

RODRIGO LEME SARZI SARTORI

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE
PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO PARA UM
FORNECEDOR DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO COM
MRP EM IMPLANTAÇÃO**

**Trabalho de Formatura
apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo
para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção**

**São Paulo
2004**

RODRIGO LEME SARZI SARTORI

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE
PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO PARA UM
FORNECEDOR DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO COM
MRP EM IMPLANTAÇÃO**

**Trabalho de Formatura
apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo
para obtenção do Diploma de
Engenheiro de Produção**

**Orientador:
Prof. Doutor Miguel Cezar
Santoro**

**São Paulo
2004**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles
que SEMPRE me deram força e
que SEMPRE se preocuparam comigo:
GIACOMO, meu pai,
JANICE, minha mãe,
MARIANA e RENATA, minhas irmãs.

AGRADECIMENTOS

A todos que direta ou indiretamente contribuíram não só para o desenvolvimento desse trabalho, como para a minha formação em Engenharia de Produção, em especial:

Ao professor doutor Miguel Cezar Santoro, pela orientação, empenho e compreensão.

Ao chefe de logística da Saint-Gobain Sekurit, Eleutério de Rizzo, pela oportunidade em desenvolver esse trabalho e pelo acompanhamento constante de todas as atividades.

Aos meus colegas do departamento, Rios, Adriana, Rogério e Clovis, pelo apoio incessante durante todo esse ano de trabalho.

A todos os professores e amigos da Poli, que fizeram destes anos de convivência uma experiência única.

SUMÁRIO

O trabalho trata do desenvolvimento de um modelo de planejamento agregado da produção para um fornecedor de vidros da indústria automobilística, com o objetivo de alimentar o módulo MRP em implantação, com um plano de produção (MPS) viável, vis-à-vis à capacidade instalada e o regime de trabalho adotado.

São abordadas todas as etapas do processo de planejamento, tendo sido levantados os dados referentes à demanda, custo, roteiro, tempos de fabricação e centros de trabalho.

A necessidade de reformulação do sistema de planejamento surgiu do projeto de implantação do MRP integrado ao ERP da empresa, tendo sido identificada uma deficiência na integração dos dados e conseqüentemente na integração de toda a cadeia produtiva.

A modelagem do sistema de planejamento é feita inicialmente num modelo de auxílio à decisão adaptado a realidade da empresa em questão, e posteriormente num modelo heurístico de tomada de decisão com base num modelo de mínimo custo.

Ao final são feitas análises dos modelos propostos e da situação atual da empresa, verificando-se os resultados do plano de produção, cargas dos centros de trabalho, atrasos e centros gargalos.

ABSTRACT

This work describes an aggregated production planning proposed to a glass supplier for the automotive industry. All the stages of the production planning were contemplated, since demand forecast and production cost, until production rates, maintenance stops and work centers.

The necessity of reformularization the planning system appeared as a consequence of the MRP implementation project that will be integrated to the ERP of the company. Since deficiencies on data integration were identified, this project has been gain more importance and today is important for different departments.

Two mathematics models are proposed: an aid decision model, adapted to the reality of the company, and a heuristic one, based in a minimum production cost algorithm.

At the end you will find analyses of the production plan and workload for all work centers, comparing present situation with new scenarios planned for both of the models.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. A EMPRESA	3
1.2. PERFIL DO GRUPO NO BRASIL	4
1.3. A DIVISÃO SEKURIT	4
1.3.1. Produtos	5
1.3.2. Mercado	6
1.4. O MERCADO AUTOMOBILÍSTICO BRASILEIRO	6
1.5. O ESTÁGIO	8
1.6. O TRABALHO DE FORMATURA	10
1.6.1. Objetivo.....	10
1.6.2. Definição do Tema.....	10
1.6.2.1. Objetivo do Projeto	11
1.6.2.2. Objeto de Estudo	11
1.6.2.3. Abrangência e Restrições	12
2. DIAGNÓSTICO DA EMPRESA	14
2.1. PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DE PRODUÇÃO	14
2.1.1. Funcionamento Atual.....	14
2.1.2. Problemática Atual de Operação.....	16
2.2. O PROJETO MRP	17
2.2.1. Motivação para o Projeto	17
2.2.2. Análise do Fluxo de Informações	18
2.3. PRINCIPAIS RESULTADOS.....	20
3. A ESTRUTURA DE PLANEJAMENTO: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3.1. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO	22

3.1.1.	Produção e Competitividade	22
3.1.2.	Conceito de Planejamento Agregado	24
3.1.3.	Informações necessárias ao planejamento	26
3.1.3.1.	Tipo da Produção	26
3.1.3.2.	Produtos e Famílias	27
3.1.3.3.	Centros Produtivos	27
3.1.3.4.	Roteiros de Produção	27
3.1.4.	A dinâmica do processo de planejamento.....	28
3.1.4.1.	O Horizonte de Planejamento	29
3.1.4.2.	O Período de Replanejamento.....	29
3.1.5.	Alternativas de Planejamento.....	30
3.2.	A PROBLEMÁTICA DE ESTOCAGEM.....	33
3.2.1.	Definição de Estoque	33
3.2.2.	Problema Físico do Estoque.....	35
3.2.2.1.	Tempo de Espera ou <i>Lead-Time</i>	35
3.2.2.2.	Tempo de Reação ou de Resposta.....	35
3.3.	ADMINISTRAÇÃO DE MATERIAIS	36
3.3.1.	Introdução ao MRP	36
3.3.2.	Plano de Produção e o Programa Mestre de Produção	38
3.3.2.1.	O Cálculo do Plano Mestre de Produção	39
3.3.2.2.	Mecanismos de Vendas e Entrada de Pedidos	40
3.3.3.	Estrutura Hierárquica de Análise de Capacidade.....	42
3.3.3.1.	A RRP	42
3.3.3.2.	A RCCP.....	43
3.3.3.3.	A CRP	43
3.3.3.4.	A Capacidade a Curtíssimo Prazo	44
3.3.3.5.	Comparando os Cálculos do RCCP e do CRP	44
4.	<u>O MODELO DE AUXÍLIO AO PLANEJAMENTO</u>	47
4.1.	OBJETIVOS DO SISTEMA.....	47
4.2.	LEVANTAMENTO DE DADOS	48
4.2.1.	Tipo de Produção	48
4.2.2.	Processo Produtivo.....	48

4.2.3.	Produtos e Família	50
4.2.4.	Demanda	51
4.2.5.	Horizonte de Planejamento e Período de Replanejamento	55
4.2.6.	Centros de Trabalho	55
4.2.7.	Roteiros	57
4.3.	DEFINIÇÃO DO LOTES DE FABRICAÇÃO	58
4.4.	ANÁLISE DE CAPACIDADE	61
4.5.	RESULTADOS	63
4.6.	ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS	65
4.7.	CONCLUSÕES	65
5.	<u>O MODELO HEURÍSTICO DE OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO</u>	68
5.1.	INTRODUÇÃO	68
5.2.	CÁLCULO DO CUSTO DE PRODUÇÃO	68
5.2.1.	Custo de <i>Setup</i>	69
5.2.2.	Custo de Matéria-Prima	70
5.2.3.	Custo de Ocupação dos Centros de Trabalho	71
5.2.4.	Custo de Estoque	72
5.3.	CÁLCULO DO CUSTO UNITÁRIO DE PRODUÇÃO	72
5.4.	A PROPOSTA DO MODELO HEURÍSTICO	74
5.5.	ENTRADA DE DADOS	76
5.6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	77
5.7.	METODOLOGIA DE AJUSTE DA SATURAÇÃO	78
5.8.	CONCLUSÕES	79

	X
6. CONCLUSÕES FINAIS	82
6.1. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	82
6.2. GANHOS PESSOAIS.....	82
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	88
A. HISTÓRICO DO GRUPO SAINT-GOBAIN NO BRASIL	88
B. MODELO MATEMÁTICO DE CUSTO LINEAR	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Presença da Saint-Gobain no Mundo	3
Figura 2.	Sekurit no Brasil.....	5
Figura 3.	Esquema de Planejamento Implantado.....	15
Figura 4.	Mapafluxograma do Planejamento Sekurit	19
Figura 5.	Hierarquia do Planejamento – SANTORO (1992).....	25
Figura 6.	Demanda Fictícia.....	30
Figura 7.	Plano de Produção 1 e 2	31
Figura 8.	Plano de Produção 3	31
Figura 9.	Plano de Produção 4	32
Figura 10.	Plano de Produção 5	33
Figura 11.	Problema Físico do Estoque - extraída de SANTORO (2001).....	35
Figura 12.	Árvore de Composição de um Produto	37
Figura 13.	Fluxograma do MRP – adaptado de MARTINS (2000)	39
Figura 14.	Transformação: Traver - Primitivo.....	49
Figura 15.	Famílias de Produtos Sekurit.....	50
Figura 16.	Análise de EDI's – Família de Vigias	51
Figura 17.	Análise de EDI's – Família de Laterais.....	52
Figura 18.	Análise de EDI's – Família de Laterais.....	53
Figura 19.	Parâmetros do sistema de Planejamento.....	57
Figura 20.	Análise da Saturação	63
Figura 21.	Análise das Famílias de Produtos.....	64
Figura 22.	Análise dos Centros de Trabalho.....	64
Figura 23.	Variação do Custo Unitário de Produção	73
Figura 24.	Parametrização do Modelo Heurístico	76
Figura 25.	Plano heurístico de produção detalhado.....	77
Figura 26.	Análise de Capacidade do Modelo Heurístico	78
Figura 27.	Constituição dos Grupos de Planejamento.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Mão de Obra do Setor Automobilístico.....	7
Tabela 2.	Faturamento do Setor Automobilístico	7
Tabela 3.	Balança Comercial do Setor Automobilístico	7
Tabela 4.	Tipos de Produção e Caracterizadores – PEREIRA (1996)	26
Tabela 5.	Carteira de Pedidos & Previsão de Vendas	54
Tabela 6.	Centros de Trabalho Sekurit	56
Tabela 7.	Definição de Roteiros	58
Tabela 8.	Política de Definição de Lotes.....	59
Tabela 9.	Cálculo dos Lotes de Fabricação.....	61
Tabela 10.	Análise de Capacidade	62
Tabela 11.	Cálculo do Custo de Setup	70
Tabela 12.	Custo da Matéria-Prima.....	70
Tabela 13.	Custo de Ocupação dos Centros de Trabalho.....	71
Tabela 14.	Custo de Estoque	72
Tabela 15.	Subgrupos de Planejamento	74
Tabela 16.	Heurística de Produção dos Itens	75
Tabela 17.	Comparativo de Estoque.....	80
Tabela 18.	Histórico do Grupo Saint-Gobain no Brasil	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGR – Automotive Glass Replacement
APO – Advanced Planning and Optimizing
ATP – Available to Promise
CMPP – Common Master Production Planning
CRP – Capacity Requirement Planning
EDI – Electronic Data Interchange
ERP – Enterprise Resources Planning
MPS – Master Production Schedule
MRP – Material Requirement Planning
MRP II – Manufacturing Resources Planning
OEM – Original Equipment Manufacture
PPCP – Planejamento, Programação e Controle da Produção
RCCP – Rough-cut Capacity Planning
RRP – Resource Requirements Planning
SFC – Shop Floor Control
SGSBr – Saint-Gobain Sekurit Brasil
SOP – Sales and Operations Planning

