podem ser adaptados à sua linha de produção e que é preciso boa vontade para tentar, falhar e aprender;

- Dedicar tempo para realmente aprender os princípios e ferramentas da Manufatura Enxuta a ponto de poder ensina-los no dia-a-dia às pessoas envolvidas no aprimoramento do fluxo de valor;
- Conseguir que as pessoas participem com responsabilidade no processo de transformação, sem precisar recorrer sempre à sua liderança. O plano de implementação se desdobra em vários níveis e é preciso que o coordenador promova a interação entre esses níveis para a otimização global do fluxo de valor.
- Dar suporte aos times de trabalho para que o processo de agregação de valor aconteça, mas não dirigindo pessoalmente os times. Dar suporte significa facilitar as operações indiretas (junto com os supervisores de área) para que as operações diretas de agregação de valor não sejam interrompidas e estar por perto, no chão-de-fábrica, para dar respostas imediatas aos problemas;
- Mudar o foco organizacional de “departamento” ou “área de supervisão” para “equipes de produtos”; e
- O coordenador do fluxo de valor tem também a responsabilidade de controlar o custo, a qualidade e entrega dos produtos do fluxo de valor no estado atual enquanto elabora o mapa do estado futuro.

Na Embraer a Divisão de Planejamento da Produção pode formar especialistas no modelo EMB-Lean e se tornar um centro de promoção da mentalidade enxuta dentro da Empresa. Esse grupo deve acompanhar diariamente os problemas no chão-de-fábrica e dar suporte aos coordenadores de fluxo de valor. A Figura 7.5 mostra esta relação.

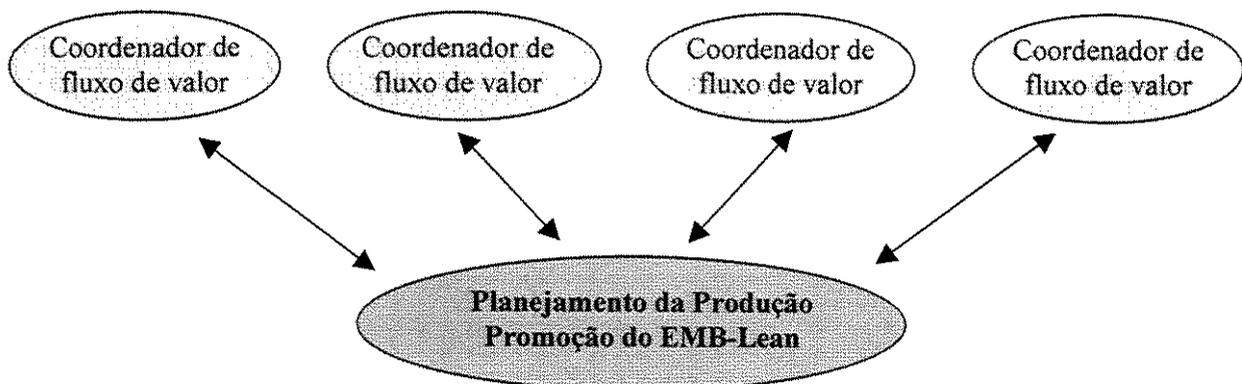


Figura 7.5 – A promoção do EMB-Lean dentro da Embraer

7.4 Considerações finais

Esta proposta se fundamenta em um modelo híbrido de gestão para processo produtivo da Embraer, que pode servir como referência para a indústria aeronáutica brasileira. Este modelo é estruturado pela integração da Manufatura Enxuta, seu eixo principal, com o MRP II, a Teoria das Restrições aplicada à Produção (GRP) e a Qualidade. Observa-se que a melhor interação das políticas operacionais da empresa com a produção é um suporte imprescindível para a efetividade do modelo.

Neste modelo o fluxo passa a ser puxado e sincronizado com o tempo *takt*, ou seja, balanceado com a demanda, para isto conta com o suporte das ferramentas da Manufatura Enxuta e da Qualidade. O GRP focaliza e explora a restrição, ajudando a reduzir inventário. O MRP II disponibiliza o seu banco de dados, gera o plano mestre, emite ordens de fabricação para o produto final e gera plano de compras de materiais.

Vale ressaltar que este modelo contempla a necessidade de transformação cultural, imprescindível para sustentar o desenvolvimento de vantagens competitivas. Para tanto é necessário um programa contínuo de educação e treinamento que promova o crescimento dos recursos humanos, especialmente quanto ao desenvolvimento de visão sistêmica, o trabalho em equipe, o sentido de responsabilidade pessoal e a mentalidade de melhoria contínua.

O próximo passo agora é aplicar a metodologia desenvolvida em um setor produtivo da Embraer – setor produtivo característico da indústria aeronáutica – com o objetivo de verificar a consistência do modelo proposto.

Capítulo 8

Caso: O Fluxo de Valor da Família de Revestimentos Estirados

A área de Fabricação de Componentes da Embraer, conhecida como Estamparia, foi indicada pela gerência do Planejamento da Produção para a aplicação do modelo proposto. O objetivo deste capítulo é apresentar e analisar a aplicação da metodologia do modelo EMB-Lean sobre o fluxo de valor da família de revestimentos estirados da Divisão de Estamparia e, através da medição dos indicadores de produtividade definidos, concluir sobre a efetividade do modelo proposto.

8.1 A Estamparia dentro da função produtiva da Embraer

A primeira atividade, após a definição do setor produtivo onde seria realizado o estudo, foi conhecer todos os processos desenvolvidos pela Estamparia e sua inter-relação com o Planejamento da Produção e outras áreas de fabricação. A Estamparia tem uma participação ampla e dinâmica dentro do setor produtivo da Empresa, agindo como fornecedor/cliente de várias cadeias de valor internas. O trabalho realizado pela Estamparia é de vital importância para a melhoria da qualidade e produtividade do processo produtivo da Embraer como um todo e, como consequência, diretamente comprometido com a busca de maior competitividade da organização. Isto está explícito na sua missão que é definida como: *“Assegurar o atendimento ao plano de produção, bem como às solicitações de peças de reposição, manufacturando mais rápido, melhor e mais barato, visando vantagens competitivas aos produtos da Embraer”*. Aproximadamente vinte e cinco mil e quatrocentos itens (códigos diferentes) são processados

pela GFC e entregues aos seus clientes como produto final da área. O volume de produção mensal chega a aproximadamente cento e noventa e quatro mil peças para uma entrega mensal de dezesseis aviões (jun/2001). A Figura 8.1 mostra uma visão dos fornecedores e clientes da Estamparia.

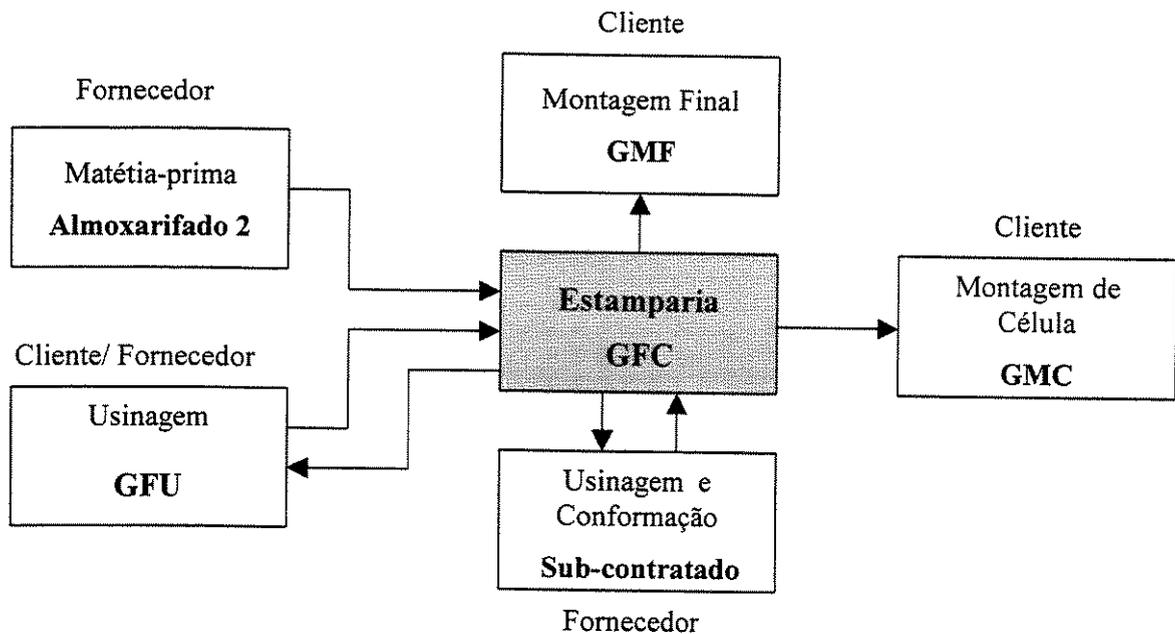


Figura 8.1 – A inter-relação entre Estamparia e outros setores produtivos

A Estamparia recebe matéria-prima do Amoxarifado 2 (chapas e tubos de alumínio, aço inoxidável e titânio), processa esses materiais e fornece produtos acabados (revestimentos calandrados e estirados, pintados ou polidos, tubos, etc.) para os seus clientes: Montagem de Células e Sub-conjuntos (GMC) e Montagem Final (GMF). Recebe peças semi-processadas da Usinagem (GFU), processa o material e o devolve à Usinagem. Fornece matéria-prima semiprocessada para sub-contratados e recebe material usinado e conformado.

Organograma e número de funcionários

A Estamparia é a maior divisão em número de funcionários e itens de fabricação da área de produção da Embraer. O gerente da Divisão conta com dezesseis supervisores e aproximadamente setecentos e cinquenta funcionários (jun/2001) para cumprir sua missão e

atender bem a demanda dos seus clientes. A Figura 8.2 mostra a estrutura da Estamparia para a fabricação de componentes e prestação de serviços sob sua responsabilidade.

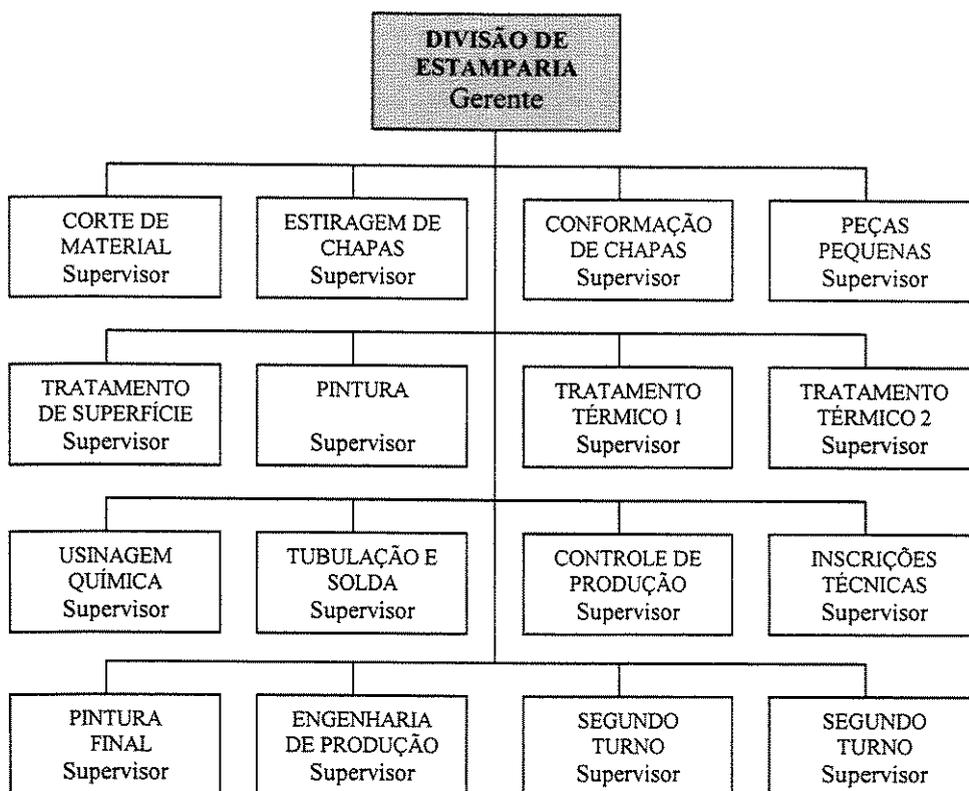


Figura 8.2 – A estrutura da Estamparia para a fabricação de componentes para as aeronaves

8.2 Aplicando a metodologia EMB-Lean

Após conhecer o sistema de gestão da Embraer, conforme analisado no Capítulo 3, e adquirir uma visão geral sobre os produtos e processos da Divisão de Estamparia, iniciou-se o processo de implementação do sistema EMB-Lean, conforme a metodologia do modelo proposto.

8.2.1 Primeira fase: desenhar o mapa do estado atual do fluxo de valor

O desenho do mapa do estado atual do fluxo de valor torna possível visualizar e analisar a realidade de um processo produtivo de forma científica e metódica, e a partir daí projetar uma realidade futura - o mapa do estado futuro - que poderá ser efetivada segundo os interesses e prioridades da Divisão de Estamparia da Embraer. Para transformar é preciso agir.

Passo 1 - Selecionar uma família de produtos

Em pouco tempo de diálogo sobre quais produtos seriam escolhidos para o estudo, chegou-se ao consenso que os revestimentos estirados, que formam a dianteira e traseira das aeronaves, constituíam uma boa oportunidade de melhoria, caracterizando-se por uma família de vinte e duas peças, todas passando por uma mesma máquina estiradeira. A outra família de revestimentos, os calandrados, já tinha recebido um aprimoramento com a implementação do *Kanban*, seria, então, oportuno investir sobre a família de revestimentos estirados de uma forma mais metódica para observar os ganhos de produtividade e posteriormente utilizar-se deste modelo para melhorar continuamente ambos os processos. Os revestimentos representam um custo significativo na fabricação de uma aeronave e o aprimoramento do seu processo produtivo é considerado relevante para a Estamparia. A Figura 8.3 e 8.4 mostram, respectivamente, a dianteira (dezenove revestimentos) e a traseira (três revestimentos) do ERJ-145, na atualidade, o principal produto da Embraer.