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. A Empresa

Em 1665, com a missão de providenciar os espelhos necessários para o Palácio de Versailles, Jean-Baptiste Colbert, às ordens de Luís XIV, fundou a **Saint-Gobain** na França.

Desde então, a Saint-Gobain vem desenvolvendo a produção de vidros e espelhos de alta qualidade e ampliando as suas atividades, além de expandir-se para numerosos países. A empresa iniciou suas atividades no setor vidreiro brasileiro em 1960, quando assumiu o patrimônio da Santa Marina, uma das principais do setor.

Hoje a Saint-Gobain é um grupo multinacional, fabricante de materiais tecnológicos. Diversificada e líder nas suas diversas áreas, está organizada em três grandes pólos de competência, agrupando cada um deles diversas *branches*, ou atividades, onde o desenvolvimento e a gestão operacional são realizados de maneira individualizada. São eles:

- *Pôle Verre*: vidro plano, vidro automobilístico, embalagens e fios de reforço;
- *Pôle Habitat*: materiais de construção e canalizações;
- *Matériaux de Haute Performance*: abrasivos, plásticos e cerâmicas industriais.



O Grupo está presente em 46 países, com mais de 1.200 empresas e 171.000 empregados, e teve um faturamento superior a 30 bilhões de euros em 2003.

Figura 1. Presença da Saint-Gobain no Mundo

1.2. Perfil do Grupo no Brasil

Presente no Brasil desde 1937, o grupo emprega 11.000 funcionários em 43 unidades industriais espalhadas em 36 cidades de 8 estados brasileiros. Com faturamento bruto de R\$ 3,4 bilhões de reais em 2002, suas principais empresas são:

- Saint-Gobain Canalização (antiga Cia. Metalúrgica Barbará);
- Brasilit;
- Saint-Gobain Vidros (antiga Companhia Vidraria Santa Marina);
- Saint-Gobain Abrasivos;
- Saint-Gobain Cerâmicas e Plásticos (antiga Carborundum do Brasil);
- Saint-Gobain Quartzolit (antiga Argamassas Quartzolit);
- Fundação Aldebarã;
- Saint-Gobain Materiais Cerâmicos (antiga Casil Indústria e Comércio Ltda);
- Telha Norte.

Para detalhamento específico do crescimento, expansão e estruturação do grupo do Brasil consultar anexo A.

1.3. A Divisão Sekurit

A *branche Verre* é líder mundial na produção de vidros, a primeira da Europa e a segunda do mundo na produção de vidros planos, de segurança e destinados a embalagens.

Ao longo da sua existência, a Saint-Gobain dedicou-se intensamente a desenvolver novas tecnologias para a produção e utilização do vidro. Na área automotiva, proporcionou aos fabricantes uma enorme evolução dos recursos disponíveis para dotar os automóveis dos desejados atributos de design, conforto e segurança exigidos pelo consumidor. Essa enorme expansão de mercado, originou a divisão Sekurit (SGS - Saint-Gobain Sekurit), destinada exclusivamente à produção de vidros para o setor automobilístico.



Sediada em Paris, a Sekurit se estabeleceu no Brasil em 1960 através da aquisição da Santa Marina. As atividades do grupo em território nacional se desenvolvem em 5 unidades (um centro de produção e quatro modulares):

- Mauá: composto de duas unidades, vidro laminado e temperado, é o centro de produção responsável pelo corte e transformação de 100% do vidro produzido no Brasil pela Sekurit;
- São Caetano do Sul: centro de adição de valor agregado à mercadoria. Responsável pela extrusão e encapsulação do vidro, é também um centro de pré-montagem que atende diretamente montadoras da região metropolitana de São Paulo e outras modulares do grupo;
- Betim, Curitiba e Gravataí: também centros de pré-montagem, funcionam como depósitos avançados estratégicos localizados próximos as principais montadoras do país.



Figura 2. Sekurit no Brasil

1.3.1. Produtos

Os mais de mil diferentes itens produzidos pela SGSBr (Saint-Gobain Sekurit Brasil) estão divididos em quatro famílias:

- WS (*Windshields*) – Pára-brisas: devido a leis de segurança nacionais e internacionais, desde 1980 devem ser sempre laminados, ou seja, compostos de duas placas de vidro externos não temperados, unidas por uma folha plástica de alta qualidade (PVB). Essa composição, além de atender às inúmeras especificações técnicas de forma e resistência, permite no caso de um acidente, que, mesmo apresentando rachaduras, o pára-brisa continue intacto;
- BL (*Backlites*) – Vigias Traseiros: normalmente temperados, possuem a cada dia mais formas complexas, com curvaturas e raios variados, exigindo uma maior

precisão e flexibilidade do processo de formagem. Sua função típica acoplada é o anti-embassante;

- SL (*Sidelites*) – Laterais: normalmente temperados, são muito importantes no design automobilístico, que a cada dia multiplica suas quantidades, formas e disposições. Em carros de luxo já acoplam antenas de transmissão e recepção, como é o caso do GPS;
- Roof – Teto-solar: com exigências de transparência e visibilidade reduzidas, os tetos exigem desenvolvimentos muito específicos que dificultam sua produção. No Brasil a aquisição desse tipo de acessório ainda é pouco difundida.

1.3.2. Mercado

Todos os produtos, independente de sua família, são comercializados em dois mercados principais:

- OEM (*Original Equipment Manufacture*): trata-se do fornecimento, em larga escala, de peças originais às montadoras e concessionárias, onde as exigências de qualidade e prazo são apertadíssimas. Nesse mercado, grande parte do fornecimento é *just-in-time*, sob penas altíssimas no caso de não fornecimento e conseqüente interrupção das linhas de produção;
- AGR (*Automotive Glass Replacement*): trata-se do mercado de reposição, onde o fornecimento em baixa escala encontra-se espalhado por todo o território nacional. Nesse segmento, a concorrência é livre e a multiplicidade de marcas e concorrentes é grande.

1.4. O Mercado Automobilístico Brasileiro¹

O mercado automobilístico é um dos mais importantes da economia brasileira, representa mais de 10% do PIB e, apesar da redução do quadro, emprega mais de 82 mil pessoas. Consolidou-se num período de quase cinquenta anos. Primeiro se instalaram as montadoras, depois as indústrias de autopeças, as revendedoras concessionárias e a formação de um grande mercado de reposição. A última década registrou nesse mercado a chancela da globalização, com a chegada

¹ Fonte de dados: ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

dos importados e a instalação de novas montadoras, concentrando as principais marcas mundiais.

Ano	Empregos
2002	82.052
2001	84.834
2000	89.134

Tabela 1. Mão de Obra do Setor Automobilístico

Ano	Faturamento Líquido em Milhões de US\$	% do PIB Industrial
2001	16.034	11,1
2000	15.771	10,7

Tabela 2. Faturamento do Setor Automobilístico

Hoje o parque nacional é conhecido internacionalmente pela sua variedade de marcas, que fortalece a credibilidade da indústria, e pelo seu grande potencial de expansão. A média brasileira em 2000 foi de 8.8 habitantes/carro, enquanto em países desenvolvidos da Europa como Alemanha e França esse número é de 1.7. Em outros países em desenvolvimento como México e Argentina, esse valor já ultrapassou a barreira de 6.6 hab/carro.

O quadro a seguir ilustra os últimos números da balança comercial do setor automobilístico nacional:

Brasil/Mundo (em milhões de US\$)		
Ano	Importações	Exportações
2001	3.717	3.614
2000	3.764	3.488
1999	3.873	3.078

Tabela 3. Balança Comercial do Setor Automobilístico

1.5. O Estágio

O estágio, desenvolvido no centro industrial da companhia em Mauá durante o ano de 2004, iniciou-se no mês de fevereiro como resultado de uma experiência internacional do autor em uma filial da companhia na França.

O interesse na continuidade do trabalho iniciado no exterior foi imediato pela Sekurit Brasil, o que possibilitou adequar as ambições da companhia aos objetivos do presente trabalho de formatura.

Para isso o estagiário-autor teve como base de seu trabalho o departamento de logística, que cuida do desenvolvimento e expansão das atividades nas diversas modulares do grupo. Para conhecimento das atividades e do processo envolvido, foram realizadas visitas e abertas vias de comunicação com responsáveis das diversas áreas, que pouco a pouco tomaram conhecimento do projeto e puderam prestar suas colaborações.