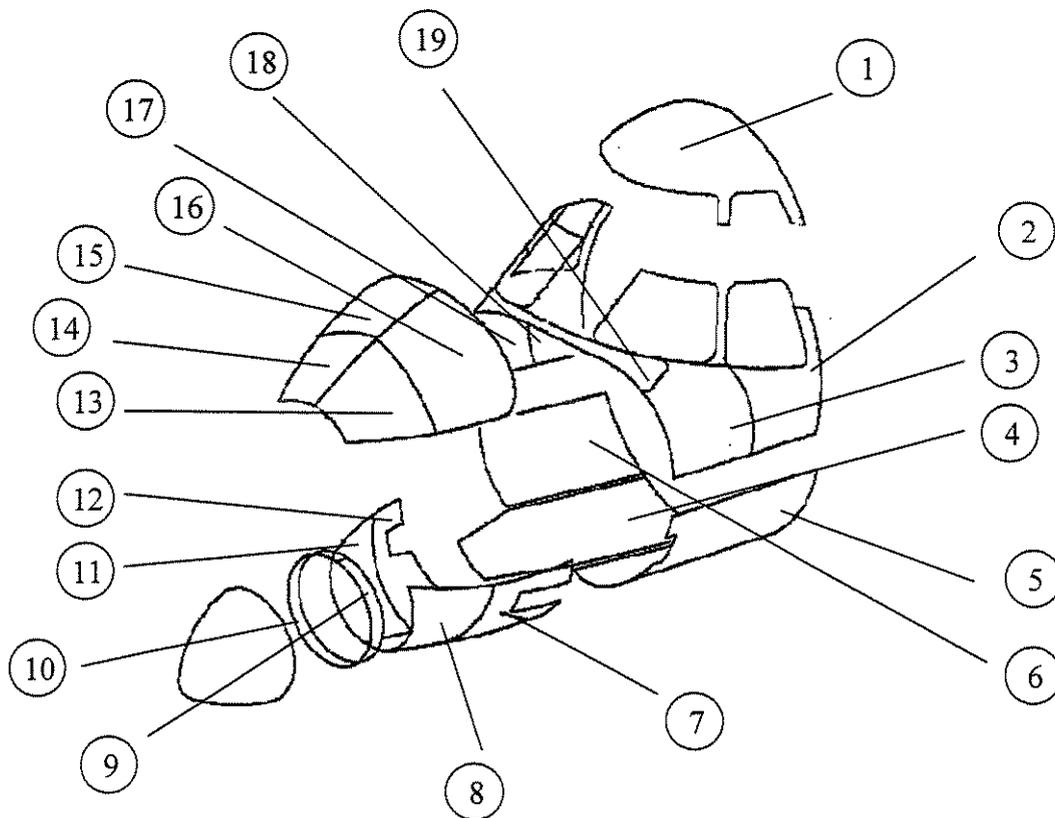


Figura 8.3 – Revestimentos estirados - dianteira do ERJ-145

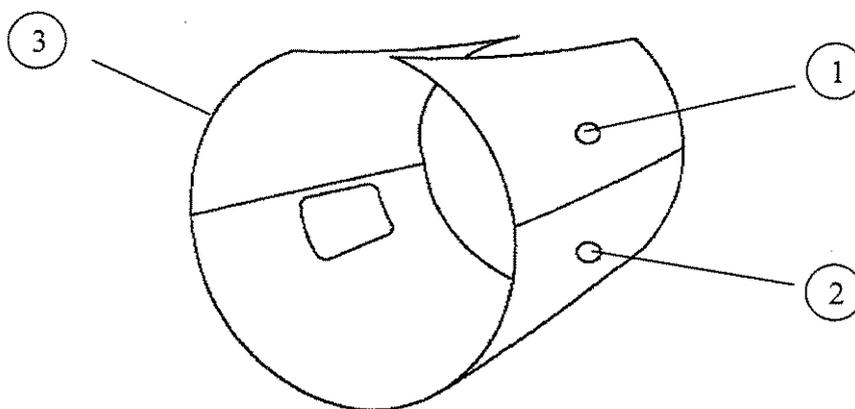


Figura 8.4 – Revestimentos estirados - traseira do ERJ-145

A fabricação dos revestimentos calandrados e estirados atravessa um circuito longo e complexo. Esta característica associada ao sistema de gestão de produção atual provoca um desnivelamento da produção, com excesso de material em processo e no estoque de produtos acabados para alguns itens e a falta de material para outros. A Figura 8.5 mostra uma visão simplificada do processo de fabricação de revestimentos, cujo cliente é a Divisão de Montagem de Células (GMC).

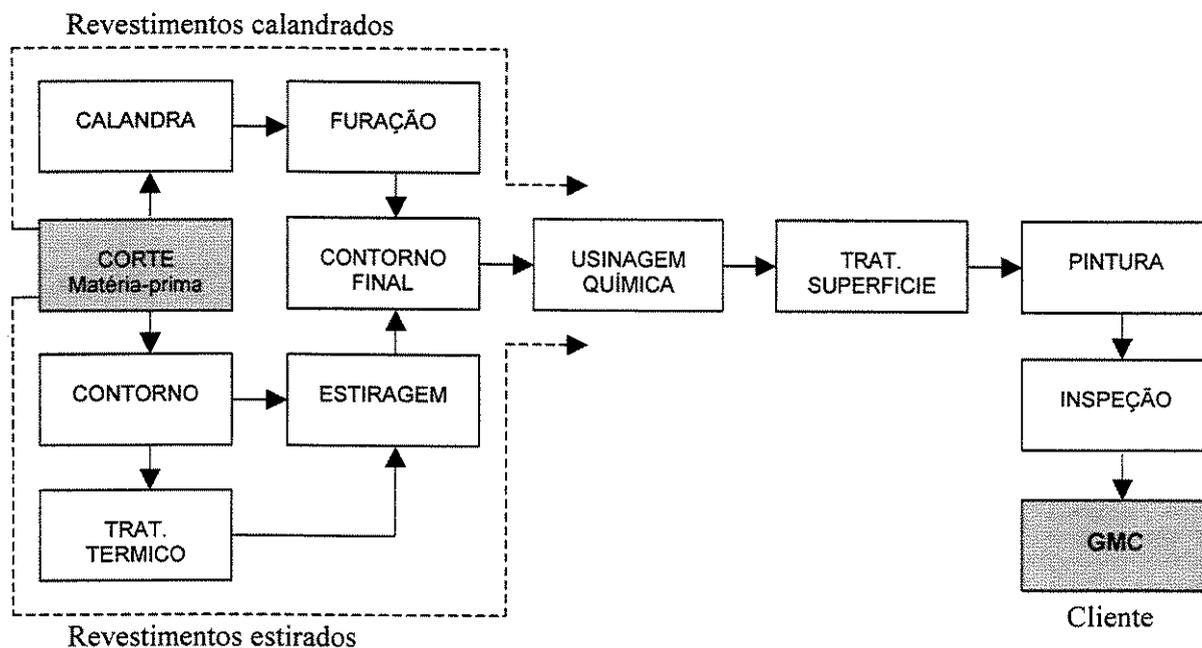


Figura 8.5 – Visão geral do processo de fabricação de revestimentos calandrados e estirados

Passo 2 - Escolher o coordenador do fluxo de valor

Esta é uma necessidade primordial para que a implementação da metodologia seja eficaz. O mapeamento do fluxo de valor e a implementação do plano de melhorias precisam ser liderados por um profissional que possa ver as necessidades de melhoria através dos limites das diversas áreas que são atravessadas pelo fluxo de produtos do fluxo de valor.

Na altura do término deste trabalho, ainda não havia a definição de um profissional com o perfil para liderar esta implementação. Evidentemente que a elaboração e implementação do plano de melhorias, além de depender da definição de prioridades da Divisão, precisa contar com o profissional adequado para assumir esta função. O coordenador do fluxo de valor deverá ter o poder necessário para fazer as mudanças acontecerem e se reportará diretamente ao gerente da Divisão de Estamparia.

Passo 3 – Identificar e especificar valor para o cliente

O fluxo de valor para a fabricação dos revestimentos estirados deve ser dimensionado e aprimorado em função das necessidades e expectativas do seu cliente. Uma conversa com o coordenador da GMC foi suficiente para esclarecer as suas reais necessidades e expectativas. O cliente quer ter sempre disponível um conjunto completo de revestimentos estirados em função das suas necessidades específicas, ou seja, em função da próxima aeronave que será montada, conforme MPS definido pela Gerência de Programas (ver item 3.3.3). Isto já sugere a conveniência de se estabelecer um estoque por tempo de segurança (*time buffer*) para que o fluxo de produção não seja interrompido por falta de revestimentos estirados.

Na altura desta conversa e início deste trabalho a cadência da produção mensal era de doze aeronaves e esta será a referência para o desenho do mapa do estado atual do fluxo de valor. A Montagem de Células precisa, então, receber mensalmente doze conjuntos completos de revestimentos estirados para atender a demanda do seu cliente, a Montagem Final. A correspondente cadência diária de produção dos revestimentos estirados será analisada posteriormente.

A principal reclamação da Montagem de Células é quanto ao desnivelamento no estoque de revestimentos estirados na entrada do seu processo, entregue pela Estamparia. Muitos itens são

entregues pela Estamparia em quantidade excessiva, aumentando o inventário, enquanto para outros há mesmo uma falta absoluta, o que muitas vezes significa a falta de um conjunto completo de revestimentos estirados para a próxima montagem. Além disso, existem alguns problemas de qualidade, principalmente riscos nas chapas e dimensões incorretas, necessitando de um ajuste no local da montagem. Existe uma boa relação de parceria entre Estamparia e Montagem de Células, mas precisa ser aprimorada para atender ao desafio de aumento da cadência de produção com qualidade e ao menor custo possível.

Passo 4 – Padronizar símbolos de processos e fluxos

Como a Empresa ainda não desenvolveu um conjunto de símbolos para representar os seus processos e fluxos de materiais e informações, serão utilizados neste trabalho os símbolos constantes do Anexo A.

Passo 5 – Desenhar o mapa do estado atual do fluxo de valor

A elaboração do mapa do estado atual do fluxo de valor para a fabricação dos revestimentos estirados exigiu do autor deste trabalho centenas de horas dentro da empresa para coletar, pessoalmente, as informações necessárias. A área física de cada processo foi visitada pelo menos quatro vezes para obter e confirmar as informações. Não há outro caminho, o coordenador do fluxo de valor não pode aceitar as informações oficiais da empresa.

Foi uma atividade que exigiu paciência e determinação em função da complexidade do processo e das longas distâncias a serem percorridas. O layout do fluxo de valor dos revestimentos estirados envolve a ida e volta de materiais entre diferentes prédios, fazendo com que o tempo de transporte seja significativo na formação do *lead time* de produção. O trabalho foi facilitado pelo gerente da Divisão de Estamparia e as conversas foram direcionadas para os supervisores, monitores e operadores diretamente envolvidos no processo. Todos os tempos de processamento foram tomados pessoalmente pelo autor. Cada valor de tempo representa uma média de três medições e a variabilidade encontrada considerada insignificante.

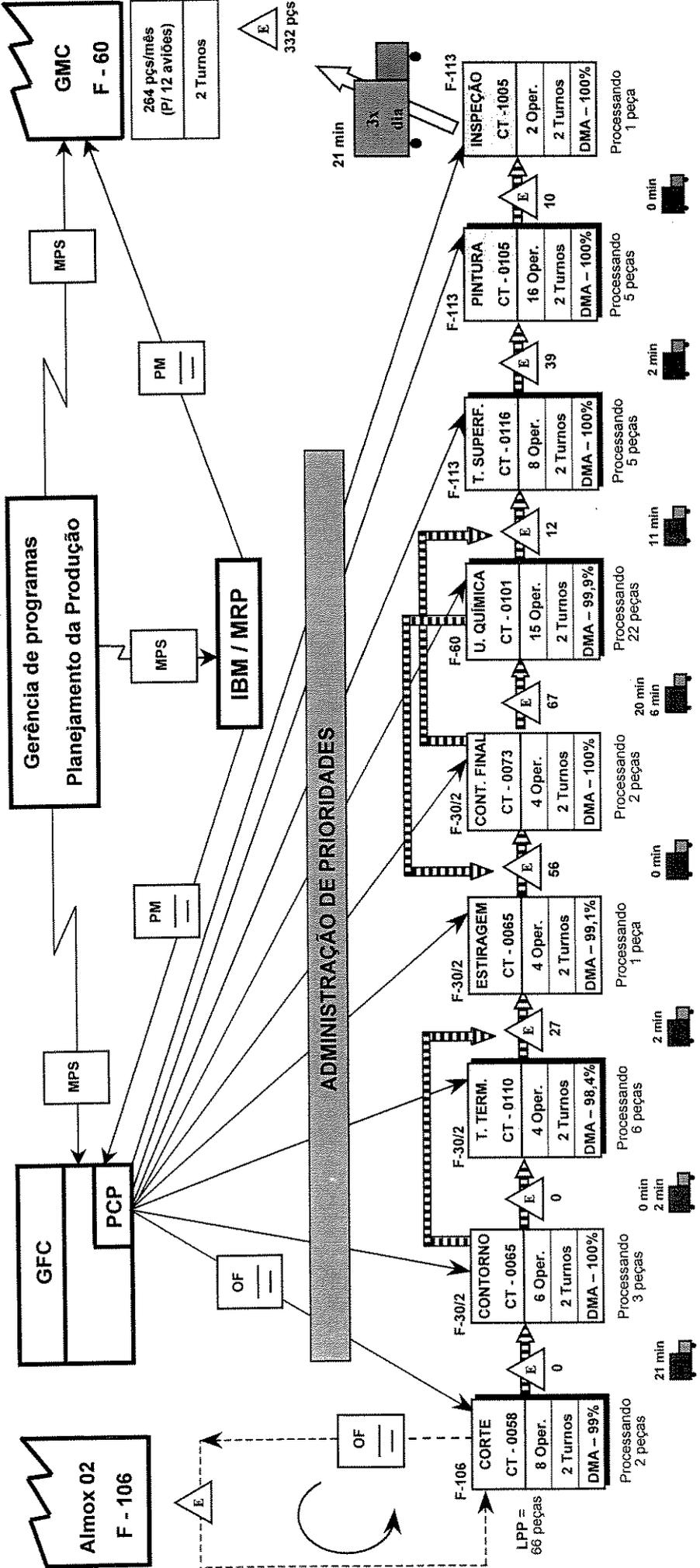
Caracterizar o cliente e o fornecedor, desenhar o processo, o fluxo de informações e o fluxo de materiais

A Figura 8.6 apresenta a caracterização do cliente e do fornecedor, e o desenho do processo, do fluxo de informações e do fluxo de materiais. A Estamparia (GFC) é o fabricante, o Almojarifado 2 é o fornecedor e a Montagem de Células (GMC) é o cliente.

A data de referência para o mapeamento do fluxo de valor é abril de 2000, quando a empresa estava produzindo doze aviões por mês. A disponibilidade bruta da mão-de-obra por turno é de 8 h 36 min. A Empresa procura alimentar o seu MRP com lote de três aviões, o que significa três conjuntos de revestimentos estirados, ou seja, o lote padrão de revestimentos estirados é de sessenta e seis unidades. As explicações de pé de página da Figura 8.6 ajudam a entender as principais características do mapeamento, entretanto, informações complementares para cada processo serão acrescentadas para melhor esclarecimento. Informações sobre o tempo de transporte foram acrescentadas para evidenciar esta categoria de desperdício. A movimentação entre prédios é grande em função de um layout que ao longo dos anos foi sendo “ajustado” para resolver os problemas de curto prazo, o que redundou na necessidade de muitos e freqüentes deslocamentos. Atualmente, o projeto de um layout adequado implicaria em alto investimento que, segundo a Empresa, não é viável economicamente.

Procurou-se separar o tempo de processamento que agrega valor do tempo de preparação, que não agrega valor, com o objetivo de evidenciar uma oportunidade de melhoria pela redução do tempo de preparação, mesmo que este tempo não seja passível de ser muito reduzido. Para cada unidade (considerando um lote de processamento de sessenta e seis peças), o tempo de processamento que agrega valor acrescido do tempo de preparação é igual ao tempo de processamento unitário.

As informações sobre o índice de refugo em processo e disponibilidade de máquina foram conseguidas nas áreas de Qualidade e Manutenção, respectivamente. Observe-se que para o cálculo do tempo *takt* real é necessário levar em conta a disponibilidade de máquina. Este estudo de caso limitar-se-á às informações necessárias para o entendimento da implementação da metodologia EMB-Lean, evitando entrar em detalhes técnicos de cada processo.



TT	22 min/peça	224 min/peça	79,8 min/peça	74 min/peça	149 min/peça	16,4 min/peça	14,9 min/peça	14,9 min/peça	75 min/peça
TPD	280 min/dia	2796 min/dia	373 min/dia	932 min/dia	1864 min/dia	205 min/dia	186,4 min/dia	186,4 min/dia	932 min/dia

TT da Usinagem Química
 22% da carga corresponde ao processamento de revest. estradados
 TT = $932 \times 0,22 \div 12,5 \times 0,999$
 TT = 16,4 min/peça

TT do Trat. Superfície e Pintura
 20% da carga corresponde ao processamento de revest. Estradados
 TT = $932 \times 0,2 \div 12,5 \times 1,0$
 TT = 14,9 min/peça

TT do Corte
 30% da carga corresponde ao processamento de revest. estradados
 TT = $932 \times 0,3 \div 12,5 \times 0,99$
 TT = 22 min/peça

TT do Tratamento Térmico
 40% da carga corresponde ao processamento de revest. estradados
 8 peças passam pelo Trat. Térm.
 TT = $932 \times 0,4 \div (0,57 \times 8) \times 0,984$
 TT = 79,8 min/peça

TT geral do Processo
 Disponibilidade de Mão-de-obra por turno = 8 h 36 min
 Parada para café por turno: 10 min
 Outros (telefone, banco, etc) por turno: 40 min
 $TPD_{2T} = 2 \times (8 \text{ h } 36 \text{ min} - 50 \text{ min}) = 932 \text{ min}$
 1 (um) mês tem 21 dias úteis
 Produção atual = 12 aviões/ mês = 0,57 aviões/dia
 1 avião tem 22 revestimentos estradados
 Produção atual = $0,57 \times 22 = 12,5 \text{ peças/dia}$
 TT = $TPD \div 12,5 \times \text{DMA}$

Familia: Revestimentos Estradados - 22 peças
 Mapa do Estado Atual
 Data: 12 Abril 2000

Figura 8.6 – Versão parcial do mapa do estado atual

Almoxarifado 2 – O Almoxarifado 2 é o fornecedor do fluxo de valor. É um almoxarifado de grandes dimensões onde são armazenados chapas e tubos de diversas ligas de alumínio, aço e titânio. Fica na mesma área física do Corte, eliminando a necessidade de transporte. Aqui o sistema já é puxado, ou seja, o Almoxarifado 2 só entrega um determinado material quando solicitado pelo Corte.