Dentre as atividades realizadas ao longo do estágio, podemos destacar:

- Estudo de Lote Econômico & Lote Standard de Produção: apesar das inúmeras críticas e polêmicas que envolvem a aplicação da política de lotes econômicos em empresas de produção repetitiva, sua teoria é muito rica e reflete conceitos econômicos e produtivos de grande importância. Nesse trabalho, foi comparado o lote econômico de produção de diversos produtos ao seu respectivo lote *standards*, ou seja, o tamanho do lote que possibilita a fabricação do material com custo igual ao *standard*, calculado pelo financeiro e tradicionalmente usado na negociação com os clientes. Foi estabelecido para cada material, um gradiente de redução de custo proporcionalmente ao aumento do lote. Materiais com maior rotatividade, com baixo risco de mercado e obsolescência, podem assim assumir políticas de produção em lotes econômicos.
 - Análise de Saturação de Linhas – Comparação Demanda & Capacidade: a pedido da matriz francesa e visando analisar o cenário de saturação das usinas Sekurit no mundo inteiro, foi criado um banco de dados capaz de reunir e comparar toda a carteira de venda num horizonte de 6 meses à capacidade instalada no período. A idéia não é estudar a política a longo prazo de composição ou queima de estoque, mas avaliar a situação do
-

grupo frente à demanda firme das montadoras e as previsões bastante incertas do mercado de reposição. Tal tarefa permitiu a integração do estagiário-autor aos métodos integrados de recebimento de informação das montadoras automobilísticas, principalmente o EDI, o JIT e o Kanban, além é claro, de trazer uma forte visão da presença do grupo no mercado internacional.

- Fundamentação Teórica de MRP e objetivos de Implantação: dentro de uma cadeia com diversos centros e inúmeros materiais, muitos deles em comum, é indiscutível os benefícios que um MRP integrado pode trazer à empresa. Desde o início de 2004 existe a idéia de sua implementação, mas seus conceitos, práticas e principalmente, sua metodologia de trabalho não estavam suficientemente claras para o departamento de logística. Dessa maneira, foi desenvolvido um vasto trabalho bibliográfico sobre o MRP (que será apresentado ao longo do capítulo 2) e apresentado aos planejadores da planta de Mauá e São Caetano do Sul.
 - Simulação do MRP do SAP em uma das linhas de produção: o Case, como foi chamado internamente, foi desenvolvido com o auxílio de uma consultoria especializada na implementação de módulos do SAP em empresas do setor automobilístico. Seu principal objetivo foi validar as informações conceituais levantadas e trazer subsídios para a decisão do como e quando implementar uma ferramenta MRP integrada dentro do ambiente Sekurit.
 - Apresentação Interna do Tema do Trabalho: tendo em vista a extensão que um projeto de implantação do MRP apresenta, é de fundamental importância conscientizar as pessoas envolvidas no trabalho das mudanças nos procedimentos específicos do dia-a-dia, bem como do impacto de um sistema integrado, que disponibiliza informações on-line a outros departamentos. Essa capacidade crítica e analítica de compreender e estruturar todo um processo que envolve diversas áreas, é fundamental para que o sistema possa ser implantado com sucesso.
-

1.6. O Trabalho de Formatura

1.6.1. Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo maior a obtenção do diploma de Engenharia de Produção da EPUSP. Para isso, esse trabalho visa ser uma primeira experiência profissional do autor como engenheiro, através da aplicação de conceitos e teorias estudadas ao longo do curso num trabalho prático associado a uma empresa.

Serão detectados problemas, definidas metodologias de trabalho com embasamento teórico e por fim propostas soluções de melhoria do objeto de estudo.

O trabalho foi orientado pelo professor Miguel Cezar Santoro e será acompanhado de uma apresentação oral frente a um júri composto por três professores da Escola Politécnica da USP que darão seu parecer sobre o trabalho realizado durante todo o ano de 2004, definindo o mérito do diploma.

1.6.2. Definição do Tema

Administrar a produção e a cadeia de suprimentos no mercado automobilístico é uma tarefa cada dia mais árdua e valorizada pelos fornecedores das grandes montadoras em todo o mundo.

Prova disto é a recente criação do departamento de logística da SGSBr. É evidente que as atividades e funções de logística já eram realizadas de forma descentralizada, mas sua integração e importância só foram formalizadas no ano de 2003.

Dentro desse contexto, a administração de matérias e o planejamento de produção se centralizaram, forçando os departamentos de compra e venda a atuarem de forma muito mais próxima e com métodos similares, através de uma integração muito forte que visa aumentar a eficiência das diversas tarefas dos setores.

Aliado a essa mudança na estrutura organizacional, a empresa implantou no final de 2003 o sistema de apoio à produção (SAP) que padronizou o método de trabalho estabelecendo uma forma rígida e única de trabalho nos departamentos.

Hoje, dentro dessa idéia de integração e padronização dos procedimentos internos, implantar um sistema de cálculo de necessidade como o MRP, parece ser

muito viável e coerente com a estratégia da empresa, que desde o início do ano já tem orçamento pré-aprovado para sua implantação.

Mas toda modificação no sistema de informação apresenta impactos e conseqüente resistência interna por parte de muitos funcionários, que serão afetados diretamente na sua rotina de trabalho. Estudar assim a maneira como o planejamento da produção é realizado, e como os dados de produção serão tratados pelo sistema MRP em implantação, pode determinar quais as novas tarefas e alterações na estrutura organizacional que serão necessárias para que o sistema seja implantado com sucesso.

O que estou propondo é assim um trabalho de reformulação do planejamento da produção para que este seja adequado ao atual processo produtivo permitindo posteriormente uma implementação e parametrização do MRP. Tal sistema visa a integração dos diversos departamentos e um funcionamento harmonizado dos meios de produção.

1.6.2.1. Objetivo do Projeto

Desenvolver um sistema de Programação e Controle da Produção que analise os objetivos conjuntos do sistema produtivo, quais sejam, reduzir estoques, faltas e tempo despendido com preparações de linha, maximizando a utilização dos recursos escassos disponíveis. Além disso pretende-se que o plano seja flexível a alterações do ambiente e transparente quanto ao seu resultado.

1.6.2.2. Objeto de Estudo

Fará parte do objeto de estudo toda a cadeia de informação que permite que o programa de produção seja realizado com sucesso. Dessa maneira, começaremos pelas informações de previsão de mercado e de fornecimento, passaremos pelo planejamento agregado dos meios produtivos e conseqüente análise de capacidade, e finalmente permitiremos a elaboração de um programa mestre de produção que atenda as necessidades de *input* do sistema de cálculo de necessidades de materiais, ou MRP.

Será analisado principalmente um modelo de reestruturação do planejamento e controle da produção de forma a adequar o sistema às necessidades particulares do processo, que serão, na medida do possível, caracterizadas quantitativamente.

1.6.2.3. Abrangência e Restrições

Fica evidente que o objeto de estudo é muito extenso, atravessando tarefas do departamento comercial, de vendas e de compras. Dessa forma, serão restringidas a família e linha de produção de vigias e laterais (linha de produtos temperados) como o foco principal de estudo, visto que esta apresenta alta saturação, e fluxo relativamente uniforme da gama de produtos.

De maneira alguma pretendo viabilizar a implantação para uma gama única de produtos, mas acredito que as vantagens e limitações do sistema só ficarão realmente claras com a prática e simulação do novo sistema. Uma vez visualizado os benefícios e verificada a possibilidade de reorganização do trabalho frente ao novo sistema, poderemos propor uma migração integral com maior credibilidade e com resultados reais e práticos.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO DA EMPRESA

2. DIAGNÓSTICO DA EMPRESA

Após a discussão proposta a respeito do tema do trabalho, apresentaremos neste capítulo a situação atual da empresa, suas limitações e ambições no escopo do projeto.

Serão identificados inúmeros esforços de melhoria em toda a cadeia de suprimento, que vão desde o recebimento de matérias-primas, até indicadores de produtividade e desempenho das linhas e de atendimento a demanda.

2.1. Planejamento, Programação e Controle de Produção

2.1.1. Funcionamento Atual

Desde o final de 2003, a empresa constituiu fisicamente um departamento de logística, permitindo o trabalho conjunto da expedição, do planejamento e das atividades de *follow up*, ou seja, de atendimento ao cliente.

A cada quinze dias, é feita uma **fotografia** da demanda dentro de um horizonte de planejamento de seis meses. As informações do mercado OEM provém basicamente via EDI das montadoras presentes no Brasil, e são tratadas diretamente pela logística interna da empresa. Já as previsões do mercado AGR, ou de reposição, e de exportações para as outras filiais, são fornecidas pelo departamento comercial.

Deste montante total de previsão de vendas, é calculada a **saturação** da fábrica para os próximos 90 dias. São colocados lado a lado as previsões de consumo no mês e os estoques finais e intermediários, e, no caso de uma detecção de falta, o sistema propõe uma ordem no plano mestre de produção com uma quantia suficiente para atender a demanda dos próximos dois ou três meses, dependendo dos parâmetros adotados.

Se o programa proposto não se adequar a capacidade disponível daquele período, as quantias são reduzidas manualmente, até que se atinja o equilíbrio necessário.

Uma vez balanceado, o MPS passa pelo **sequenciamento** manual atendendo o princípio de que o item com a primeira data de falta, ou de rompimento de estoque, deve ser o primeiro a ser produzido. São observados os principais gargalos de

produção, e, da adequação destes a produção do período, as outras necessidades são explodidas e conseqüentemente, seqüenciadas.

No entanto, o **cálculo de necessidade de materiais** é executado separadamente em cada departamento ligado a produção. O almoxarifado vai se preocupar em disponibilizar alguns dos produtos de demanda dependente e itens ligados a produção (materiais auxiliares), e o setor da matéria-prima vai encomendar vidros de espessura e coloração específicas para abastecer as linhas de produção. Cada departamento estabelece formas de controle de estoque diferentes, e trabalha de forma completamente independente.

Vale notar que o sequenciamento também é atualizado quinzenalmente, logo após o cálculo da saturação, no entanto dentro de um horizonte de um mês. Dessa forma sistematicamente é atualizada a programação da quinzena seguinte ao planejamento e é criada uma nova programação para a segunda quinzena do período. A figura 3 ilustra a sistemática implantada.

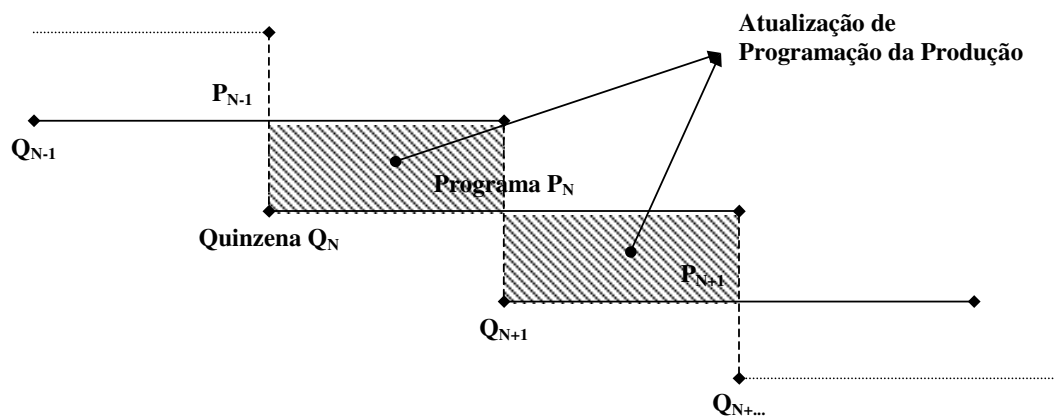


Figura 3. Esquema de Planejamento Implantado

Além disso, o plano de produção, uma vez encaminhado às linhas, é revisto diariamente pelo departamento de logística, que caso verifique algum item crítico, irá sugerir pequenas alterações que visem amenizar os impactos de flutuação da demanda.

A análise e planejamento da capacidade a longo prazo são realizadas no final de cada ano, com base nas expansões estratégicas propostas pela empresa e pela expectativa de crescimento do setor automobilístico ou do *marketshare* da empresa.

Porém, a cada exercício quinzenal, é possível sentir a pressão e a dificuldade existente de se adequar a demanda ao MPS. No final de cada período, os indicadores-chaves para se avaliar a capacidade implantada na empresa, são os níveis dos estoques. Um aumento no nível de estoque significa retração da demanda, ou melhoria da produtividade. Já uma queda no nível dos estoques significa que a empresa por algum motivo produziu menos do que vendeu, caso que se observado consecutivamente, pode levar a ruptura do atendimento.

2.1.2. Problemática Atual de Operação

Durante o ano de 2004, devido ao ritmo crescente de montagem de automóveis nas principais linhas do Brasil, os fornecedores da indústria automobilística foram forçados a estabelecer um ritmo de trabalho além do planejado. Tal situação forçou a administração de críticos, dificultando o regime de funcionamento planejado.

Dentre os principais problemas que podem ser levantados estão:

- Redução do Nível de Estoque: a fábrica encerrou o ano de 2003 reduzindo o nível de estoque para atender os padrões internacionais de estoque estabelecidos pela matriz francesa no projeto BFR (*Besoin en Fonds de Roulement*, ou, necessidade de capital de giro). Tal volume, já reduzido, teve uma forte pressão de baixa devido a alta da demanda, possibilitando que impactos pontuais de alteração de EDIs, por exemplo, alterassem diretamente o plano de produção;
- Queda do Rendimento: em consequência aos itens críticos de produção, o PPCP foi forçado a particionar muitos lotes de produção, aumentando o tempo de parada da máquina (as custas dos altos tempos despendidos com *setup*, principalmente dos fornos) e reduzindo o rendimento das campanhas.
- Excesso de Horas Extras: devido a um aumento forçado e não planejado de capacidade, foi necessário alocar mão de obra extra para alguns centros de produção, que não só trabalharam em turnos estendidos, como em dias não previstos no calendário (sábados e domingos);

- Incapacidade de Atender o Mercado AGR: as montadoras, em seus contratos de fornecimento, estabelecem penas punitivas altíssimas em caso de não fornecimento e conseqüentes parada de linha. Dessa maneira, o mercado de reposição, que trabalha com lotes menores e mais diversificado, não tem sido integralmente atendido. A exportação, em menor escala, mas por também não aplicar penas punitivas diretas, não tem sido atendida a contento, aumentando a quantidade de pedidos em atraso (ou *Back Orders*) do departamento comercial.

2.2. O Projeto MRP

2.2.1. Motivação para o Projeto

De conhecimento da gerência de planejamento e controle da produção, o maior problema que a empresa enfrenta nesta área hoje é a inexistência de um sistema de planejamento integrado ao ERP da fábrica (no caso o SAP), que permita um controle transparente e on-line das diversas linhas e plantas que agregam valor ao produto. O planejamento depende de pessoas qualificadas e muito habituadas a realizar o planejamento, que através dos anos, dominaram todas as variáveis particulares do processo. Essa situação é hoje mal vista por inúmeras montadoras do país, uma vez que flutuações na ponta da cadeia, não são repassadas automaticamente a todos os fornecedores.

Visando otimizar as informações e o controle de toda a *supply-chain* a Sekurit iniciou o ano de 2004 apostando na implementação do módulo MRP do SAP, não só para integrar o planejamento ao ERP da empresa, mas para formalizar todo o planejamento da produção.

Foi assim que esse trabalho se iniciou, objetivando classificar as vantagens, as desvantagens e as limitações do sistema MRP dentro da realidade Sekurit. Foram realizadas inúmeras visitas a empresas que tem o módulo ativado dentro do SAP, foram consultados inúmeros especialistas em TI e em cadeia de suprimentos, e finalmente, foi realizado um *case* em uma das linhas da Sekurit, visando evidenciar como na prática funcionaria o sistema dentro de um ambiente de produção integrado.

2.2.2. Análise do Fluxo de Informações

Visando diagnosticar a situação real de funcionamento de toda a rede de informações que permite o planejamento da produção dentro da realidade Sekurit, foi desenvolvido um mapafluxograma interno de atividades (vide figura 4), identificando todos os fatores críticos de sucesso para a implementação de um sistema de planejamento integrado ao SAP.

Todas as informações, detalhadamente colocadas no fluxograma, permitiram a divulgação interna e concreta da falta de integração dos dados para o planejamento, sendo evidenciadas operações em planilhas eletrônicas, que exigem reprocessamento de dados, e dão margens a erros e a tempos de resposta relativamente altos.

Alguns pontos merecem ser destacados:

- **Informação sobre carteira:** provém de diferentes arquivos e sistemas funcionando em paralelo na empresa. A carteira das montadoras recebidas via EDI, são tratadas por um sistema chamado EDI Plan, que compara os pedidos com os faturamentos já realizados no SAP. Dessa diferença, o sistema calcula o saldo líquido que é carregado de volta no SAP, via contratos de fornecimento. No entanto, as remessas a serem enviadas as modulares nem sempre seguem exatamente essas quantidades, sendo algumas vezes necessário alterar o programa de fornecimento;
 - **Estoque de produtos acabados e semi-acabados:** o apontamento de produção é controlado via SAP, sendo possível observar o status da produção, de acordo com o depósito onde os itens se encontram. No entanto, todo o sistema de controle e gerenciamento de estoque de produto acabado (*Warehouse Management*) é realizado num sistema paralelo, chamado Flexnet, sendo necessário integrar os dados de dois diferentes sistemas no momento da fotografia quinzenal da situação corrente;
 - **Necessidade de integração:** de forma informal e com processos não muito rígidos de troca de informações, as atividades de planejamento das diferentes unidades do grupo estão integradas através de dados que devem ser processados em sequência. Essa dependência pode ser muito bem observada no fluxograma e evidencia ainda mais a necessidade e a possibilidade de integração dos dados num sistema único.
-