Corte – O Corte é um processo compartilhado, pois além dos revestimentos estirados corta revestimentos calandrados e um conjunto grande de peças pequenas. Após receber as ordens de fabricação (OF's) do PCP da Estamparia, o operador do Corte dá entrada no sistema de programação informatizado e puxa o material necessário do Almoxarifado 2. A partir do Corte a produção é empurrada pelo MRP II que vai administrando a relação carga/capacidade de cada Centro de trabalho (CT) e definindo prioridades.

O tempo que agrega valor = 4,7 min, o tempo de preparação = 0,3 min e o tempo de processamento unitário = 5,0 min. O tempo *takt* = 22 min/peça. Portanto, com dois turnos, o Corte tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Nas medições do material em processo foi encontrado o valor médio de duas unidades em processamento. O índice de defeitos é de 10.000 PPM e os principais problemas identificados foram:

- Corte de matéria-prima (chapas) com corrosão;
- O manuseio na operação provoca riscos nas chapas;
- Dimensões de corte incorretas;
- Corte incorreto em relação à direção de grão;
- Falta de embalagem de plástico para as chapas quando enviadas ao cliente;
- Existem Ordens de Fabricação (OF's) sem definição da matéria-prima a ser cortada. A matéria-prima é consumida mas não é alocada na OF;
- Em algumas OF's, a quantidade de matéria-prima alocada não confere com a real necessidade de fabricação; e
- Em algumas OF's, a matéria-prima é indicada incorretamente. A OF é enviada para a área de Processo, que corrige manualmente e a retorna para o Corte, mas o problema não é eliminado na causa.

Contorno – É uma atividade manual de preparação para a estiragem. Trata-se de um polimento nas bordas das chapas para eliminar as pequenas rachaduras ocasionadas pelo corte e evitar que o material se rompa durante a estiragem. Todas as vinte e duas chapas da família de revestimentos estirados passam pelo Contorno. São três operadores por turno, totalizando 2796 min disponíveis por dia.

O tempo que agrega valor = 6,0 min, o tempo de preparação = 0,0 min e o tempo de processamento unitário = 6,0 min. O tempo *takt* = 224 min/peça. Portanto, com dois turnos, o Contorno tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Há um excesso de capacidade neste Centro de Trabalho, um operador por turno seria suficiente para atender a demanda e ainda permanecer capacidade disponível. Nas medições do material em processo foram encontradas três unidades em processamento e nenhuma unidade de estoque na entrada do processo. O índice de defeitos é de 30.000 PPM. Os principais problemas encontrados foram:

- Dentes nas bordas das chapas, gerados ao se passar a ferramenta para eliminar as rebarbas; e
- Amassamento das peças quando elas são colocadas na mesa para ajuste.

Tratamento Térmico – Sete chapas da família são tratadas termicamente, sendo que uma, o teto da cabine, passa duas vezes pelo tratamento térmico. Em função da conformação necessária e do tipo de liga de alumínio, algumas chapas precisam de tratamento térmico antes da estiragem para não se romperem durante a tração na estiradeira.

O tempo que agrega valor = 5,5 min, o tempo de preparação = 3,2 min e o tempo de processamento unitário = 8,7 min. O tempo *takt* é de 79,8 min/peça. Portanto, com dois turnos, o Tratamento Térmico tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Na realidade um turno de trabalho no Tratamento Térmico seria suficiente para atender a demanda – para uma cadência de doze aviões - e ainda permanecer com capacidade disponível. Nas medições do material em processo foram encontradas seis unidades em processamento e nenhuma unidade de estoque na entrada do processo. O índice de defeitos é de 50.000 PPM e os principais problemas encontrados foram:

- Riscos nas chapas provocados pelo atrito entre as chapas durante a preparação para a introdução na câmara térmica e na descida para o resfriamento na água; e
- Deformação das chapas quando, em temperatura alta, se soltam do dispositivo de fixação e caem na água.

Estiragem – É um processo de conformação das chapas de alumínio em conformidade com a fuselagem do avião. Existe um molde para cada peça e todas as peças da família são estiradas.

O tempo que agrega valor = 1,5 min, o tempo unitário de preparação = 18,5 min e o tempo de processamento unitário = 20,0 min. O tempo *takt* = 74 min/peça. Portanto, com dois turnos, a Estiragem tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Nas medições do material em processo foi encontrada uma peça em processamento e vinte e sete no estoque de entrada do processo. O índice de defeitos é de 10.000 PPM em função dos riscos nas chapas devido ao manuseio incorreto das peças.

Contorno Final – É uma atividade manual de preparação das chapas para a Usinagem Química. Esta preparação consiste em efetuar alguns furos nas chapas, através dos quais as mesmas serão suspensas ao passarem pelos tanques na Usinagem Química, e realizar um segundo polimento nas bordas das chapas para evitar a penetração indesejável da solução química. A família de revestimentos estirados tem duas passagens pelo Contorno Final. Na primeira as vinte e duas peças são processadas e vão para a Usinagem Química. Após a usinagem dezesseis peças voltam para o Contorno Final, para o corte das chapas na dimensão final, sendo depois encaminhadas diretamente para o Tratamento de Superfície. São dois operadores por turno, totalizando 1864min disponíveis por dia.

O tempo que agrega valor = 19,0 min, o tempo de preparação = 0,0 min e o tempo de processamento unitário = 19,0 min. O tempo *takt* = 149 min/peça. Portanto, com dois turnos, o Contorno Final tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Há um excesso de capacidade neste Centro de Trabalho, um operador por turno seria suficiente para atender a demanda e ainda permanecer com capacidade disponível. Nas medições do material em processo foram encontradas duas peças em processamento e cinquenta e seis no estoque de

entrada do processo. O índice de defeitos é de 10.000 PPM em função dos riscos nas chapas devido ao manuseio incorreto das peças.

Usinagem Química – A Usinagem Química é um processo compartilhado, pois além dos revestimentos estirados, usina também revestimentos calandrados e um conjunto grande de peças pequenas. O objetivo da usinagem química é aliviar peso da aeronave pela corrosão do alumínio sobre áreas bem delimitadas e especificadas pela Engenharia. Antes da usinagem as chapas passam por tanques onde são cobertas com uma máscara plástica. Posteriormente algumas áreas da máscara são recortadas para expor o alumínio ao ataque químico.

A Usinagem Química trabalha por carga, isto é, as chapas são fixadas em um dispositivo e conduzidas através dos tanques de mascaramento e usinagem. O tempo médio de preparação por carga é de 2,8 min e o tempo médio de processamento que agrega valor por carga é de 70 min. O tempo total de processamento por carga é de 72,8 min. Cada carga leva em média 5,5 peças.

O tempo que agrega valor = 12,7 min, o tempo de preparação = 0,5 min e o tempo de processamento unitário = 13,2 min. O tempo *takt* = 16,4 min/peça. Portanto, com dois turnos, a Usinagem Química tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Nas medições do material em processo foram encontradas vinte e duas peças em processamento e sessenta e sete no estoque de entrada do processo. O índice de defeitos é de 50.000 PPM e os principais problemas encontrados foram:

- Infiltração do ataque químico pela pressão excessiva do estilete sobre a máscara plástica;
- Infiltração do ataque químico devido falha na máscara ou nas bordas das ilhas; e
- Peças amassadas pelo manuseio incorreto.

Tratamento de Superfície – O Tratamento de Superfície é um processo Compartilhado, pois além de processar todo o material que passa pela Usinagem Química, processa também muitas outras peças que não são usinadas. O Tratamento de Superfície trabalha por carga, isto é, as chapas são fixadas em um dispositivo e conduzidas através dos tanques de limpeza e alodinação. O tempo total médio de processamento por carga é de 41 min. Cada carga leva em média 5,5 peças.

O tempo que agrega valor = tempo de processamento unitário = 7,5 min. O tempo *takt* = 14,9 min/peça. Portanto, com dois turnos, o Tratamento de Superfície tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Nas medições do material em processo foram encontradas cinco peças em processamento e doze no estoque de entrada do processo. O índice de defeitos é de 10.000 PPM em função dos riscos nas chapas provocados pelo atrito entre elas ao passarem pelos tanques de tratamento.

Pintura – A Pintura é um processo compartilhado, processando todo o material que passa pelo Tratamento de Superfície, incluindo os revestimentos estirados. A Pintura trabalha por carga, isto é, as chapas são fixadas em um dispositivo e conduzidas através das cabines de pintura. O tempo total médio de processamento por carga é de 54 min. Cada carga leva em média 5,5 peças.

O tempo que agrega valor = tempo de processamento unitário = 9,8 min. O tempo *takt* = 14,9 min/peça. Portanto, com dois turnos, a Pintura tem capacidade disponível para processar peças para mais de doze aviões. Nas medições do material em processo foram encontradas cinco peças em processamento e trinta e nove no estoque de entrada do processo. O índice de defeitos gerado pelo processo de pintura é de 50.000 PPM, mas o índice encontrado pela Inspeção no final do fluxo de valor é de 300.000 PPM. Este valor é alto em função dos pequenos defeitos que vão se acumulando ao longo do processo. Os principais defeitos identificados foram:

- Riscos nas chapas polidas e pintadas;
- Retoques de pintura inadequados;
- Chapas amassadas.

Inspeção – A Inspeção ou Conformidade executa um trabalho de inspeção visual e conferência da documentação que acompanha os revestimentos. Pela Inspeção passa todo o material que vem da Pintura e não apenas os revestimentos. Entretanto, considerou-se este processo como não compartilhado, ficando um operador por turno (no total são quatro operadores por turno) dedicado à inspeção dos revestimentos estirados. Como a Inspeção não agrega valor ao produto, a atividade foi considerada como preparação. O tempo de preparação = tempo de processamento

unitário = 6,0 min. O tempo *takt* = 75 min/peça. Portanto, com dois turnos, a Inspeção tem capacidade disponível para inspecionar peças para mais de doze aviões. Também aqui não há a necessidade de dois turnos, um turno seria mais do que o suficiente. Nas medições do material em processo foi encontrada uma peça em processamento e dez no estoque de entrada do processo.

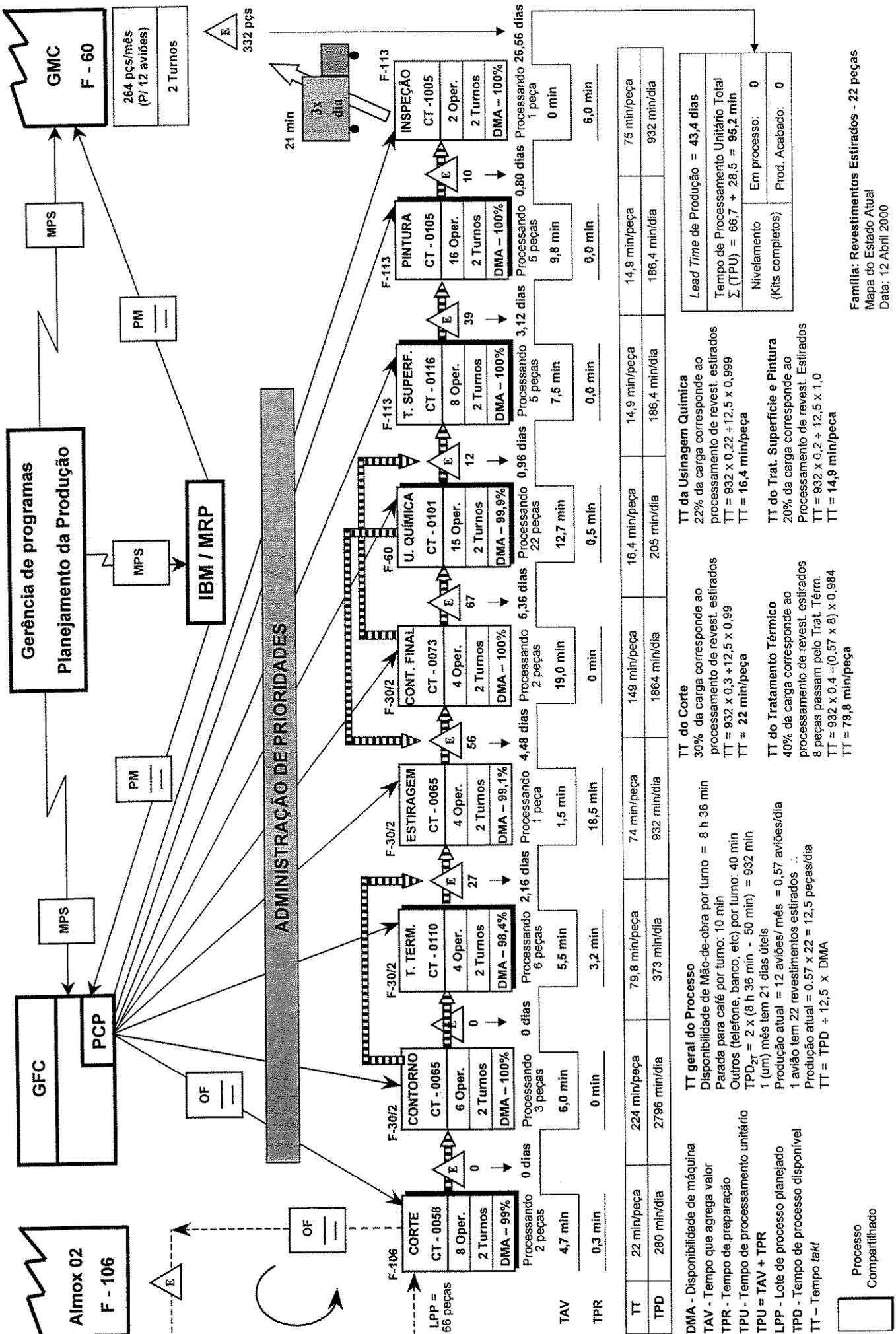
Montagem de Células (GMC) – A Divisão de Montagem de Células - o cliente - é quem recebe os revestimentos estirados produzidos pela Estamparia. Foi encontrado o valor médio de trezentas e trinta e duas peças no estoque de entrada da GMC. Se esse estoque estivesse nivelado seria possível montar quinze aviões, entretanto, a análise do material revelou um estoque totalmente desnivelado. Em cada uma das três medidas realizadas tinha pelo menos uma peça com zero unidade de estoque e no outro extremo uma peça com dezoito unidades de estoque. Isto é consequência do sistema de empurrar a produção. Para “apagar o incêndio” o PCP da Estamparia lança OF's do material faltante com grau máximo de prioridade para que o cliente não interrompa a sua produção. Esta é uma situação normal no dia-a-dia de uma produção empurrada.

Quantificar os indicadores de produtividade

A Figura 8.7 mostra a visão final do mapa do estado atual do fluxo de valor com os indicadores de *Lead Time* e Índice de Nivelamento.

Lead Time - O *lead time* é de 43,4 dias. O *lead time* é função do material em processo. O excesso de material em processo aumenta o *lead time*, impedindo a empresa de aumentar a sua cadência de produção. Com um *lead time* alto a Embraer responde mais lentamente às necessidades do mercado. Para a produção de 12 aviões seriam necessárias apenas 264 peças (12 x 22 peças estiradas) no processo produtivo, entregando ao cliente um conjunto de revestimentos estirados a cada 1,8 dias. Mesmo considerando um estoque de tempo de segurança de três dias na entrada do processo do cliente o total seria de 308 peças, bem abaixo das 590 peças encontradas.

Acrescenta-se ainda que no processo produtivo dos revestimentos estirados não há troca de ferramenta para a produção de grandes lotes, mas há o tempo de preparação para o processamento de uma peça. A preparação em si não agrega valor e normalmente é possível reduzir esse tempo, entretanto, parte deste tempo de preparação é necessário para o



Familia: Revestimentos Estradados - 22 peças
 Mapa do Estado Atual
 Data: 12 Abril 2000

Figura 8.7 - Versão final do mapa do estado atual

processamento que agrega valor. Neste trabalho foi considerado como tempo unitário total de processamento tanto o tempo de processamento efetivo quanto o tempo de preparação. Mesmo assim, a comparação entre o tempo unitário total de processamento com o *lead time* de produção (95,2 min *versus* 43,4 dias) permite perceber que há muito o que enxugar no processo produtivo dos revestimentos estirados para adequá-lo às necessidades competitivas da Embraer.