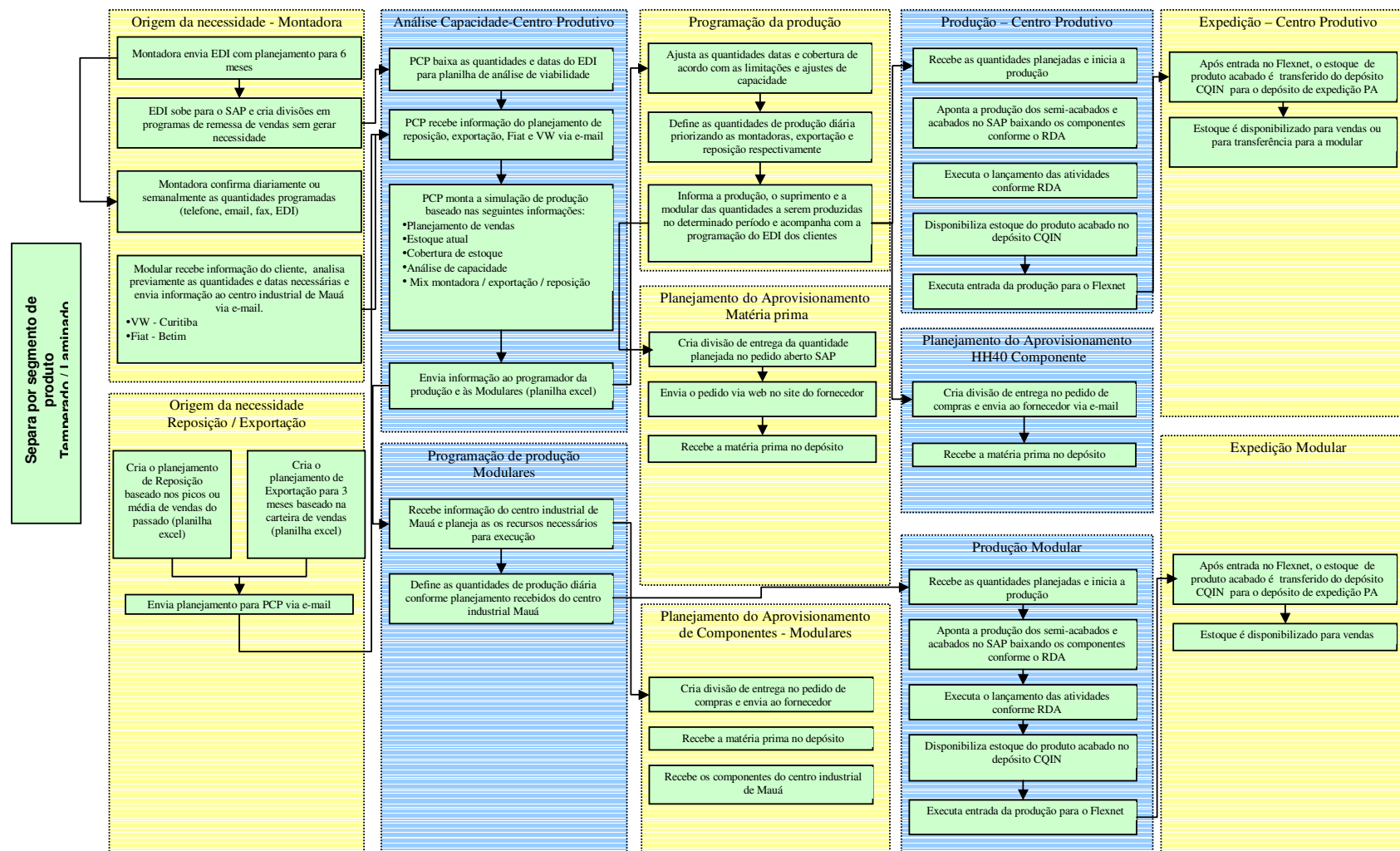


Figura 4. Mapafluxograma do Planejamento Sekurit

2.3. Principais Resultados

Desse *case*, foram dois os resultados mais importantes e que merecem destaque:

- 1- O MRP atende a necessidade de integração dos dados da Sekurit, permitindo uma otimização de estoques e de *lead-times* de toda a cadeia de fornecimento de vidros. As necessidades são repassadas de um centro ao outro, através do controle idealizado de itens pais, com demanda independente na origem da necessidade, e itens filhos, com demanda depende até o nível das matérias-primas. Dessa maneira, como um instrumento de administração de materiais, o MRP é adequado e recomendado a realidade Sekurit;
- 2- O sistema de planejamento e a análise de capacidade propostos pelo MRP seguem uma lógica de capacidade infinita, o que limita a adequação do sistema de planejamento e controle de produção integrado ao SAP. Para o controle diário das atividades inúmeras correções manuais das ordens de produção continuariam a ser exigidas para que as exigências de sequenciamento e de capacidade fossem satisfeitas de maneira conjunta.

Assim nasceu a idéia de criar um sistema de planejamento paralelo ao SAP que estudasse todos os limites de capacidade e particularidades do processo, e que, integrado ao SAP, permitisse um planejamento da produção e um acompanhamento da carteira de pedidos, auxiliando a decisão de o que, quanto e quando produzir.

CAPÍTULO 3

A ESTRUTURA DE PLANEJAMENTO: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3. A ESTRUTURA DE PLANEJAMENTO: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes de iniciar a modelização e o planejamento proposto nesse trabalho, serão apresentados a seguir alguns conceitos teóricos das áreas envolvidas. O propósito é trazer fundamentação teórica às metodologias e práticas adotadas no decorrer do trabalho e permitir uma compreensão mais integrada e proveitosa do trabalho por todos os interessados, mesmo os que não estão ligadas diretamente ao assunto.

A bibliografia consultada será, na medida do possível, citada no decorrer do capítulo, sendo que as referências exatas as obras e autores consultados se encontram no final do presente trabalho.

3.1. Administração da Produção

Chamamos genericamente de Sistemas de Administração da Produção os sistemas de informação para apoio a tomada de decisões, táticas e operacionais, referentes às seguintes questões logísticas básicas:

- **O** que produzir e comprar;
- **Quanto** produzir e comprar;
- **Quando** produzir e comprar;
- **Como** produzir. (Quais recursos utilizar).

Corrêa (2000) ressalta três principais técnicas e lógicas que podem ser utilizadas para a obtenção desses objetivos estratégicos numa organização: os sistemas MRPII/ERP, que se baseiam fundamentalmente na lógica de cálculo de necessidades de recursos a partir das necessidades futuras de produtos, os sistemas *just in time*, de inspiração japonesa, e os sistemas de produção com capacidade finita, que utilizam fundamentalmente técnicas de simulação em computador.

3.1.1. Produção e Competitividade

Embora seja uma importante área de decisão gerencial, a empresa não existe para fazer bem seu planejamento e controle da produção, ou mesmo para fazer uma boa logística. A empresa existe para reproduzir amplamente seu capital. Isto, em situações de competição acirrada, se traduz em ser competitiva. O que fará a

diferença entre os que conseguirão fazê-lo e os que não conseguirão é a maior ou menor capacidade de cada um dos ofertantes de disponibilizar aos segmentos de mercado visados o que a estes mais interessa.

No entanto, quais são os possíveis aspectos de desempenho de um sistema produtivo que podem ser mais ou menos valorizados pelos nichos de mercado visados? Segundo Corrêa (2000), são basicamente cinco aspectos de desempenho que podem influenciar a escolha do cliente e que estão dentro do escopo de atuação do planejamento da produção. São eles:

- 1- **Custo percebido pelo cliente:** é uma forma mais ampla de se enxergar o aspecto “preço”. Preço é um dos componentes do custo percebido pelo cliente, mas em geral não é o único. Há também outros custos, como os referentes ao transporte, desde o fornecedor até o comprador, os custos com qualidade eventualmente não conforme de parte do material recebido, custos adicionais com manutenção de estoques devido a possíveis inflexibilidades do fornecedor, como tamanho de lotes maiores que os desejados;
 - 2- **Velocidade de entrega:** é o tempo, do ponto de vista do cliente, que decorre entre a colocação do pedido de compra, até a disponibilização do material para uso. Este critério tende a ser mais valorizado por clientes envolvidos em ambientes menos previsíveis. Se o ambiente é pouco previsível, ele provavelmente preferirá não se comprometer. Um fornecedor que exija, por exemplo, 5 semanas para entrega de um produto, ele está mandando a seguinte mensagem ao seu cliente: “preveja sua necessidade de disponibilidade do material para daqui a 5 semanas e coloque hoje seu pedido comigo”. Se o ambiente é pouco previsível, o cliente pode ter de tomar a decisão de colocação deste pedido sob condições de alta incerteza e, portanto, sob alto risco de errar, incorrendo assim custos dos erros (de excesso de estoques ou falta de material). Preferirá, portanto, fornecedores que exijam menor tempo de antecedência de colocação dos pedidos, ou seja, com maior velocidade de entrega;
 - 3- **Confiabilidade de entregas:** refere-se à capacidade do fornecedor de cumprir suas promessas de entrega, em termos de prazo e quantidade. Fornecedores confiáveis, permitirão que seus clientes mantenham menores
-

índices de estoque de segurança, situação cada vez mais procurada pelas empresas;

- 4- **Flexibilidade de saídas:** é um aspecto de desempenho que representa a maior ou menor capacidade do sistema produtivo em mudar o que faz. As mudanças podem referir-se à linha de produtos, ao mix de produtos, ao volume agregado produzido ou às datas de entrega. Dentro de uma economia com mercados turbulentos e com clientes cada vez mais exigentes e menos fiéis às marcas, como a brasileira, a flexibilidade de saídas é uma característica de desempenho cada vez mais importante;
- 5- **Qualidade de produtos:** é a capacidade de fornecer produtos em conformidade absoluta às especificações, livres de defeitos. Uma vez considerada como diferencial competitivo, hoje a qualidade de conformidade é, em grande parte, considerada como condição *sine qua non*, um pré-requisito para se qualificar a disputa por determinados nichos de mercado. A ausência desse aspecto retira uma empresa da concorrência, mas sua presença por si só não garante competitividade.

3.1.2. Conceito de Planejamento Agregado

Planejamento: “*Processo que leva ao estabelecimento de um conjunto coordenado de ações (pelo governo, pela direção de uma empresa, etc.) visando à consecução de determinados objetivos*”. DICIONÁRIO AURÉLIO (2004).

Se buscarmos uma visão da engenharia de produção, Corrêa (2000) definiu planejar como projetar um futuro que é diferente do passado, por causa as quais se tem controle.

Vale a pena enfatizar alguns aspectos dessas conceituações: em primeiro lugar, que um bom processo de planejamento depende de uma visão adequada do futuro. Essa visão do futuro pode depender de sistemas de previsão, que, portanto, deverão ser eficazes; em segundo, é necessário o conhecimento fiel sobre a situação presente; em terceiro, um bom modelo lógico também necessita estar disponível, traduzindo a situação presente e a visão do futuro em boas decisões no presente. Finalmente, para que se tenha um bom processo decisório, é necessário ter claros objetivos que se pretendam atingir.

O **planejamento agregado** e suas decisões proporcionam pontos comuns nas quais a capacidade e os estoques podem ser considerados juntamente com os planos estratégicos de longo prazo da empresa, além de prover dados para o plano financeiro e decisões de programação.

Ele pode ser entendido como um sistema de auxílio na tomada de decisões de como utilizar os recursos produtivos num horizonte de médio prazo.

Utilizam-se os dados de forma **agregada**, devido ao grande número de variáveis, parâmetros e informações a serem consideradas, o que impossibilita a visão do detalhe inicialmente desejado nas tomadas de decisões.

A figura 5 mostra o Planejamento Agregado como um nível de planejamento localizado entre a o Planejamento Estratégico e a Programação da Produção, em que o horizonte de planejamento, o período de replanejamento e o nível de detalhe estabelecidos pela abordagem acontecem numa classificação intermediária.

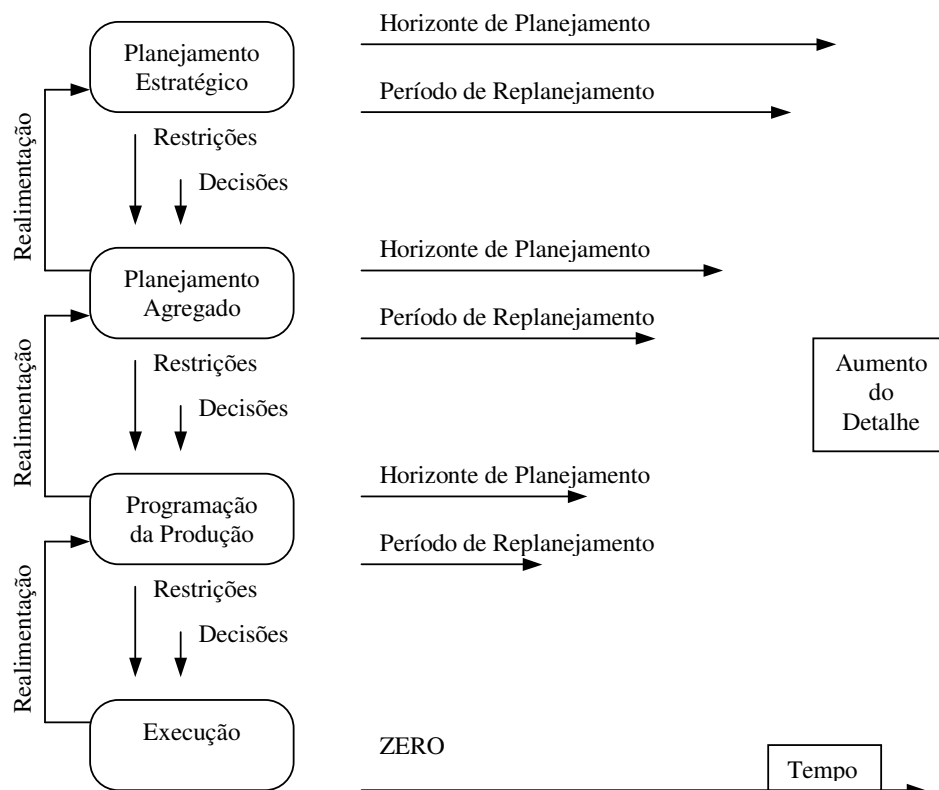


Figura 5. Hierarquia do Planejamento – SANTORO (1992)

Para que a organização de um sistema possa acontecer em um nível agregado, é necessário o estudo das variáveis envolvidas no sistema, bem como a elaboração de um modelo que possa trazer como resultado as ações a serem tomadas com os recursos do sistema.

3.1.3. Informações necessárias ao planejamento

As informações necessárias ao planejamento agregado indicam quais são as variáveis envolvidas na elaboração de um planejamento aplicado a um sistema de produção, bem como seu fluxo dentro deste sistema. Pereira (1996) agrupou muito bem estas informações e nos servirá de base para a análise no presente tópico.

3.1.3.1. Tipo da Produção

Para desenvolver um modelo capaz de analisar um sistema produtivo é necessário conhecer as características desse sistema produtivo, pois para cada tipo de produção existem modelos mais adequados de tratamento dos dados. Na tabela 4 existe uma série de caracterizadores que classificam o tipo de produção em uma empresa.

Tipo de Produção	N. de Produtos	Diferenciação entre Produtos	Produção por Período	Variação no Roteiro	Estoques entre Empresa e Consumidor
Contínua Pura	Um	Nenhuma	grande	nenhuma	muitos
Contínua com diferenciação	poucos	Pouca	grande	pouca	muitos
Intermitente Repetitiva	médio / grande	média / grande	média	pouca / média	poucos
Intermitente sobre Encomenda	grande	Grande	média / pequena	média / grande	nenhum
Grandes Projetos	muitas atividades	grande	pequena	grande	nenhum

Tabela 4. Tipos de Produção e Caracterizadores – PEREIRA (1996)

3.1.3.2. Produtos e Famílias

Cada produto, e conseqüentemente cada família, apresentam um conjunto de informações que são necessárias para o desenvolvimento de um modelo de planejamento da produção:

- Produto e estrutura do produto: atributos como material, quantidade, dimensões, fases de disposição no produto final;
- Família e codificação: relação entre família e produto através de uma lógica de agregação;
- Vendas / Demanda: informação de caráter mercadológico sobre a situação atual da demanda e previsão da situação no futuro;
- Estado Inicial: informação sobre a quantidade de produtos que estão estocados ou em falta.

Tais informações são fundamentais para que o processo de planejamento possa refletir fielmente a realidade fabril, bem como, para garantir a aderência do resultado às atividades físicas da produção.

3.1.3.3. Centros Produtivos

Os centros de produção apresentam um conjunto de informações particulares que permitem o cálculo de disponibilidade de cada um dos recursos produtivos, sejam eles máquinas, equipamentos ou mão de obra.

Dentre os fatores que permitem a criação de uma conceituação em disponibilidade, podemos citar: tempo para trabalho no período, paradas programadas, regime de trabalho, taxa de paradas não programadas, rendimento, etc.

Essas informações podem ser obtidas via apontamentos contínuos ou amostragem.

3.1.3.4. Roteiros de Produção

O cruzamento das informações sobre produtos e centros produtivos gera atributos que determinam o roteiro e o consumo de disponibilidade. O roteiro se resume aos “caminhos” (centros produtivos) que cada produto acabado ou semi-acabado deve percorrer dentro da fábrica para que seja concebido em sua totalidade,

e o consumo de disponibilidade, às quantidades consumidas destes centros produtivos, em unidades coerentes, para a transformação de cada fase da estrutura do produto.

3.1.4. A dinâmica do processo de planejamento

O processo de planejar deve ser contínuo. Em cada momento, devemos ter a noção da situação presente, a visão do futuro, os objetivos pretendidos (que podem se alterar ao longo do tempo) e o entendimento de como esses elementos afetam as decisões que se devem tomar no presente. À medida que o tempo passa, o planejador deve, periodicamente estender sua visão do futuro, de forma que o horizonte de tempo futuro sobre o qual se desenvolva a “visão” permaneça constante. Em termos práticos, a dinâmica pode ser dividida em alguns passos. Ainda seguindo a metodologia de Corrêa (2000), podemos, por exemplo, dividi-la em 5 passos:

- Passo 1: levantamento da situação presente. O sistema de planejamento deve fotografar a situação em que se encontram as atividades e os recursos para que esta esteja presente no processo de planejamento;
 - Passo 2: desenvolvimento e reconhecimento da visão de futuro, com ou sem nossa intervenção. O sistema deve considerar a visão de futuro para que esta possa emprestar sua influência ao processo decisório.
 - Passo 3: tratamento conjunto da situação presente e da visão de futuro por alguma lógica que transforme os dados coletados sobre presente e futuro em informações que passam a ser disponibilizadas numa forma útil para a tomada de decisão gerencial logística.
 - Passo 4: tomada de decisão gerencial. Com base nas informações disponibilizadas pelo sistema, os tomadores de decisão efetivamente tomam decisões logísticas sobre o que, quanto, quando produzir e com que recursos produzir.
 - Passo 5: execução do plano. Decorre de um período em que efetivamente as diversas decisões vão tomando efeito. Como o mundo não é perfeito, algumas coisas não acontecem exatamente da forma como se planejou. O tempo vai decorrendo até que chega um determinado momento em que é mais prudente
-

tirar outra fotografia da situação presente e redisparar o processo. Este é o momento de voltar ciclicamente ao passo 1.

3.1.4.1. O Horizonte de Planejamento

O tamanho do tempo futuro sobre o qual se tenha interesse em desenvolver uma visão é chamado **horizonte de planejamento**. Embora não haja uma receita para se chegar a um horizonte de planejamento ideal para todos os casos, uma boa regra prática proposta por Corrêa (2000) é considerar aquele ponto no futuro que deixe de ter influência relevante nas decisões tomadas no presente.

Independente do horizonte adicional que forneça informações úteis ao processo de planejamento, devemos considerar um horizonte de planejamento mínimo que é formado pelo prazo necessário à efetivação das decisões a serem tomadas no planejamento somado ao período adotado para o replanejamento.

3.1.4.2. O Período de Replanejamento

O período de replanejamento é aquele intervalo de tempo que decorre entre dois pontos em que se disparem processos de replanejamento. Na descrição passo a passo da dinâmica do processo de planejamento apresentada, o Passo 5 foi: “O tempo vai decorrendo até que é mais prudente tirar outra fotografia da situação presente e redisparar o processo...” Isso é feito para que a realidade não desgarre muito em relação ao último planejamento.

A definição do período de replanejamento depende diretamente do nível de dinâmica ambiental (interna ou externa) da situação em análise. Quanto mais dinâmico ou incerto o ambiente em questão, menor tende a ser o período desejável de replanejamento. Corrêa (2000) faz um alerta para o fato de que é inútil disparar o processo de replanejamento utilizando dados de entrada desatualizados.