Índice de Nivelamento - O índice de nivelamento tanto do material ao longo do processo produtivo (258 peças) quanto do estoque de produto acabado (332 peças) junto ao cliente (GMC) é de 0 %, ou seja, não foi possível encontrar em cada um desses estoques um conjunto completo de revestimentos estirados necessário para a fabricação de um avião. Além destes dois indicadores existe o Índice de Defeitos do processo. Este índice indica o nível médio de defeitos que acontecem e são corrigidos ao longo do fluxo de valor. Este índice foi obtido diretamente com os supervisores e monitores dos Centros de Trabalho.

Índice de Defeitos – O Índice de Defeitos é de 30.000 ppm. Este valor é considerado alto para empresas de classe mundial. Com o aprimoramento da tecnologia de alguns processos e treinamento de pessoal é possível reduzir muito este índice. Com relação à qualidade existe ainda o índice de refugo em processo. Este índice indica o nível médio de peças que são refugadas (sucateadas) ao longo do fluxo de valor. Este índice é 500 ppm e foi obtido através da área de Qualidade da Empresa. É também um índice alto para empresas de classe mundial. A correção de defeitos e o refugo de peças têm um custo que a Embraer absorve, pois não pode transferi-lo para o preço da aeronave. É necessário um esforço contínuo para diminuir estes índices e reduzir os custos do processo produtivo.

Cabe ressaltar que o sistema de manutenção preventiva da Embraer é bastante satisfatório, garantindo boa disponibilidade de máquina, não exigindo no momento atenção especial.

8.2.2 Segunda fase: desenhar o mapa do estado futuro do fluxo de valor

Conforme analisado no subitem 7.2.2, a mudança de paradigma começa com o balanceamento do fluxo produtivo com a demanda mensal de aeronaves de mercado de aviação regional. Isto leva ao próximo passo.

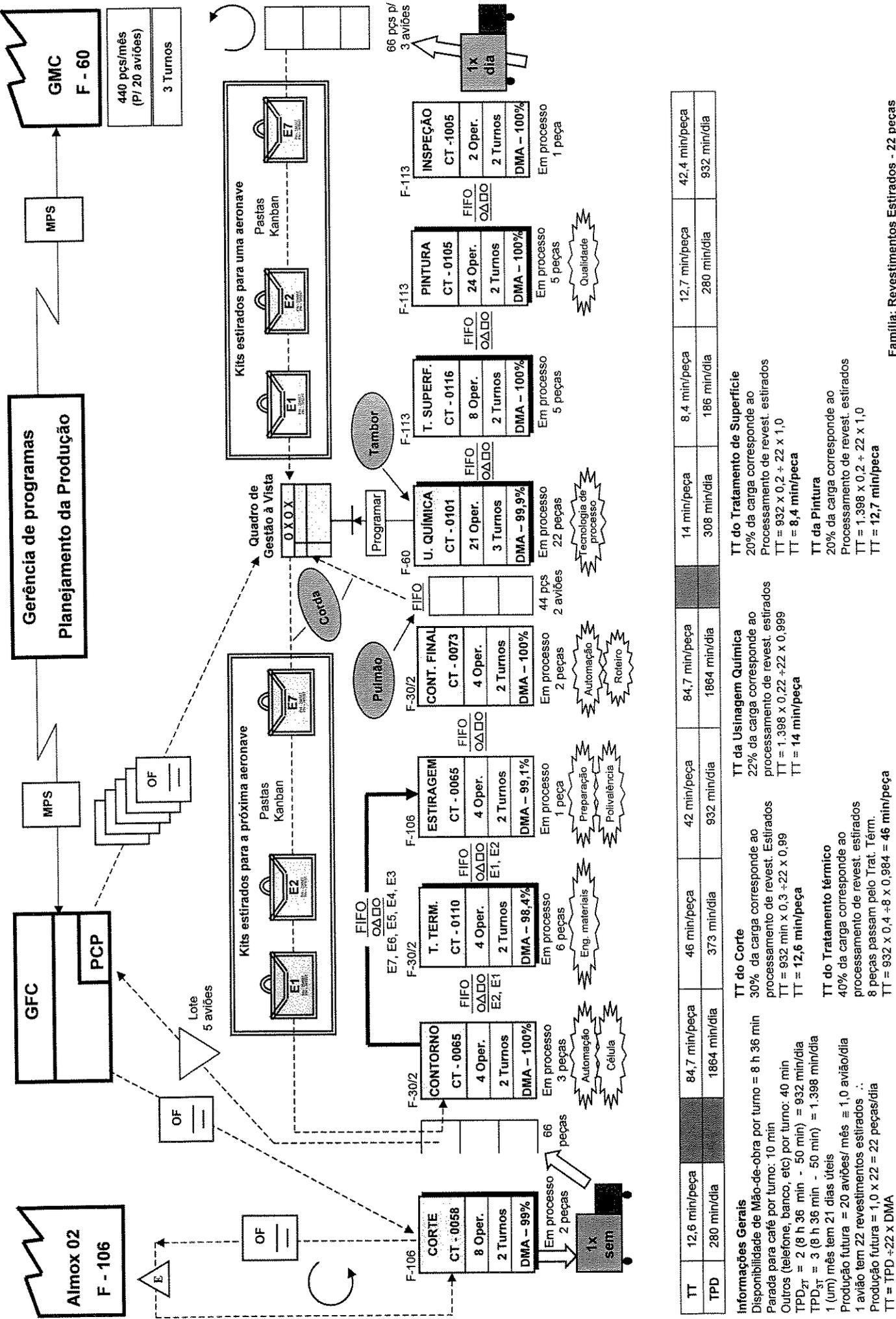
Passo 6 – Definir o novo tempo *takt* de produção

Em janeiro de 2000, em função dos compromissos com a sua carteira de negócios e das expectativas de participação no mercado, a Embraer estabeleceu como meta alcançar uma cadência de produção mensal de vinte aeronaves em dezembro de 2001. Esta informação passou a ser o ponto de partida para o desenho do mapa futuro do fluxo de valor dos revestimentos estirados.

Para uma produção de 20 aviões/mês, considerando vinte e um dias úteis por mês, a Embraer terá que produzir aproximadamente 1 avião/dia, o que significa 22 revestimentos estirados por dia. Para este nível de produção é preciso calcular o novo tempo *takt* e verificar se há necessidade ou não de aumento de capacidade. O aumento de capacidade pode vir com horas extras, mais um turno aos sábados ou um terceiro turno diariamente, cada Centro de Trabalho terá que ser analisado individualmente. A Figura 8.8 mostra uma primeira visão do mapa do estado futuro da cadeia de produção dos revestimentos estirados com as novas configurações do cliente, processo, fornecedor e fluxo de informações e materiais. Far-se-á a seguir uma análise de cada processo individualmente, trazendo para o presente a futura cadência de produção.

Montagem de Células (GMC) – A GMC, cliente da Estamparia, precisa montar diariamente vinte conjuntos de células para atender ao seu cliente, a Montagem Final, que por sua vez precisa montar um avião por dia. Ao longo de um mês a Montagem de Células precisa de quatrocentos e quarenta peças de revestimentos estirados, formando vinte conjuntos de revestimentos da dianteira e vinte da traseira do avião, perfeitamente nivelados.

A GMC, com a cadência de produção de vinte aeronaves mensais, passa a trabalhar em três turnos. Para proteger a Montagem de Células contra as incertezas (quebra de máquina, falta de material, etc.) nos processos anteriores – do Corte à Inspeção – introduz-se um estoque de tempo segurança (*time buffer*) de três dias. Este pulmão será uma produção antecipada, comprometida com clientes específicos da Embraer (empresas de linhas aéreas), segundo o Plano Mestre de Produção definido pela Gerência de Programas com o acompanhamento do Planejamento da Produção. A dimensão do pulmão é administrável, à medida que o novo processo se estabilizar no nível desejado ele poderá ser reduzido. Quando a Montagem de Células começar a processar



TT	12,6 min/peça	84,7 min/peça	46 min/peça	42 min/peça	84,7 min/peça	14 min/peça	8,4 min/peça	12,7 min/peça	42,4 min/peça
TPD	280 min/dia	1864 min/dia	373 min/dia	932 min/dia	1864 min/dia	308 min/dia	186 min/dia	280 min/dia	932 min/dia
Informações Gerais	Disponibilidade de Mão-de-obra por turno = 8 h 36 min								
	Parada para café por turno: 10 min								
	Outros (telefone, banco, etc) por turno: 40 min								
	TPD _{2T} = 2 (8 h 36 min - 50 min) = 932 min/dia								
	TPD _{3T} = 3 (8 h 36 min - 50 min) = 1.398 min/dia								
	1 (um) mês tem 21 dias úteis								
	Produção futura = 20 aviões/ mês ≈ 1,0 avião/dia								
	1 avião tem 22 revestimentos estrizados								
	Produção futura = 1,0 x 22 = 22 peças/dia								
	TT = TPD ÷ 22 x DMA								
TT do Corte	30% da carga corresponde ao processamento de revest. estrizados								
	TT = 932 min x 0,3 ÷ 22 x 0,99								
	TT = 12,6 min/peça								
TT do Tratamento térmico	40% da carga corresponde ao processamento de revest. estrizados								
	8 peças passam pelo Trat. Térm.								
	TT = 932 x 0,4 ÷ 8 x 0,984 = 46 min/peça								
TT da Usinagem Química	22% da carga corresponde ao processamento de revest. estrizados								
	TT = 1.398 x 0,22 ÷ 22 x 0,999								
	TT = 14 min/peça								
TT do Tratamento de Superfície	20% da carga corresponde ao Processamento de revest. estrizados								
	TT = 932 x 0,2 ÷ 22 x 1,0								
	TT = 8,4 min/peça								
TT da Pintura	20% da carga corresponde ao Processamento de revest. estrizados								
	TT = 1.398 x 0,2 ÷ 22 x 1,0								
	TT = 12,7 min/peça								

Familia: Revestimentos Estrizados - 22 peças
 Mapa do Estado Futuro
 Data: 31 Dezembro de 2000

Figura 8.8 - Versão parcial do mapa do estado futuro

um conjunto de revestimentos estirados, mantendo o pulmão cheio, enviará para a Usinagem Química as pastas *kanban*, definidas por kits de peças estiradas, na quantidade suficiente para a montagem de um avião.

Neste caso específico de implementação do modelo EMB-Lean, os revestimentos estirados foram divididos em kits de produção para facilitar o fluxo. A dianteira do avião (19 peças) foi dividida em 6 kits, denominados E1, E2, ... E6. A letra E identifica os revestimentos estirados (para diferenciar dos revestimentos calandrados) e a numeração está na ordem decrescente de prioridade do cliente. Por exemplo, o kit E1 é prioritário e tem apenas uma peça - o teto da cabine - por ser mais complexa e ter um processamento diferenciado. A traseira do avião (3 peças) forma um kit, o E7. Esta priorização pode se tornar relevante numa situação em que o pulmão de produto acabado se esgotar e a Montagem de Células ficar pendente da imediata liberação de cada kit pela Estamparia.

Inspeção – A Inspeção recebe da Pintura o fluxo de kits de peças estiradas, realiza o seu trabalho e envia diariamente um conjunto completo de revestimentos estirados (sete kits) para a Montagem de Células. Com o aumento da demanda, mas mantendo a mesma capacidade, o novo tempo *takt* passa a ser:

Tempo *takt* (20 aviões/mês c/ 2 turnos) = $932 \text{ min/dia} \pm 22 \text{ peças/dia} \times 1,0 = 42,4 \text{ min/peça}$, ou seja, a nova cadência de produção exige um tempo de processamento bem maior que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = 6,0 min). Portanto, não há necessidade de aumento de capacidade, e ainda permanece disponibilidade de capacidade neste processo.

Pintura – A Pintura recebe os kits de peças estiradas do Tratamento de Superfície, processa-os e os envia na mesma seqüência para a Inspeção. Com a nova demanda, mas mantendo a mesma capacidade, o novo tempo *takt* seria:

Tempo *takt* (20 aviões/mês c/ 2 turnos) = $932 \text{ min/dia} \times 0,2 \pm 22 \text{ peças/dia} \times 1,0 = 8,5 \text{ min/peça}$, ou seja, esta cadência exige um tempo de processamento menor que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = 9,8 min/peça). Portanto, um aumento

de capacidade é necessário. A princípio não haveria a necessidade de um terceiro turno, seria suficiente o acréscimo de dois turnos aos sábados. Entretanto, neste caso a Pintura não atenderia a sua demanda diária, acumulando trabalho para os sábados. Com a introdução de um terceiro turno o novo tempo *takt* passa a ser:

Tempo *takt* (20 aviões/mês c/ 3 turnos) = $1.398 \text{ min/dia} \times 0,2 \pm 22 \text{ peças/dia} \times 1,0 = 12,7 \text{ min/peça}$, ou seja, um tempo de processamento maior que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = $9,8 \text{ min/peça}$), permanecendo uma capacidade disponível para cobrir retrabalhos e eventuais peças sobressalentes. A Pintura precisa investir mais em treinamento para os operadores com vista a melhorar a qualidade das suas operações.

Tratamento de Superfície – O Tratamento de Superfície recebe os kits de peças estiradas da Usinagem Química, processa-os e os envia na mesma seqüência para a Pintura. Com a nova carga, mas mantendo a mesma capacidade, o novo tempo *takt* passa a ser:

Tempo *takt* (20 aviões/mês c/ 2 turnos) = $932 \text{ min/dia} \times 0,2 \pm 22 \text{ peças/dia} \times 1,0 = 8,5 \text{ min/peça}$, ou seja, esta cadência exige um tempo de processamento maior que o necessário para o processamento efetivo (tempo de processamento unitário = $7,5 \text{ min/peça}$). Não há, portanto, necessidade de aumento de capacidade.

Como o Tratamento de Superfície e a Pintura estão instalados num mesmo prédio, muito próximo um do outro, uma possível disponibilidade de mão-de-obra no terceiro turno da Pintura poderia ser transferida para uma eventual necessidade no Tratamento de Superfície. Isto exige um programa de treinamento multifuncional envolvendo as duas áreas.

Usinagem Química – A Usinagem Química recebe os kits do Contorno Final, processa-os e os envia para o Tratamento de Superfície. Com a nova carga, mas mantendo a mesma capacidade, o novo tempo *takt* seria:

Tempo *takt* (20 aviões/mês c/ 2 turnos) = $932 \text{ min/dia} \times 0,22 \pm 22 \text{ peças/dia} \times 0,999 = 9,3 \text{ min/peça}$, ou seja, a nova cadência de produção exige um tempo de processamento menor que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = $13,2 \text{ min/peça}$). Portanto,

é necessário aumentar a capacidade. Com a introdução de um terceiro turno o novo tempo *takt* passa a ser:

Tempo *takt* (20 aviões/mês c/ 3 turnos) = $1.398 \text{ min/dia} \times 0,22 \pm 22 \text{ peças/dia} \times 0,999 = 14 \text{ min/peça}$, ou seja, um tempo de processamento maior que o tempo de processamento efetivo, permanecendo uma capacidade disponível para cobrir retrabalhos. A Usinagem Química teria ainda os sábados como reserva para eventuais necessidades.

Neste ponto, cabe ressaltar, que tanto para a produção de 12 aviões mensais quanto para a produção de 20 a restrição do fluxo de valor dos revestimentos estirados é o processo de usinagem química. A relação “capacidade/demanda” é menor para a usinagem química que para os demais processos. Portanto, a usinagem química é a restrição do processo produtivo, podendo vir a ser um gargalo efetivo dependendo da nova meta de cadência de produção a ser estabelecida. Além de ser a restrição, a Usinagem Química tem uma tecnologia de processo que precisa ser atualizada, pois o processo atual é lento, gera retrabalhos e provoca o acúmulo de estoque, o que acaba prejudicando o fluxo. Em função dessas dificuldades, este processo tem recebido nos últimos anos maior atenção gerencial no sentido de garantir a máxima disponibilidade de suas instalações, aproveitando-a bem em função das necessidades mais urgentes da Montagem de Células. Essa situação define a implementação do próximo passo.

Passo 7 - Identificar a restrição e definir o processo puxador (Tambor)

Pelo fato da Usinagem Química ser a restrição do fluxo de valor e pela criticidade do seu processo é conveniente utilizar-se dela como o processo puxador (tambor) do fluxo de valor, onde seria definido o mix nivelado dos produtos que passam por este processo (revestimentos estirados, revestimentos calandrados e peças menores) de forma a atender às necessidades do cliente (GMC). Para facilitar a gestão foi criado o Quadro de Gestão à Vista, conforme mostra a Figura 8.9, tornando visível o mix e a situação da produção.

A Usinagem Química também recebe do PCP da Estamparia, semanalmente, um conjunto de OF's para a fabricação dos próximos cinco aviões definidos pelo Plano Mestre de Produção. O Monitor da Usinagem Química coloca as OF's - em ordem de prioridade - dentro das pastas *kanban* e envia-as para o Contorno, segundo o mix definido no Quadro de Gestão à Vista, dando

início ao processamento por fluxo contínuo. Antes da Usinagem Química é colocado um estoque de tempo de segurança (pulmão) de dois dias para proteger a restrição contra as incertezas nos processos anteriores. A Usinagem Química controla a entrada e a quantidade de materiais no sistema produtivo, pois envia as pastas *kanban* para o Contorno no mesmo ritmo que consome os kits do pulmão. Este controle é “corda” que sincroniza o pulmão de chapas semiprocessadas com a liberação de matéria-prima, mantendo o inventário sob controle.

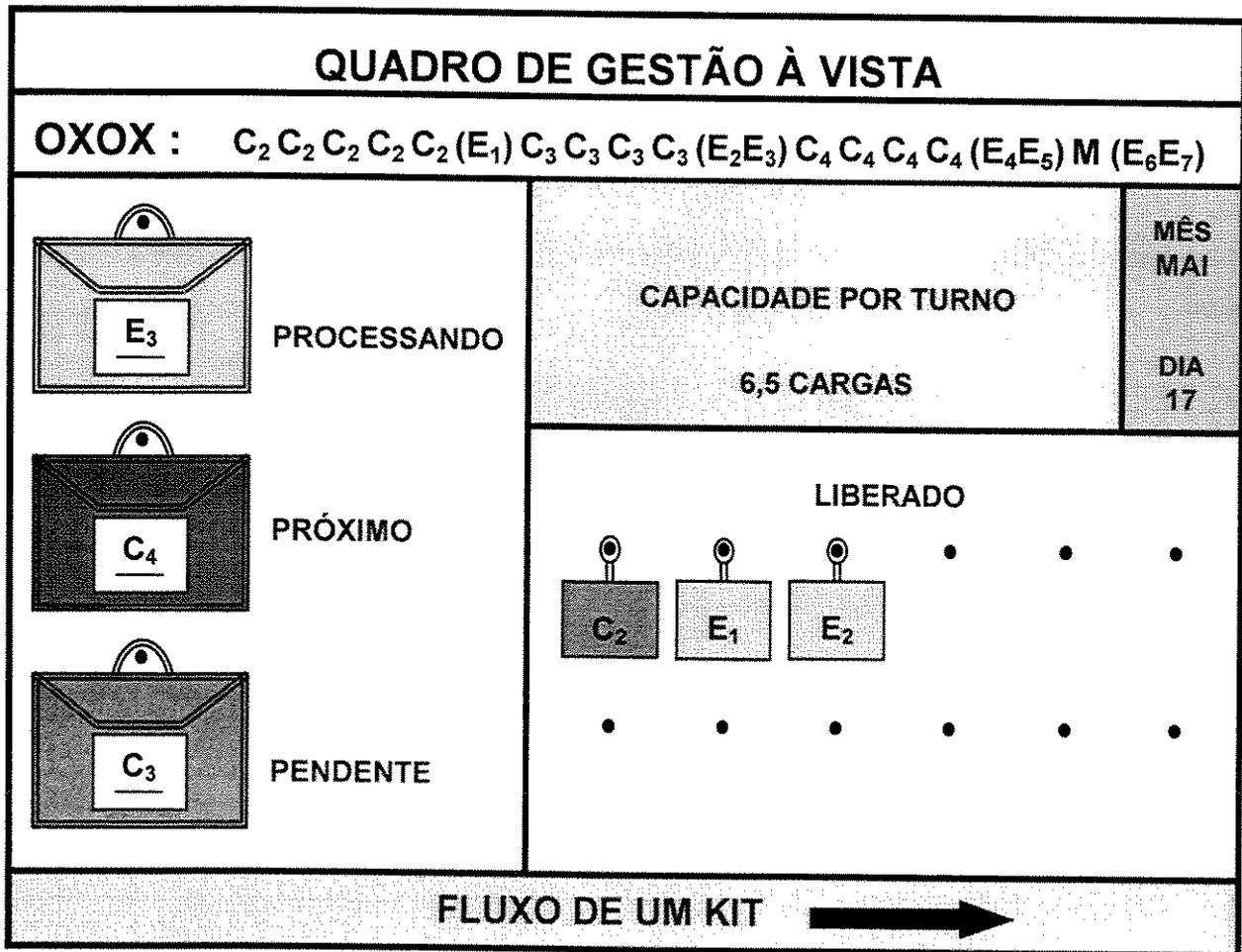


Figura 8.9 – *Quadro de Gestão à Vista*, facilitando o gerenciamento pela visibilidade

Contorno Final – O Contorno Final recebe os kits de peças da Estiragem, processa-os e os envia para a Usinagem Química na mesma seqüência. Com o aumento de carga, mas mantendo a mesma capacidade, o novo tempo *takt* passa a ser:

Tempo *takt* (20 aviões/mês c/ 2 turnos) = 1864 min/dia \pm 22 peças/dia x 1,0 = 84,7 min/peça, ou seja, para a nova cadência de produção não há necessidade de aumento de carga, pois o tempo de processamento exigido é maior que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = 19 min), permanecendo ainda disponibilidade de capacidade neste processo.

A dificuldade com o roteiro de processamento deve ser solucionada, de forma a não ter retorno de peças da Usinagem Química para o Contorno Final. Neste caso o tempo unitário total de processamento cairia de 19 min para 11 min.

Estiragem – A Estiragem recebe os kits de chapas do Tratamento Térmico e do Contorno, processa-os e os envia para o Contorno Final na mesma seqüência. Com o aumento de carga, mas mantendo a mesma capacidade, o novo tempo *takt* passa a ser:

$TT = 932 \text{ min/dia} \pm 22 \text{ peças/dia} \times 0,991 = 42 \text{ min/peça}$, ou seja, a nova cadência de produção exige um tempo de processamento bem maior que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = 20 min). Portanto, não há necessidade de aumento de capacidade, e ainda permanece disponibilidade de capacidade neste processo. Observa-se pela Figura 8.7 que o tempo de preparação é muito alto comparado ao tempo que agrega valor, entretanto, a redução deste tempo de preparação não deve ser prioridade no momento, pois a Estiragem é um centro de trabalho não restritivo, tem disponibilidade de capacidade.

Tratamento Térmico – O Tratamento Térmico recebe os dois kits de chapas do Contorno, processa-os e os envia para a Estiragem na mesma seqüência. Com o aumento de carga, mas mantendo a mesma capacidade, o novo tempo *takt* passa a ser:

$TT = 932 \text{ min/dia} \times 0,4 \pm 22 \text{ peças/dia} \times 0,984 = 46 \text{ min/peça}$, ou seja, a nova cadência de produção exige um tempo de processamento bem maior que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = 8,7 min). Portanto, não há necessidade de aumento de capacidade, e ainda permanece disponibilidade de capacidade neste processo.

É importante que a engenharia de materiais da Empresa mantenha o esforço na pesquisada de ligas de alumínio alternativas que tornem desnecessário o processo de tratamento térmico no fluxo de valor dos revestimentos estirados.

Contorno - O Contorno recebe as pastas *kanban* da Usinagem Química, retira os kits do supermercado de chapas - na ordem de prioridade dada pela numeração da aeronave constante nas OF's dentro das pastas - processa-os e os envia para o Tratamento Térmico ou para a Estiragem na mesma seqüência. Com o aumento de carga, e reduzindo a capacidade (passando de três para dois operadores por turno), o novo tempo *takt* passa a ser:

$TT = 1864 \text{ min/dia} \pm 22 \text{ peças/dia} \times 1,0 = 84,7 \text{ min/peça}$, ou seja, a nova cadência de produção exige um tempo de processamento bem maior que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = 9,0 min). Portanto, mesmo reduzindo a capacidade ainda permanece disponibilidade de capacidade neste processo. Observa-se que com a redução de um operador, o processamento unitário total (tempo de ciclo) passa de 6 para 9 min, permanecendo ainda muito mais rápido que o tempo *takt*.

Supermercado – O supermercado fica próximo ao Contorno e é formado por chapas oriundas do Corte em lotes de chapas para cinco aviões (110 peças). Inicialmente, o PCP da Estamparia emite um conjunto de OF's para o Corte autorizando o corte de cinco conjuntos de chapas para os próximos cinco aviões, carregando ao máximo o Supermercado. Uma vez acionado pela Usinagem Química, através das pastas *kanban*, o Contorno puxa chapas do Supermercado para processamento na taxa de um conjunto de chapas (22 peças) por dia, o que significa que o Supermercado mantém um estoque médio por semana de sessenta e seis peças. Ao iniciar o consumo das chapas para o quarto avião o operador do Contorno envia o cartão *kanban* de sinalização para o PCP da Estamparia. O PCP emite novas OF's para o Corte autorizando o corte de cinco conjuntos de chapas para os próximos cinco aviões. No Supermercado os conjuntos de chapas são acondicionados junto com as respectivas OF's. O operador do contorno ao retirar as chapas do Supermercado para formar os kits, retira-as fazendo com que o número da aeronave constante nas OF's junto às chapas sejam o mesmo constante nas OF's dentro das pastas *kanban*.

A introdução e o posicionamento do supermercado caracteriza o próximo passo na implementação do modelo EMB-Lean.

Passo 8 – Posicionar o fluxo contínuo e os sistemas de puxar com supermercados

Além do pequeno ganho no tempo de processamento com o corte de cinco conjuntos de peças estiradas no lugar de três, há também o ganho com a redução do tempo de transporte. A grande distância entre os prédios (F-106 e F-30/2), onde estão respectivamente localizados o Corte e o Contorno, inviabiliza o fluxo contínuo por kit. A partir do Contorno o processo é por fluxo contínuo de um kit (*one kit flow*) até a Inspeção.

Corte – O Corte recebe o conjunto de OF's do PCP da Estamparia para a produção de cinco conjuntos de revestimentos estirados (dianteira e traseira). O operador, através das OF's, puxa a matéria-prima do Almojarifado 2, corta as chapas nas dimensões especificadas e envia todo o material para o Supermercado.

A rigor não é mais necessário a emissão de OF's para programação, porém, como este documento contém o número da aeronave na ordem de prioridade estabelecida no Plano Mestre, o roteiro específico de processamento e a descrição das respectivas operações, é conveniente, por enquanto, mantê-lo até que todo o processo produtivo da Embraer esteja puxado e as diversas áreas produtivas sincronizadas entre si e com a Montagem Final. Com o aumento de carga, mas mantendo a mesma capacidade, ter-se-á o seguinte tempo *takt*:

Tempo *takt* = $932 \text{ min/dia} \times 0,3 \pm 22 \text{ peças/dia} \times 0,99 = 12,6 \text{ min/peça}$, ou seja, a nova cadência de produção exige um tempo de processamento bem maior que o tempo de processamento efetivo (tempo de processamento unitário = 4,8 min). Portanto, não há necessidade de aumento de capacidade, e ainda permanece disponibilidade de capacidade neste processo. Com a mudança de lote de três para cinco conjuntos de peças estiradas, o tempo unitário de preparação passa para 0,2 min e o tempo unitário que agrega valor para 4,6 min.

Observe-se que neste modelo não há mais a necessidade de programação da produção pelo MRP II, a gestão da produção foi simplificada e tornou-se mais visível com a introdução do sistema puxado e do Quadro de Gestão à Vista na Usinagem Química. Neste ponto da definição

do estado futuro do fluxo de valor é preciso definir com a GMC o mix de produção que atenda melhor às suas necessidades.

Passo 9 – Definir com o cliente o mix de produção

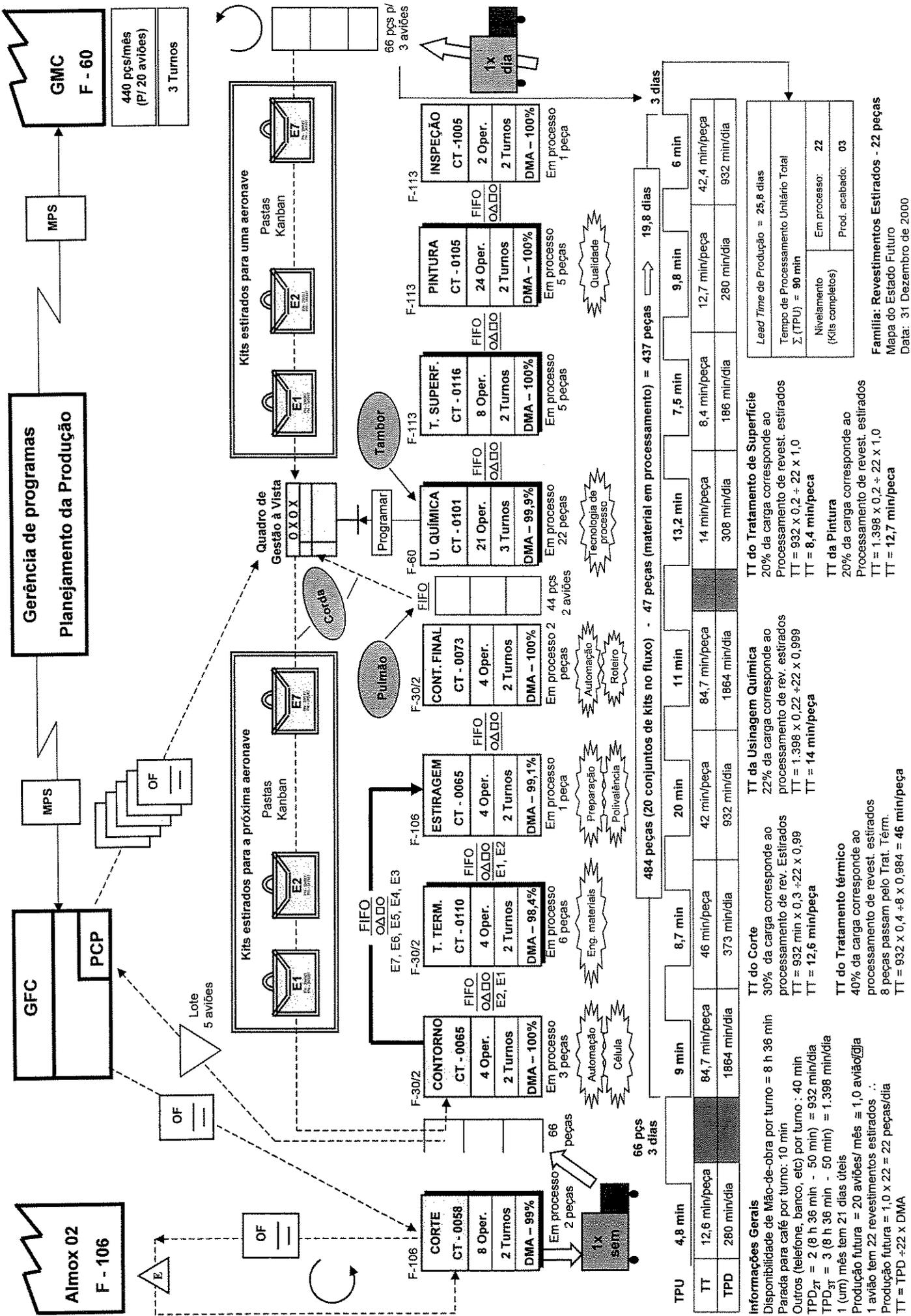
Pela Usinagem Química passam revestimentos estirados e calandrados e um conjunto grande de peças pequenas. É necessário definir um mix que atenda as seguintes necessidades:

- 1º – Garantir a produção nivelada de todos os itens visando a produção diária de um avião; e
- 2º - Garantir que o fluxo produtivo dos revestimentos estirados siga a prioridade definida pela Montagem de Células e já consolidada pela numeração das pastas *kanban*.