3.1.5. Alternativas de Planejamento²

Visando apresentar as diversas variáveis consideradas num modelo de auxílio à decisão, analisamos, de forma qualitativa, alguns planos de produção para atender uma demanda fictícia, conforme mostrada na figura 6:

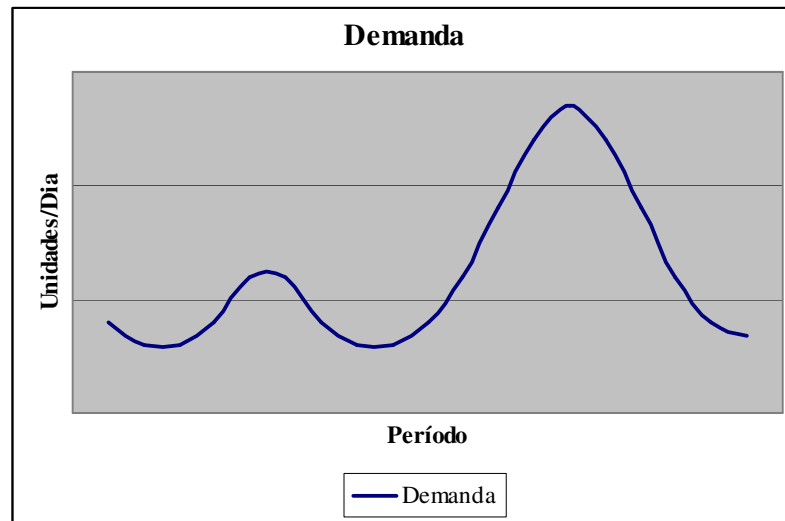


Figura 6. Demanda Fictícia

Plano 1 – Produção Constante

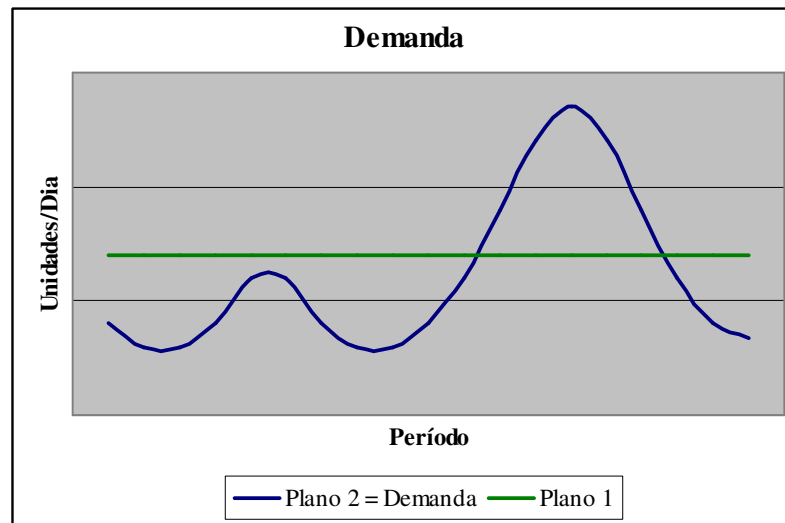
Um plano de produção constante tem a vantagem de não permitir oscilações no volume de produção durante todo o horizonte de planejamento. No entanto, visando atender toda a demanda do período, existe uma política de estocagem alta, que reflete diretamente nos custos de armazenagem.

Plano 2 – Produção de Acordo com as Necessidades

Um plano de produção que acompanhe a flutuação da demanda é o ideal de muitas empresas, permitindo a redução do estoque a níveis muito baixos. No entanto esse plano de produção exige sistemas de manufatura altamente flexíveis, com baixa dependência de mão de obra e intensa automatização. A desvantagem desse plano é a existência de capacidade ociosa de produção durante os meses de baixa demanda.

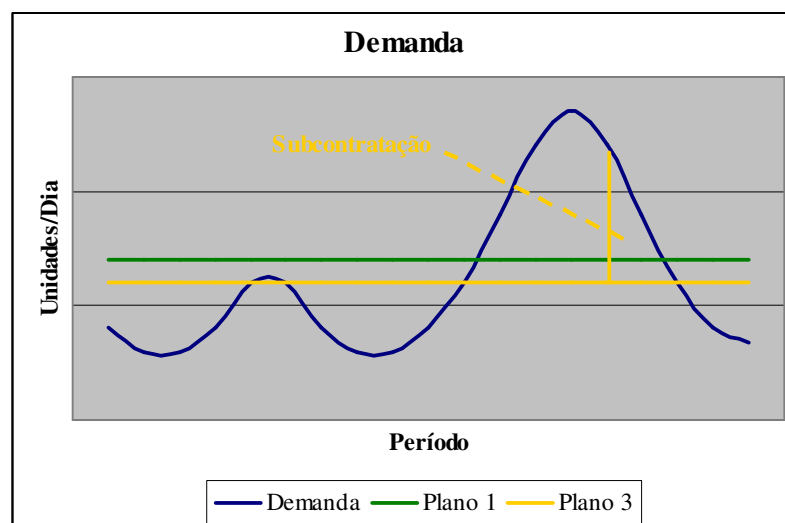
A figura 7 a seguir, ilustra como seriam os Planos 1 e 2.

² Gráficos transcritos de Santoro, M.C., PPCP apostila 4/2001.

*Figura 7. Plano de Produção 1 e 2*

Plano 3 – Produção Constante sem Permissão de Falta (utiliza subcontratação)

Esse plano apresenta uma produção constante, porém com um nível mais baixo que o plano 1, gerando um menor custo de estoque. Nos períodos de pico de demanda, utiliza-se uma produção subcontratada para atender às necessidades. A vantagem desse plano em relação ao plano 1 é requerer uma capacidade instalada relativamente menor. A figura 8 ilustra o Plano 3.

*Figura 8. Plano de Produção 3*

Plano 4 – Produção Constante sem Permissão de Falta (utiliza-se hora extra)

Semelhante ao plano 3 com a diferença de que ao invés de utilizar a subcontratação para atender aos picos de demanda, utiliza-se de hora extra da mão de obra já contratada. A vantagem desse plano é utilizar eventuais capacidades ociosas do sistema de produção, podendo representar custos relativamente mais baixos. A figura 9 ilustra o Plano 4 e o aumento da capacidade devido às horas extras programadas.

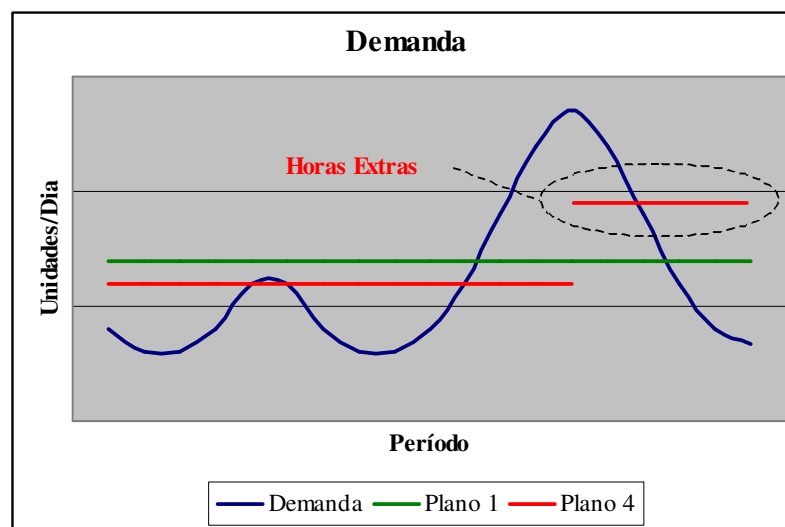


Figura 9. Plano de Produção 4

Plano 5 – Produção Constante com Permissão de Falta

Ao invés de subcontratar a produção, como no plano 3, ou de trabalhar com horas extras, como no plano 4, esse plano, também de produção constante, permite o não atendimento da demanda em períodos de pico. Pode ser vantajoso, quando os custos provenientes do não atendimento são menores que o de subcontratação ou das horas extras. A figura 10 ilustra o plano 5 e o momento onde o estoque entra em ruptura e a demanda deixa de ser atendida completamente.

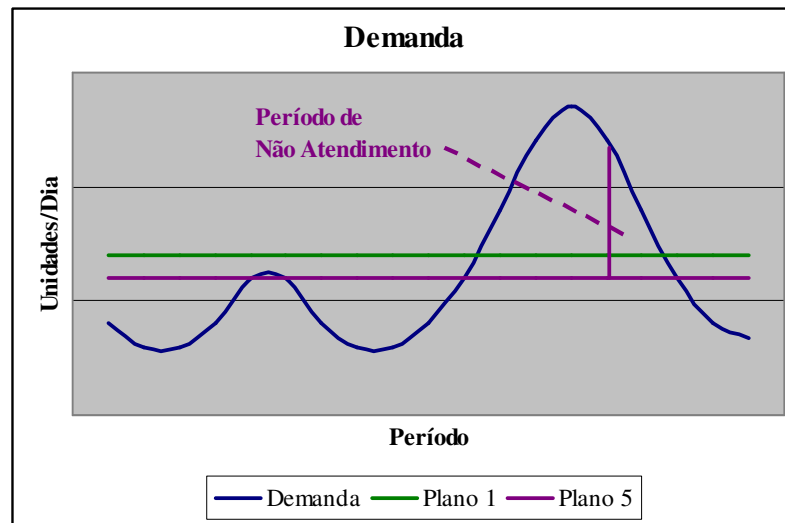


Figura 10. Plano de Produção 5

3.2. A Problemática de Estocagem

Dentro de um sistema de planejamento, é clara a importância de se definir uma política de estocagem adequada. Neste item serão explícitos os fatores que influenciam nas diversas metodologias de manutenção de estoque existente, delimitando os prós e contras dos diversos modelos.

3.2.1. Definição de Estoque

Se adotarmos a definição do professor Miguel Cezar Santoro da EPUSP, “*estoque é a quantidade de bens ou materiais úteis ociosa ou improdutivo, sob controle, aguardando uso futuro*”. Na administração de materiais, o estoque é considerado como um “pulmão”, ou seja, um elemento regulador que gera independência entre as fases de abastecimento e demanda, cuja intensidade é função da dimensão do estoque. As funções que esse estoque pode adquirir são muitas e variam muito de acordo com o processo produtivo da indústria em questão e principalmente do mercado em que está inserida.

Entre suas principais funções, enumeradas por Martins et al (2000), podemos citar:

- a-) proteção contra faltas: no caso de produto acabado, o estoque permite atender a um aumento imprevisto de demanda. No caso de estoque de matéria prima ou

- produtos intermediários, permite que falhas no abastecimento ou na produção de um item intermediário não interrompam a atividade de toda a cadeia produtiva;
- b-) suavização da produção ou abastecimento: em casos previstos de alta variação de consumo ou demanda, o estoque permite uma planificação mais constante das atividades produtivas;
- c-) obediência a limitação técnica e/ou econômica de tamanho dos lotes: freqüentemente o volume da previsão de vendas de um determinado artigo para um período, não se ajusta aos limites máximos e mínimos estabelecidos para os lotes de produção. Dessa maneira, a decisão de utilizar excedentes de campanhas anteriores ou estocar para os períodos seguintes, pode permitir uma melhor adequação às limitações técnicas e econômicas do processo;
- d-) atendimento de interesse do mercado: num cenário de previsão de aumento de custos de mão de obra ou de salto no custo de matérias-primas, pode se decidir estocar recursos para campanhas futuras;
- e-) melhorar o serviço ao cliente: dando suporte a área de marketing, que, ao criar demanda, precisa de material disponível para concretizar as vendas.