Caso aconteça algum problema na Montagem de Células, esta poderá dar prioridade à fabricação de um determinado kit anexando uma etiqueta vermelha na pasta *kanban* correspondente. O mix mostrado na Figura 8.9 foi elaborado conforme a necessidade real definida pela Estamparia junto ao seu cliente, a Montagem de Células. Uma vez definido o mix balanceado do fluxo de produção é preciso analisar os obstáculos a este fluxo, ou seja, é necessário implementar o próximo passo da metodologia do modelo EMB-Lean.

Passo 10 – Definir as melhorias necessárias para que o fluxo atinja o estado futuro especificado

São várias as oportunidades de melhorias evidenciadas pelo mapeamento do fluxo de valor. Entretanto, não se tem por objetivo incorpora-las todas no mapa do estado futuro. São modificações que dependem das decisões da Empresa, que tem suas prioridades e seu ritmo próprio. Este mapa do estado futuro, ainda que os ganhos sejam significativos, é apenas um primeiro passo de um longo caminho para tornar o fluxo de valor dos revestimentos estirados cada vez mais enxuto. A Figura 8.10 mostra a versão final do mapa do estado futuro com as oportunidades de melhoria assinaladas e a nova quantificação dos indicadores de produtividade. Far-se-á a seguir um comentário geral a respeito destas melhorias sugeridas – algumas já referenciadas – no sentido contrário ao fluxo de materiais, isto é, do cliente para o fornecedor. Em seguida far-se-á uma análise comparativa dos indicadores de produtividade assinalados nos mapas do estado atual e estado futuro.



Lead Time de Produção = 25,8 dias	
Tempo de Processamento Unitário Total	
Σ (TPU) = 90 min	
Nivelamento (Kits completos)	Em processo: 22
	Prod. acabado: 03

Família: Revestimentos Estirados - 22 peças
 Mapa do Estado Futuro
 Data: 31 Dezembro de 2000

TT da Usinagem Química
 22% da carga corresponde ao processamento de rev. estirados
 $TT = 932 \times 0,2 + 22 \times 1,0$
 $TT = 8,4 \text{ min/peça}$

TT da Pintura
 20% da carga corresponde ao processamento de revest. estirados
 $TT = 1.398 \times 0,2 + 22 \times 1,0$
 $TT = 12,7 \text{ min/peça}$

TT do Corte
 30% da carga corresponde ao processamento de rev. Estirados
 $TT = 932 \text{ min} \times 0,3 + 22 \times 0,99$
 $TT = 14,6 \text{ min/peça}$

TT do Tratamento térmico
 40% da carga corresponde ao processamento de revest. estirados
 8 peças passam pelo Trat. Térm.
 $TT = 932 \times 0,4 + 8 \times 0,984 = 45 \text{ min/peça}$

TPU	4,8 min	9 min	8,7 min	20 min	11 min	13,2 min	7,5 min	9,8 min	6 min
TT	12,6 min/peça	84,7 min/peça	46 min/peça	42 min/peça	84,7 min/peça	14 min/peça	8,4 min/peça	12,7 min/peça	42,4 min/peça
TPD	280 min/dia	1864 min/dia	373 min/dia	932 min/dia	1864 min/dia	308 min/dia	186 min/dia	280 min/dia	932 min/dia

Informações Gerais
 Disponibilidade de Mão-de-obra por turno = 8 h 36 min
 Parede para café por turno: 10 min
 Outros (telefone, banco, etc) por turno: 40 min
 $TPD_{2T} = 2 (8 \text{ h } 36 \text{ min} - 50 \text{ min}) = 932 \text{ min/dia}$
 $TPD_{3T} = 3 (8 \text{ h } 36 \text{ min} - 50 \text{ min}) = 1.398 \text{ min/dia}$
 1 (um) mês tem 21 dias úteis
 Produção futura = 20 aviões/ mês $\approx 1,0 \text{ avião/dia}$
 1 avião tem 22 revestimentos estirados.
 Produção futura = $1,0 \times 22 = 22 \text{ peças/dia}$
 $TT = TPD + 22 \times DMA$

Figura 8.10 – Versão final do mapa do estado futuro

Melhorar a qualidade na pintura – Como normalmente a Inspeção identifica um índice elevado de defeitos na pintura das chapas, recomenda-se um programa de treinamento para os operadores, de preferência um programa de treinamento multifuncional para dar flexibilidade ao processo produtivo da Pintura e, se possível, integrar este treinamento com o Tratamento de Superfície, já que os processos estão próximos e sob a mesma gerência.

Melhorar a produtividade na Usinagem Química – É necessário uma atualização da tecnologia de processo da usinagem química para melhorar a qualidade e reduzir o tempo de processamento. Isto deve elevar a restrição, isto é, dar mais vazão ao fluxo, aumentando a capacidade produtiva. Neste caso de implementação do sistema EMB-Lean, a Usinagem Química foi mantida no seu padrão atual.

Melhorar o roteiro entre o Contorno Final e a Usinagem Química – O mapa do estado futuro incorpora a solução deste problema no novo fluxo do processo produtivo. É necessário um esforço da Engenharia de Processo no sentido de encontrar a solução técnica e evitar que as chapas retornem ao Contorno para novo processamento depois de passarem pela Usinagem Química. Isto reduziria o tempo de processamento, evitando a formação de estoque e facilitando o fluxo contínuo.

Formar célula de produção – Esta é uma grande melhoria que pode ser estudada e implementada. O Contorno, Tratamento Térmico, Estiragem e Contorno Final formam um conjunto de processos que podem ser organizados em forma de célula de produção voltada para o processamento de revestimentos estirados e calandrados. Entretanto, antes de organizar a célula, muitas considerações precisam ser feitas:

- **Sobre o Tratamento Térmico** – Ao longo dos últimos anos muitas chapas de alumínio que eram tratadas termicamente foram substituídas por outras com liga de alumínio diferente, tornando desnecessário o tratamento térmico. A Engenharia de Materiais deve continuar este esforço no sentido de se evitar totalmente o tratamento térmico antes da estiragem.
- **Sobre a automatização do processo no Contorno e Contorno Final** – Um estudo criterioso para a introdução de uma máquina que substitua o trabalho manual do Contorno e Contorno Final

e eventualmente de outras operações (em outros fluxos) deveria ser feito. Isto reduziria o tempo de processamento, a necessidade de mão-de-obra e melhoraria a qualidade.

- **Sobre a preparação de máquina na Estiragem** – É necessário um estudo para a redução do tempo de preparação no processo de estiragem. Ainda que haja disponibilidade de capacidade na Estiradeira, a redução de mão-de-obra na futura célula vai exigir um tempo de preparação menor.

Com a introdução destas melhorias seria possível organizar uma célula enxuta, operada com o suporte de operadores flexíveis. Como todos os processos têm grande disponibilidade de capacidade, o número de operadores seria reduzido e a célula muito provavelmente seria operada em um turno, para a cadência de produção em estudo.

Eliminar a necessidade do Corte – Atualmente, as chapas de alumínio armazenadas no Almoxarifado 2 são importadas e de grandes dimensões. Como o consumo de chapas é grande, negociações poderiam ser feitas com o fornecedor estrangeiro visando uma entrega mensal de chapas já cortadas nas dimensões especificadas pela engenharia. As entregas seriam mensais acionadas por *kanban* eletrônico que informaria ao fornecedor a quantidade necessária de cada chapa para aquele mês. Esta implementação eliminaria os custos com o corte e o transporte de chapas.

A redução do *lead time* mostrada no mapa do estado futuro do fluxo de valor evidencia a simplicidade e eficácia do sistema EMB-Lean. O sistema de puxar a produção reduz o material em processo (WIP) que passa a ficar sob controle e limitado pelo número de pastas *kanban* circulando. No estado futuro o fluxo terá um total de vinte e cinco conjuntos de pastas *kanban*: vinte conjuntos circulando pelos centros de trabalho, dois conjuntos no pulmão da Usinagem Química e três conjuntos no pulmão junto ao cliente. O processo produtivo só é acionado quando a Montagem de Células envia as pastas para a Usinagem Química e a partir desta para o Contorno. É um tipo de CONWIP (*Constant Work In Process*), analisado no item 5.3.2.

O mapa do estado futuro mostra a efetividade do modelo proposto ao se conseguir altos ganhos de produtividade, mesmo permanecendo o atual status tecnológico do processo produtivo, com exceção da melhoria de roteiro entre o Contorno Final e a Usinagem Química. A Figura 8.11 mostra um resumo comparativo do antes e depois da implementação do modelo proposto. Não é

possível quantificar os índices de qualidade, a melhoria da qualidade demanda treinamento e tempo. Contribuições para elevar a cultura de planejamento e controle e melhorar a qualidade serão tratadas nas considerações sobre a elaboração do plano e sua implementação.

Indicador de Produtividade		Estado Atual (Cadência de 12 aviões)	Estado Futuro (Cadência de 20 aviões)	Ganho
Lead Time		43,4 dias	25,8 dias	67 %
Nivelamento (Kits Completos)	Em processo	0	22	100 %
	Produto acabado	0	3	100 %

Figura 8.11 – Quadro comparativo dos ganhos com a implementação do modelo EMB-Lean

8.2.3 Considerações sobre a elaboração do plano e sua implementação

A efetiva implementação do sistema EMB-Lean no fluxo de valor dos revestimentos estirados depende de decisão da gerência da Divisão de Estamparia. A família de revestimentos estirados, ainda que significativa na fabricação da fuselagem do avião, é apenas uma entre muitas outras famílias de produtos processadas pela Estamparia.

O primeiro passo concreto a ser dado é a definição do coordenador do fluxo de valor. Ele assumirá a responsabilidade para conduzir com eficácia este empreendimento. A elaboração e implementação do plano de melhorias estão comprometidas com muitas decisões estratégicas da Empresa, definição de prioridades para novos investimentos, mudanças de layout, transferência de pessoal para outras áreas em função do “enxugamento” do fluxo, envolvimento de muitas áreas dentro da Empresa, como Engenharia, Qualidade e Compras, etc. e, muito importante, a

administração dos conflitos internos inerentes à transformação cultural necessária para se alcançar uma manufatura de classe mundial. Todas estas variáveis fogem do escopo deste trabalho e do grau de liberdade do autor. Entretanto, alguns passos podem ser sugeridos como ponto de partida para as ações do coordenador do fluxo de valor.

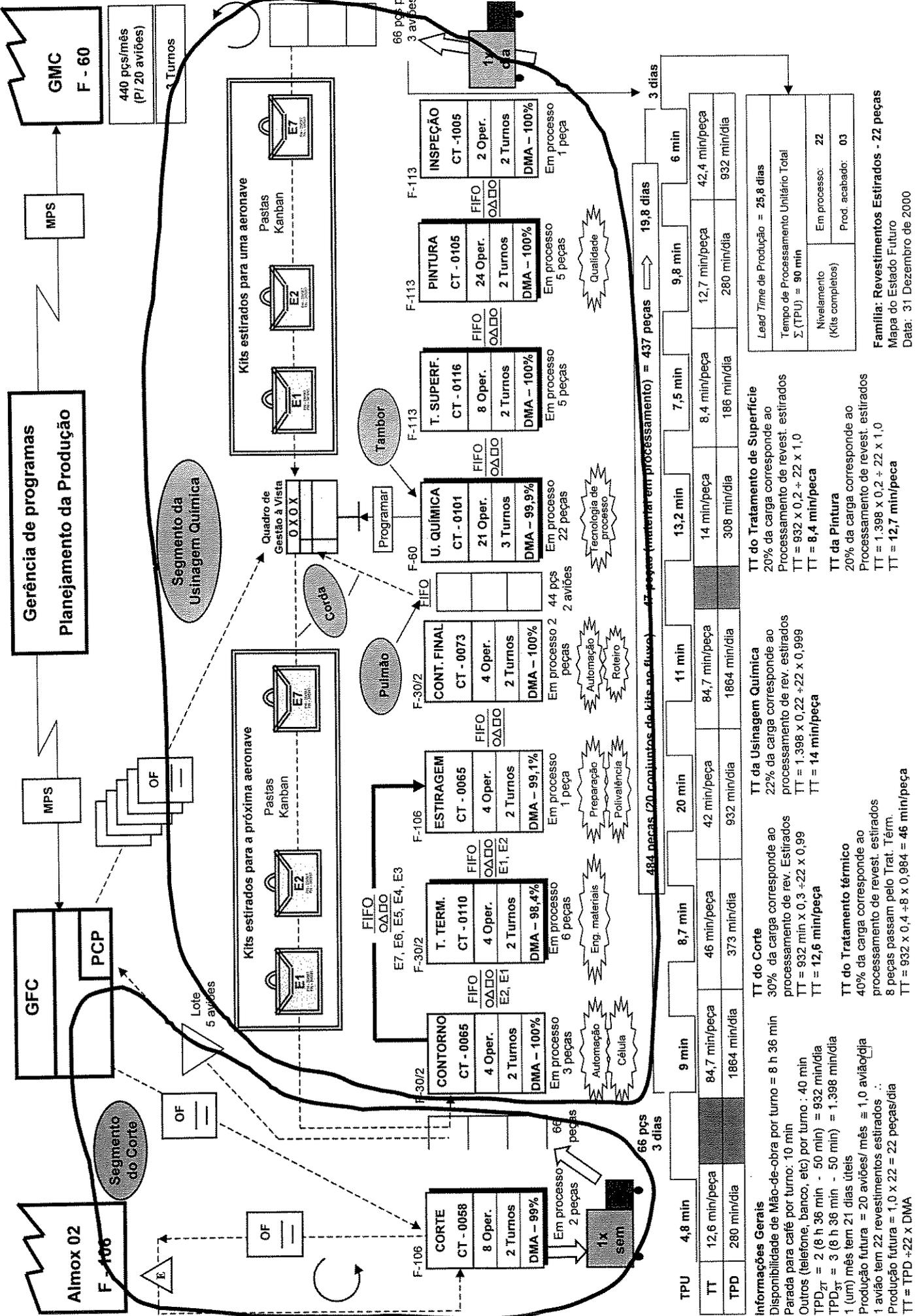
Reiterando, uma vez mais, o coordenador deverá conhecer em detalhes todas as informações contidas nos dois mapas. Ele e sua equipe de suporte deverão analisar e discutir todas as etapas do fluxo de valor, as oportunidades de melhoria e como conseqüência elaborar e implementar o plano de melhorias. Normalmente, a primeira pergunta que surge é: por onde começar a mudança? Para dar uma resposta a esta pergunta, seria conveniente seguir o próximo passo na metodologia de implementação do modelo proposto.

Passo 11 – Dividir o mapa do estado futuro do fluxo de valor em segmentos

A Figura 8.12 mostra o mapa do estado futuro do fluxo de valor dividido em dois segmentos: O Segmento da Usinagem Química e o Segmento do Corte. Na realidade o Segmento de Corte poderia se chamar Segmento do Fornecedor, não só porque envolve o fornecedor atual (Almoxarifado 2), mas porque a tendência é o Corte desaparecer com o tempo, ficando um fornecedor externo alimentando diretamente o supermercado. São dois segmentos distintos. O Segmento Usinagem Química é o segmento puxador, nivelador e organizador do fluxo contínuo. O Segmento do Corte é o segmento que forma o supermercado e abastece o fluxo contínuo.

Objetivos para o Segmento da Usinagem Química:

- Desenvolver um fluxo contínuo desde o Contorno até a Inspeção;
- Estruturar os Centros de Trabalho para a nova cadência de produção;
- Fazer *kaizen* no roteiro entre o Contorno Final e a Usinagem Química;
- Desenvolver um sistema puxado, formar um pulmão de dois dias antes da Usinagem Química e um pulmão de três dias junto ao cliente;
- Preparar as pastas *kanban* (são 175 pastas identificadas por kit) e o Quadro de Gestão à Vista;
- Nivelar o estoque em processo e o estoque de produto acabado.



TPU	4,8 min	9 min	8,7 min	20 min	11 min	13,2 min	7,5 min	9,8 min	6 min
TT	12,6 min/peça	84,7 min/peça	46 min/peça	42 min/peça	84,7 min/peça	14 min/peça	8,4 min/peça	12,7 min/peça	42,4 min/peça
TPD	280 min/dia	1864 min/dia	373 min/dia	932 min/dia	1864 min/dia	308 min/dia	186 min/dia	280 min/dia	932 min/dia

Informações Gerais
 Disponibilidade de Mão-de-obra por turno = 8 h 36 min
 Parada para café por turno: 10 min
 Outros (telefone, banco, etc) por turno : 40 min
 $TPD_{27} = 2 (8 h 36 min - 50 min) = 932 \text{ min/dia}$
 $TPD_{37} = 3 (8 h 36 min - 50 min) = 1.398 \text{ min/dia}$
 1 (um) mês tem 21 dias úteis
 Produção futura = 20 aviões/mês $\approx 1,0 \text{ avião/dia}$
 1 avião tem 22 revestimentos estriados
 Produção futura = $1,0 \times 22 = 22 \text{ peças/dia}$
 $TT = TPD + 22 \times DMA$

TT do Corte
 30% da carga corresponde ao processamento de rev. Estriados
 $TT = 932 \text{ min} \times 0,3 = 272 \times 0,99$
 $TT = 12,6 \text{ min/peça}$

TT da Usinagem Química
 22% da carga corresponde ao processamento de rev. estriados
 $TT = 1.398 \text{ min} \times 0,22 = 307 \times 0,999$
 $TT = 14 \text{ min/peça}$

TT do Tratamento de Superfície
 20% da carga corresponde ao processamento de revest. estriados
 $TT = 932 \times 0,2 + 22 \times 1,0$
 $TT = 8,4 \text{ min/peça}$

TT da Pintura
 20% da carga corresponde ao processamento de revest. estriados
 $TT = 1.398 \times 0,2 + 22 \times 1,0$
 $TT = 12,7 \text{ min/peça}$

Lead Time de Produção = 25,8 dias
Tempo de Processamento Unitário Total
 $\Sigma (TPU) = 90 \text{ min}$

Nivelamento (Kits completos)	Em processo: 22
Prod. acabado:	03

Família: Revestimentos Estriados - 22 peças
 Mapa do Estado Futuro
 Data: 31 Dezembro de 2000

Figura 8.12 – Segmentos do fluxo de valor da família de revestimentos estriados

Objetivos para o Segmento do Corte:

- Estabelecer um sistema puxado com supermercado de chapas de alumínio cortadas; e
- Introduzir entregas semanais com lote de 5 conjuntos de chapas (110 chapas).

As ações de implementação podem ser feitas em paralelo nos dois segmentos. Porém, como ação de contingência, o PCP pode emitir OF's para nivelar o material em processo e encher os pulmões. Em seguida inicia-se o fluxo contínuo de um kit utilizando-se do Quadro de Gestão à Vista.

Quanto ao suporte da Qualidade

Conforme comentado no Capítulo 7, a Qualidade é um componente estrutural do modelo EMB-Lean imprescindível para suportar o fluxo enxuto. Historicamente, os programas de qualidade empreendidos pela Embraer, ainda que tenham tido um relativo sucesso, deixaram marcas de descrédito na cultura da organização quanto aos reais objetivos da Qualidade. A necessidade de corte de pessoal antes da privatização e imediatamente após a privatização criou um clima interno desfavorável a iniciativas sob o slogan de “qualidade”. Entretanto, na fase atual de crescimento da Empresa, o ambiente interno vai gradualmente absorvendo técnicas de controle da qualidade e a necessidade da “função qualidade” torna-se mais evidente face às exigências de competitividade do mercado. Com a experiência do passado, o entendimento da Qualidade como uma ferramenta a serviço da administração estratégica parece efetivamente nortear as políticas operacionais da Empresa. A participação dos funcionários no Projeto Boa Idéia, comentado no item 3.2.5, é um sintoma de que o desenvolvimento de visão holística cresce na organização, ou seja, a conscientização de todos de que a Empresa precisa ser cada vez mais competitiva, pois isto redundará em benefício de todos, especialmente pela manutenção do emprego.

A visão da qualidade que se propõe para a Estamparia, bem como para todo o setor produtivo da Embraer - a par do sistema da qualidade já implantado pela empresa segundo a ISO 9000 - é o já mostrado nas Figuras 7.3 e 7.4. Vale ressaltar, que este modelo pode se tornar a base para o desenvolvimento de uma “cultura de melhoria contínua” para o processo produtivo da Embraer como um todo, elevando-o ao nível de uma manufatura de classe mundial.

8.3 Considerações finais

A aplicação do modelo proposto ao fluxo de valor da família de revestimentos estirados revela a efetividade do sistema EMB-Lean. A abordagem de integração da Manufatura Enxuta com o MRP II, GRP e a Qualidade permite uma exploração simples e racional dos recursos produtivos redundando em ganhos efetivos de produtividade. A metodologia de implementação definida em passos seqüenciais, incluindo a elaboração dos mapas do estado atual e do estado futuro, propiciam transparência e segurança ao coordenador do fluxo de valor e sua equipe.

A comparação entre os indicadores de produtividade do mapa do estado atual e do mapa do estado futuro revela um expressivo ganho de produtividade (67% na redução do *lead time* e 100% no nivelamento da produção), o que significa redução de custo, pela redução de inventário, maior flexibilidade para o processo produtivo e resposta mais rápida ao mercado. O modelo de Qualidade do EMB-Lean, bem implementado, suporta o fluxo enxuto, contribui para a redução dos custos e satisfação do cliente e, vale ressaltar, promove a transformação cultural, imprescindível para o desenvolvimento e manutenção de vantagens competitivas.

Capítulo 9

Conclusão

A partir da proposição colocada como foco deste trabalho, qual seja: “Proposta de um Modelo Híbrido de Gestão da Produção: Aplicação na Indústria Aeronáutica”, procurou-se inicialmente caracterizar o problema da falta de visão estratégica na gestão da produção, com o objetivo de gerar vantagens competitivas. Grande parte da indústria manufatureira ainda não descobriu a força competitiva do aprimoramento da gestão da produção como resposta às novas pressões dos mercados. Estas pressões, que aumentam à medida que avança a globalização da economia, consistem em entregas mais rápidas, produtos com melhor qualidade, maior flexibilidade para produzir itens especiais e preços melhores. Entretanto, como conseguir isto com um modelo de administração de produção pouco flexível, desenvolvido para a fabricação em massa? Da resposta a esta pergunta depende em boa parte o desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira.

De fato, para grande parte da economia mundial, o sistema de produção em massa, fundamentada no modelo administrativo “taylorista”, com a divisão rígida do trabalho, pouco diversificada, pouco flexível, dispendiosa, já não responde às necessidades dos mercados. A visão estratégica da alta administração de uma empresa deve ser a de fornecer produtos ou serviços valorizados a partir do ponto de vista do mercado e não a partir do ponto de vista da organização, ou seja, no processo produtivo o que agrega valor ao produto são apenas as operações produtivas realizadas para cumprir os requisitos do cliente ou consumidor. Fora dessa visão tudo é desperdício e o mercado está cada vez menos disposto a adquirir produtos cujos preços e valores agregados não correspondam às suas necessidades e expectativas. O estudo sobre as sete categorias de desperdício na produção, identificadas por Taiichi Ohno e presentes

no modelo de produção em massa, evidenciam o aumento de estoque em processo, comprometendo os prazos de entrega e a flexibilidade, aumentando os custos financeiros e de má qualidade. Estas considerações permitem elaborar as duas primeiras conclusões deste trabalho:

- Com o aumento da competitividade pela globalização da economia, a prática da administração estratégica, caracterizada por uma visão sistêmica na administração dos negócios, torna-se imprescindível para uma organização identificar aqueles critérios competitivos mais valorizados pelo mercado e a partir daí buscar o desenvolvimento de vantagens competitivas.
- Uma empresa manufatureira que queira desenvolver vantagens competitivas sustentadas deve buscar a excelência da gestão da produção como estratégia funcional. Como suporte a este enfoque estratégico é fundamental uma revisão periódica das políticas operacionais de forma a mantê-las integradas entre si e coerentes com os objetivos estratégicos estabelecidos. Vale ressaltar que o sucesso da indústria manufatureira japonesa tem sido, em grande parte, conseguido através da busca contínua da excelência na administração da produção. Entretanto, o conjunto de novos paradigmas gerenciais desenvolvido pelo Japão vem se tornando um modelo clássico no ocidente e a sua implementação uma exigência de competitividade na economia mundial.

Esta questão do melhor aproveitamento do potencial da produção face à competitividade internacional se evidencia na realidade atual da indústria aeronáutica brasileira, onde a Embraer com sua competência-chave na aviação regional reconhecida internacionalmente, com uma excepcional carteira de negócios e um potencial de mercado que lhe dá segurança para planejar um crescimento sustentável, se vê na contingência de aprimorar a sua gestão da produção para melhorar o tempo de resposta ao mercado, reduzir custos e aumentar o fluxo produtivo visando capitalizar recursos para investir no desenvolvimento de novos produtos. O modelo atual de gestão da produção da Embraer não consegue dar vazão ao fluxo de produção demandado pelo mercado internacional de aviação regional, caracterizando a função produção como uma restrição do sistema organizacional como um todo. A investigação sobre a administração do processo produtivo da Embraer revelou a existência de um modelo de gestão baseado no sistema de empurrar a produção, o modelo característico da produção em massa, um sistema que incorre em muitos desperdícios e não atende mais às necessidades de mercado. Isto permite elaborar uma terceira conclusão:

- É fundamental um posicionamento estratégico da Embraer no sentido de explorar e elevar a produção de forma a balancear o fluxo produtivo com a demanda, reduzindo o *lead time*, melhorando a qualidade e, como conseqüência, reduzindo os custos correlatos. Isto vai ajudar a Empresa a crescer em competitividade.

A pesquisa sobre o estado da arte da administração da produção revela o *Lean Manufacturing System*, Sistema de Manufatura Enxuta, como um conjunto de princípios e ferramentas que estão norteando a transformação da indústria manufatureira mundial. O resultado desta pesquisa permite emitir uma quarta conclusão deste trabalho:

- A Manufatura Enxuta constitui o cerne do estado da arte da administração da produção. Os princípios do pensamento enxuto buscam aumentar cada vez mais a produtividade com cada vez menos esforço humano, menos tempo, menos investimento de capital e menos espaço físico, caminhando sempre na direção da satisfação do cliente. A visão sistêmica (integração do ambiente interno com o ambiente externo), o foco no cliente, a busca da melhoria contínua, o sistema de puxar e balancear o fluxo produtivo com a demanda, a valorização dos recursos humanos no chão-de-fábrica têm como resultado ganhos de produtividade nos critérios mais valorizados pelo mercado, principalmente o tempo de resposta e a flexibilidade.

O esforço continuado de pesquisa sobre outros modelos de administração da produção permite chegar a uma quinta conclusão:

- Existem outros sistemas que podem ser integrados à Manufatura Enxuta ajudando no planejamento dos recursos de produção e suportando o fluxo enxuto. O MRP II – *Manufacturing Resources Planning* cujo princípio básico é o cálculo, viabilizado pelo uso de computador, das quantidades e dos momentos em que são necessários os recursos de manufatura (materiais, pessoas, equipamentos, etc.). A Teoria das Restrições, TOC – *Theory of Constraints*, aqui denominada GRP – Gerenciamento das Restrições na Produção, focaliza a administração do processo produtivo através da administração da sua restrição, ajuda na redução de estoques e reformula pressupostos do modelo de produção em massa. O TQM com seus princípios e ferramentas suportam o fluxo enxuto e promovem a necessária transformação cultural.

A procura de uma adequação viável entre o objetivo da Embraer de aumentar o seu fluxo produtivo (com produtividade), o seu modelo atual de gestão da produção e o estado da arte da

gestão da produção, a Manufatura Enxuta, incluindo os sistemas de suporte analisados, permite elaborar uma sexta conclusão, que constitui a efetiva contribuição científica deste trabalho:

- É possível a estruturação de um modelo híbrido de gestão da produção, aqui denominado EMB-Lean, como uma proposta para o aprimoramento do processo produtivo da Embraer. O EMB-Lean se aplica a produtos específicos, para clientes específicos. Tem como ponto de partida a identificação dos valores do cliente e o ritmo da sua demanda (tempo *takt*), e prossegue balanceando e nivelando o fluxo de valor com esta demanda. O fluxo puxado, com o auxílio do *kanban*, conta com o suporte de outras ferramentas (redução de tempo de *setup*, MPT, células de produção, operador flexível, autonomia, etc.) que ajudam a disponibilizar máquinas, reduzir inventário e dar flexibilidade ao processo produtivo. Do MRP II aproveita-se o Plano Mestre, a emissão de ordens de fabricação para o produto final, o planejamento de compras de matéria-prima e seu banco de dados; o GRP contribui focalizando e explorando a restrição através dos conceitos do TPC (Tambor-Pulmão-Corda); e o TQM contribui com alguns dos seus princípios e ferramentas de controle da qualidade, promovendo a transformação cultural e propiciando a estruturação de um modelo de melhoria para suportar o fluxo balanceado com a demanda. Neste modelo híbrido de gestão do processo produtivo é fundamental que as políticas operacionais da Embraer suportem os objetivos estratégicos da produção. O modelo EMB-Lean, como proposta de modelo de gestão da produção da Embraer, está fundamentado numa ampla pesquisa bibliográfica, especialmente quanto ao *Lean Manufacturing System*. Entretanto, um estudo de caso de aplicação do EMB-Lean torna-se necessário, constituindo-se em parte essencial para a perfeita caracterização do modelo proposto.

A aplicação da primeira fase da metodologia de implementação do modelo proposto sobre a família de revestimentos estirados, fabricados pela Divisão de Estamparia da Embraer, confirma a existência do sistema de gestão de empurrar a produção e revela no mapa atual um fluxo de valor totalmente desnivelado e desbalanceado, com excesso de estoque, tanto de material em processo como de produto acabado, gerando, como consequência, um *lead time* de produção alto quando comparado ao tempo que agrega valor. A aplicação do modelo EMB-Lean à família de revestimentos estirados permite elaborar algumas conclusões finais que sustentam a efetiva contribuição científica deste trabalho:

- No fluxo de valor do estado futuro o sistema produtivo fica perfeitamente nivelado e balanceado com a demanda do cliente, reduzindo os estoques e, como consequência, o *lead time* de produção;
- A introdução dos conceitos sistema TPC (Tambor-Pulmão-Corda), protegendo e explorando a restrição, aprimora o sistema produtivo evitando a formação de estoques;
- O sistema CONWIP formado entre o cliente (Montagem de Células) e o Contorno limita e controla a quantidade de material em processo àquela definida pelo número de pastas *kanban*;
- O Quadro de Gestão à Vista é uma ferramenta importante para nivelar e controlar o mix de produção de forma simples e transparente;
- A redução de sessenta e nove por cento (67 %) no *lead time* e o aumento para cem por cento (100%) no nivelamento do fluxo produtivo, representam ganhos significativos para o fluxo de valor na fabricação de revestimentos estirados;
- Vale ressaltar que o modelo de melhoria da qualidade (definido no item 7.2.2) é uma importante ferramenta para suportar o fluxo enxuto e promover a cultura de melhoria contínua no setor produtivo da Embraer;

Finalmente, é possível concluir e sugerir que o modelo de gestão da produção proposto deve ser efetivamente implementado no fluxo de valor da família de revestimentos estirados e a partir daí em todos os setores produtivos da Empresa. Trata-se de uma contribuição para o aprimoramento do processo produtivo da família de aeronaves da aviação regional que procura ir ao encontro do esforço que vem empreendendo a Empresa no sentido de elevar o seu setor produtivo ao nível de Manufatura de Classe Mundial (*World Class Manufacturing*). Nesta perspectiva, é possível visualizar o desenvolvimento da indústria aeronáutica brasileira, com o aumento da capitalização de recursos financeiros pela maior produtividade e maior vazão do fluxo produtivo, possibilitando o investimento em novos desenvolvimentos, fortalecendo a cadeia de fornecedores, gerando novos empregos diretos e indiretos e, como consequência, uma maior contribuição para a balança comercial do Brasil.

Pesquisas futuras

Logo no primeiro capítulo procura-se evidenciar que este estudo pretende ser apenas um esforço preliminar no sentido de colocar a gestão da produção da Embraer no seu posicionamento estratégico adequado. Isto constitui uma necessidade estratégica fundamental para o crescimento da Empresa e para o desenvolvimento da indústria aeronáutica como um todo.

Conforme evidenciado, a abordagem da pesquisa deste trabalho é bem delimitada, seu escopo se restringe ao aprimoramento da cadeia de valor que correspondente ao processo de fabricação, o chão-de-fábrica da Embraer. A ampliação do escopo da cadeia de valor abrirá novas oportunidades de pesquisa para a continuidade de novos trabalhos. Por exemplo, a inclusão dos fornecedores de matéria-prima e peças terceirizadas, a participação das parcerias de risco, e mais, os princípios do pensamento enxuto podem ser transportados para todas as áreas da Empresa, em especial para a Engenharia: o desenvolvimento “enxuto” de novas aeronaves. Com a implementação do sistema ERP (*Enterprise Resources Planning*) pela Embraer, surgem novas oportunidades de melhoria, como, por exemplo, a integração eficaz deste sistema com os princípios da Manufatura Enxuta e da Teoria das Restrições. São oportunidades que, por iniciativa da Embraer - o que já está acontecendo -, podem ser transformadas em parcerias com universidades brasileiras. Os desafios são grandes.

Referências Bibliográficas

- ALVES, João Murta – “*O Aprimoramento de um Processo Produtivo pelo Sistema Just In Time Ajuda uma Empresa Manufatureira a Alcançar Vantagem Competitiva em Custo*”. Campinas, 1995, 175 p. Tese (Mestrado).
- BANDEIRANTE – “*Aliança Estratégica: O que é? Quais as vantagens?*”. Informativo da Embraer, p. 8-11, dezembro de 1999.
- BERMUDEZ, John – “*Using MRP System to Implement JIT in Continuous Improvement Effort*”. Industrial Engineering, November 1991, p. 37-40.
- BERNARDES, Roberto – “*Embraer: elos entre estado e mercado*”. São Paulo, Hucitec, Fapesp, 2000, 393 p.
- BOCKERSTETTE, Joseph A., SHELL, Richard L. - “*Time Based Manufacturing*”. New York, McGraw-Hill Inc, 1993, 335 p.
- BONVIK, Asbjoen M. – “*How to Control a lean manufacturing System*”. Leaders for Manufacturing Program, MIT, 1999, 5p.
- BURBIGDE, John L. - “*The Introduction of Group Technology*”. New York, Wiley/Halstead, 1975, 265 p.
- CABRAL, Arnaldo Souza – “*Análise de Desempenho Tecnológico da Indústria Aeronáutica Brasileira*”. São José dos Campos, ITA, 1987, 227 p. Tese (Doutorado).

- CAMPOS, Vicente Falconi – “*TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*”. Rio de Janeiro, Fundação Christiano Ottoni – Bloch Editores, 1992, 229 p.
- CARLZON, Jan - “*A hora da Verdade*”. Rio de Janeiro, COP, 1994, 119 p.
- CARRILLON, Jean-Philippe, COLIN, Patrick - “*O Just-In-Time para a Europa: flexibilidade e competitividade*”. Lisboa, Lidel Edições Técnicas, 1992, 205 p.
- CAZALLI, Maria Alice, GIOLO, Paulo - “*Pensamento do Valor*”. São José dos Campos, Apostila de Treinamento - Johnson & Johnson, 1994, 58 p.
- CERTO, Samuel C., PETER, J. Paul - “*Administração estratégica*”. São Paulo, Makron Books, 1993, 469 p.
- COOK, David P. – “*A Simulation Comparison of Tradicional, JIT and TOC Manufacturing Systems in a Flow Shop with Bottlenecks*”. Production and Inventory Management Journal, First quarter 1994, p. 73-78.
- CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G. N. - “*Just In Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*”. São Paulo, Atlas, 1996, 186 p.
- CROSBY, Philip B. - “*Qualidade é Investimento*”. Rio de Janeiro, José Olympio, 1992, 327 p.
- CSILLAG, João Mário – “*Análise do Valor*”. São Paulo, Atlas, 1995, 284 p.
- DEMING, W. Edwards - “*Qualidade: A Revolução da Administração*”. Rio de Janeiro, Marques-Saraiva, 1990, 367 p.
- ESCOSTEGUY, João Pedro C. – “*Um modelo do Processo de Inovação Tecnológica e sua Aplicação na Análise da Trajetória de Embraer*”. São José dos Campos, ITA, 1995, 217 p. Tese (Mestrado).

- FEIGENBAUM, Armand V. - "*Total Quality Control*". Singapore, McGraw-Hill, 1991, 863 p.
- FERREIRA, Aurélio B. de Holanda – "*Novo Dicionário da Língua Portuguesa*". Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1999, 2128 p.
- FERRO, José Roberto - "*Decifrando Culturas Organizacionais*". São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 1991, 371 p. Tese (Doutorado).
- FULLMANN, Claudiney – "*MRP/MRP II, MRP III (MRP + JIT + Kamban), OPT e GDR*". São Paulo, IMAM, 1989, 284 p.
- GAITHER Norman, FRAZIER Greg – "*Administração da Produção e Operações*". São Paulo, Pioneira, 2001, 598 p.
- GARDINER, S. C., BLACKSTONE, J. H. Jr., GARDINER, L. R. – "*The Evolution of the Theory of Constraints*". *Production and Inventory Management Journal*, May/June 1994, p. 13-16.
- GEORGE STALK, Jr. – "*Time – The Next Source of Competitive Advantage*". *Harvard Business Review*, July - August 1988, p. 41-51.
- GILGEOUS, Vic – "*Manufacturing Managers: their quality of working life*". *Integrated Manufacturing Systems, The International Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 9, n. 3, 1998, p. 173-181.
- GOLDRATT, Eliyahu M. – "*A Síndrome do Palheiro*". São Paulo, Educator, 1992, 243 p.
- GOLDRATT, Eliyahu M., COX, Jeff – "*A Meta*". São Paulo, Educator, 1995, 318 p.
- GOLDRATT, Eliyahu M., FOX, Robert E. – "*A Corrida pela Vantagem Competitiva*". São Paulo, Educator, 1994, 177 p.

- HALL, Robert W. - “*Excelência na Manufatura*”. São Paulo, IMAN, 1988, 255 p.
- HARMON, Roy L. - “*Reinventando a Fábrica II: conceitos modernos de produtividade na prática*”. Rio de Janeiro, Campus, 1993, 496 p.
- HARMON, Roy L., PETERSON, Leroy D. - “*Reinventando a Fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*”. Rio de Janeiro, Campus, 1991, 380 p.
- ISHIKAWA, Kaoru - “*Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa*”. Rio de Janeiro, Campus, 1993, 221 p.
- JACOBS, F. Robert – “*OPT Uncovered: Many Production Planning and Scheduling Concepts Can Be Applied with or without the Sofyware*”. Industrial Engineering, October 1984, p. 32-41.
- JURAN, J. M., GRZYNA, Frank M. – “*Controle da Qualidade: Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade, volume I*”. São Paulo, Markron Books, 1992, 377 p.
- JURAN, J. M., GRZYNA, Frank M. - “*Controle da Qualidade: Métodos Estatísticos Aplicados à Qualidade, volume VI*”. São Paulo, Makron Books, 1992, 488 p.
- KOTLER, Philip - “*La Nova Competencia. Más allá de Teoria Z: el mercadeo al estilo japonés*”. Colombia, Carvajal, 1987, 280 p.
- KOTLER, Philip. “*Administração de Marketing*”. São Paulo, Atlas, 1998. 725 p.
- LANGLEY, J. G., NOLAN, K. M., NOLAN, W. T., NORMAN, C. L., PROVOST, L. P. – “*The Improvement Guide: a practical approach to enhancing organizational performance*”. San Francisco, Jossey-Bass, 1996, 370 p.
- LUBBEN, Richard T. - “*Just-In-Time: uma estratégia avançada de produção*”. São Paulo, McGraw-Hill, 1989, 301 p.

- MACEDO NETO, Luiz - “*Sistema de Produção com Inventário Minimizado: abordagem técnico-financeira*”. São Paulo, IMAM, 1989, 157 p.
- MARTINS, Eliseu – “*Contabilidade de Custos*”. São Paulo, Atlas, 1996, 311 p.
- MILLS, J., NEELY A., PLATTS, K., RICHARDS, H., GREGORY, M. – “*The Manufacturing Strategy Process: incorporating a learning perspective*”. Integrated Manufacturing Systems, The International Journal of Manufacturing Technology Management, v. 9, n. 3, 1998, p. 148-155.
- MONKS, Joseph G. - “*Administração da Produção*”. São Paulo, McGraw-Hill, 1987, 501 p.
- MONTGOMERY, Joseph C., LEVINE, Lawrence O. - “*The transition to Agile Manufacturing*”. Milwaukee, ASQC Quality Press, 1996, 306 p.
- MOURA, Reinaldo A. - “*Flexibilidade Total: Homem x Máquina*”. São Paulo, IMAN, 1987, 141 p.
- MUFFATO, Moreno – “*Evolution of production paradigms: the Toyota and Volvo cases*”. Integrated Manufacturing Systems, The International Journal of Manufacturing Technology Management, v. 10, n. 1, 1999, p. 15-25.
- NBR ISO 9001: 2000 - “*Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos*”. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas / CB-25, 2000, 27 p.
- NOREEN, E. W., SMITH, D., MACKEY, J. T. – “*A Teoria das Restrições e suas implicações na Contabilidade gerencial*”. São Paulo, Educator, 1996, 184 p.
- OHNO, Taiichi - “*O Sistema Toyota de Produção. Além da produção em larga escala*”. Porto Alegre, Bookman, 1997, 149 p.
- PALADY, PAUL – “*FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos*”, São Paulo, IMAM, 1997, 270 p.

- PETERS, Thomas J. e WATERMAN, Robert H. - *“Vencendo a Crise como o bom senso empresarial pode superá-la”*. São Paulo, Harbra, 1986, 351 p.
- PORTER, Michael E. - *“Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústria e da concorrência”*. Rio de Janeiro, Campus, 1991, 362 p.
- PORTER, Michael E. - *“Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior”*. Rio de Janeiro, Campus, 1992, 512 p.
- RAO e SCHERAGA – *“Systems for Supporting the MRP II / JIT Enviroment”*. CIM Review, summer 1987, p. 15-23.
- RIBEIRO, Paulo Décio - *“Kanban - Resultado de uma implantação bem sucedida”*. Rio de Janeiro, COP, 1989, 134 p.
- ROSSETTI, José Pascoal - *“Introdução à Economia”*. São Paulo, Atlas, 2000, 922 p.
- ROTHER, Mike e SHOOK, John – *“Learning to See – value stream mapping to add value and eliminate muda”*. Version 1.2, Brookline, Lean Enterprise Institute, 1999, 99 p.
- SANTOS, José J. H. - *“Automação Industrial”*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1979, 268 p.
- SHINGO, Shigeo - *“A Revolution in Manufacturing: The SMED System”*. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1985, 361 p.
- SHINGO, Shigeo - *“Study of Toyota Production System from IndustrialEngineering Viewpoint”*. Tokyo, Japan Management Association, 1991, 353 p.
- SIQUEIRA, Luiz G. F. Jr. - *“Um Estudo sobre o Sistema Just In Time de Produção”*. São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, 1990, 219 p. Tese (Mestrado).
- SKINNER, W. - *“A Produção sob Pressão”*. São Paulo, Nova Cultural, 1987, 18 p.

- SLACK, Nigel – “*Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais*”. São Paulo, Atlas, 1993, 198 p.
- SLACK, Nigel, CHAMBERS, S., HARLAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R. - “*Administração da Produção*”. São Paulo, Atlas, 1997, 726 p.
- SPENCER, Michael S. – “*Using « The Goal » in an MRP System*”. Production and Inventory Management Journal, Fourth Quarter, 1991, p. 27.
- TOFFLER, Alvin - “*A Empresa Flexível*”. Rio de Janeiro, Record, 1985, 238 p.
- VOLLMANN, Thomas E., BERRY, William L., WHYBARK, D. Clay – “*Manufacturing Planning and Control Systems*”. Dow Jones-Irwin, Homewood, 1988, 904 p.
- WASSWEILER, William R. – “*MRP II in Perspective*”. APICS - The Performance Advantage, january 1994, p. 47-49
- WOMACK, James P. e JONES, Daniel T.– “*A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*”. Rio de Janeiro, Campos, 1998, 427 p.
- WOMACK, James P., JONES, Daniel T. e ROOS, Daniel – “*A Máquina que Mudou o Mundo*”. Rio de Janeiro, Campos, 1992, 347 p.

Anexo

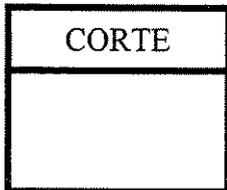
Símbolos para o mapeamento do fluxo de valor

Este conjunto de símbolos para o mapeamento do fluxo de valor está dividido em três categorias: fluxo de material, fluxo de informação e símbolos gerais.

Fluxo de materiais

Símbolo

Comentários



Processo de
produção

Representa um processo de fabricação ou um departamento. Todos os processos precisam de identificação



Fonte externa

Usado para representar clientes, fornecedores e processos de produção externos.

8 operadores
2 turnos
DMA = 99%

Caixa de dados

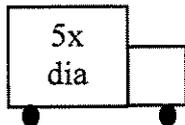
Usado para registrar informações relativas a um processo de produção, cliente, departamento, etc.



27 peças
2,2 dias

Estoque

Representa a quantidade de peças em um ponto qualquer da cadeia de valor. A quantidade e o tempo correspondente devem ser indicados.



Transporte
por caminhão

Registrar a frequência de entrega.



Movimento de
empurrar a produção

Identifica o movimento do material que está sendo empurrado do fabricante para o cliente (o processo seguinte).



Movimento do produto
acabado para o cliente.

Identifica também o movimento de matéria-prima e componentes vindo dos fornecedores, se eles não são empurrados.



Supermercado

Utilizado para controlar a produção do processo anterior. Identificar o local com “supermercado”.



Retirada

Puxa materiais do supermercado.

máx. 5 peças

— FIFO →

Fluxo sequencial
Primeiro a entrar,
Primeiro a sair

Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material entre os processos (FIFO). A quantidade máxima deve ser anotada.

Fluxo de informações

Símbolo

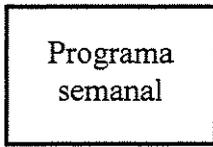
Comentários


Fluxo de informação
manual

Por exemplo: programação de produção,
programação da entrega.

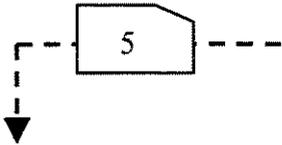

Fluxo de informação
eletrônica

Por exemplo: E-mail, fax, etc.



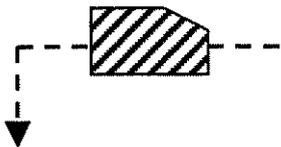
Informação

Descreve um fluxo de informação.



Kanban de produção

A linha tracejada indica o fluxo do *kanban*. Um cartão ou dispositivo que avisa um processo quanto de um determinado material pode ser produzido e dá permissão para fazê-lo.



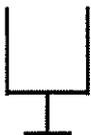
Kanban de retirada

Um cartão ou dispositivo que instrui o operador ou o movimentador de material para retirar e transferir peças. Por exemplo, de um supermercado para o processo consumidor.



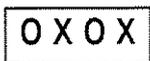
Kanban de sinalização

Sinal de ordem de produção para um processo que trabalha em lote, ex: corte. Sinaliza quando o ponto de reposição é alcançado e outro lote precisa ser produzido.



Posto *Kanban*

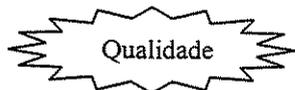
Lugar onde o *kanban* é coletado e mantido para transferência.



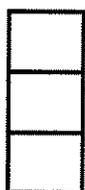
Nivelamento de carga

Ferramenta para balancear o volume e o mix de *kanban* durante um período de tempo.

Símbolos gerais



Necessidade de *Kaizen*



Estoque de segurança
ou pulmão

Comentários

Chama a atenção para a necessidade de aprimoramento de um determinado processo.

Identificar o local com “pulmão” ou “estoque de segurança”.