Por outro lado, mesmo sendo os benefícios inúmeros, o estoque também gera custos consideráveis à empresa. Ainda segundo Martins et al (2000), são eles:

- a-) custo de capital ou de oportunidade: o estoque constitui parte considerável dos ativos das empresas, e portanto, devem propiciar rendimentos superiores ao do mercado. Cada real investido no inventário, deixa de render em algum outro investimento (freqüentemente comparado a taxa de juros do mercado);
- b-) custos de estocagem e movimentação: quanto maior o estoque, mais espaço e mais equipamentos de movimentação e armazenagem são necessários.
- c-) custo de obsolescência: pode ser de dois tipos, obsolescência física ou tecnológica. A primeira diz respeito ao envelhecimento de produtos perecíveis, que após um certo período de estocagem, devem ser descartados pois já não estão mais em condições de uso. A segunda diz respeito aos avanços tecnológicos e alterações de especificação dos produtos, que podem eventualmente até ser substituídos no mercado. Dessa forma, se reduz ou até mesmo se extingue a demanda, e um item mesmo não perecível, perde valor no mercado.
-

3.2.2. Problema Físico do Estoque

Fator de grande preocupação em toda e qualquer indústria de produção em série, o estoque está associado a ciclos decisórios que estão encadeados no tempo. A figura 11 evidencia essa relação temporal:

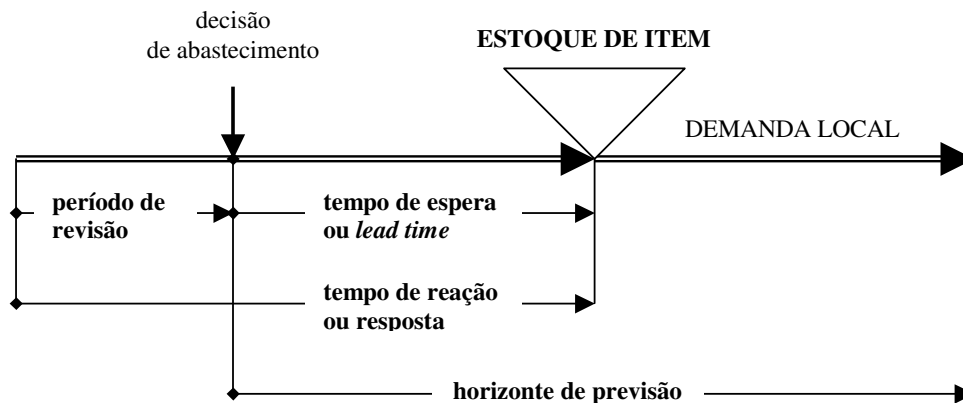


Figura 11. Problema Físico do Estoque - extraída de SANTORO (2001)

3.2.2.1. Tempo de Espera ou *Lead-Time*

“É a antecedência normal para se tomar ou alterar decisões de abastecimento para mais ou para menos. Tempo de espera mínimo é a antecedência mínima para se tomar ou alterar as decisões de abastecimento.” SANTORO (2001).

3.2.2.2. Tempo de Reação ou de Resposta

“É o tempo de reação de um sistema, ou tempo decorrido entre uma tomada de decisão de abastecimento e a próxima data onde se pode influenciar o estoque. Nos modelos periódicos, caso em que as decisões só podem ser tomadas periodicamente, o tempo de resposta é, no máximo, igual à soma do lead time mais o período de revisão. Nos modelos contínuos, caso em que as decisões podem ser tomadas em qualquer momento, o tempo de resposta é igual ao tempo do lead time somente, pois o período de revisão é igual a zero.” SANTORO (2001).

3.3. Administração de Materiais

Recursos Materiais são os itens ou componentes que uma empresa utiliza nas suas operações do dia-a-dia, na elaboração do seu produto final. Para isso são adquiridos regularmente e constituem os estoques das empresas. Martins (2000) os classificou em três categorias:

- Os **materiais auxiliares** são os materiais que não se incorporam ao produto final. Óleos de corte, materiais de escritório e manutenção são classificados nessa categoria. Podem ser também chamados de *materiais indiretos* ou *não produtivos*;
- Os materiais que se incorporam ao produto final, incluindo os de embalagem, são classificados como **matéria-prima**. São também chamados de *materiais diretos* ou *produtivos*;
- Os **produtos acabados** são os materiais prontos para serem comercializados ou entregues, caso tenham sido feito sobre encomenda. Os itens de revenda também se enquadram nessa categoria.

A importância, o porte, e, conseqüentemente, a organização da área de compras na empresa está diretamente ligada à participação no custo do produto dos itens comprados. O estabelecimento de processos de compras, que padronizam a maneira pela qual devem ser solicitados e adquiridos novos recursos materiais, torna-se assim de fundamental importância no funcionamento de uma estrutura.

3.3.1. Introdução ao MRP

O MRP é uma técnica que permite determinar as necessidades de recursos que serão utilizados na fabricação de um certo produto, e portanto planejar seu fornecimento ou aquisição.

Inicialmente, o MRP significa **Planejamento das Necessidades de Material** (*Material Requirement Planning*). A partir de uma lista de materiais (*bill of material*), que explode um produto comercializado em diversos produtos semi-acabados e componentes, e em função de uma demanda dada, o sistema calcula as necessidades de materiais e verifica se há estoque disponível para o atendimento. Se não há material em estoque na quantidade necessária, ele emite uma solicitação de compra ou uma ordem de fabricação.

Criam-se assim dois tipos de demanda. Os produtos finais com *demand independente*, que estão expostos às variações e flutuações do mercado, e os itens ou subprodutos com *demand dependente*, que compõem a lista de materiais e que têm suas necessidades calculadas em função da previsão de venda de outros produtos.

É interessante notar que no caso de um subproduto ser utilizado na produção de mais de um produto final, ou de um produto ser composto de um ou mais subprodutos, um ciclo de cálculo de necessidades se estabelecerá. Ou seja, o produto final A gera demanda das matérias primas I e II e do subproduto C e D, que gera demanda de outras matérias primas IV e V. Já o produto B gera demanda dependente da matéria prima III e do subproduto D, aumentando ainda mais a necessidade dos matérias primas IV e V. A figura 12 ilustra essa situação.

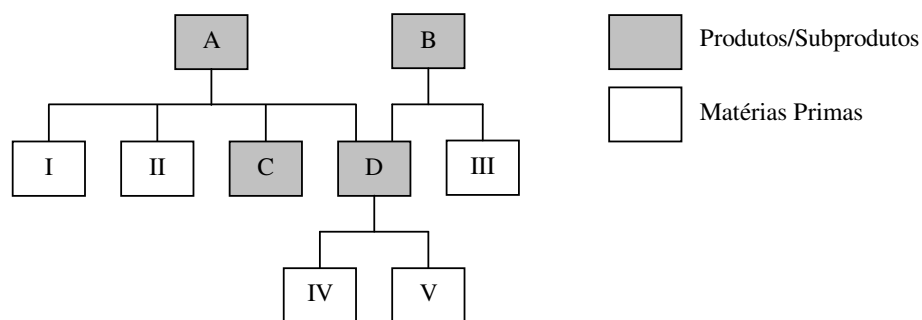


Figura 12. Árvore de Composição de um Produto

A segunda e mais abrangente forma do MRP passou a chamá-lo de **Planejamento dos Recursos da Manufatura** (*Manufacturing Resources Planning*), ou MRP II. Nessa sua versão mais evoluída, o sistema vai calcular também a necessidade de outros recursos inerentes à manufatura, que não são necessariamente materiais, como é o caso da mão-de-obra ou das horas máquinas necessárias, integrando a área financeira e a de custos no sistema.

Nesse momento, parâmetros como cadência das máquinas ou rendimento do processo, medidos inicialmente como indicador de produtividade, passam a ser entradas do sistema. Como saída, o sistema permite visualizar a ocupação das máquinas no horizonte planejado, e observar os gargalos de saturação e ociosidade das máquinas.

Em ambientes ainda mais modernos, tem sido comum a implantação de um módulo APO (*Advanced Planning and Optimizing*) no sistema, que, com base no

MRP e nos limites de capacidade de recursos, otimiza a programação, o balanceamento e o sequenciamento das linhas.

3.3.2. Plano de Produção e o Programa Mestre de Produção

O Plano de Produção é um plano de longo prazo, normalmente mais de um ano, que envolve todos os processos de manufatura. Funciona com base nas demandas previstas para as diversas famílias de produtos ou grupos, e no nível de estoque envisajado para o período. Tal plano deve refletir o caminho que a administração deseja para empresa, tendo papel estratégico no que se refere ao planejamento de capacidades.

O programa mestre de produção MPS (*Master Production Schedule*), define quais, quanto e quando os produtos finais serão produzidos num horizonte de médio prazo. Nas palavras de Fullmann et al (1989), “*o MPS desagrega as famílias de produtos e implementa o plano de produção garantindo um atendimento das ordens de venda firmadas no período*”. Para Scott (1994), o MPS é “*um conjunto de ordens planejadas para satisfazer a demanda*”. Dessa forma, Fullmann et al (1989) definiu as quatro principais funções que o MPS desempenha:

1. É o input principal do MRP;
2. Programa a produção e as ordens de venda firmadas;
3. Determina a capacidade de recursos necessários para o período;
4. Fornece dados seguros para datas de entrega de mercadorias.

Na Figura 13, podemos unificar os conceitos adquiridos até o presente momento e temos a possibilidade de perceber a integração entre o plano de produção e o programa mestre de produção proposto na metodologia do MRP II. Note que uma má formulação do plano de produção acarretará certamente em problemas de capacidade a curto e médio prazo. Sua subavaliação, por exemplo, pode inviabilizar um MPS que atenda a todas as necessidades de produção do período, gerando atrasos e faltas de mercadoria.

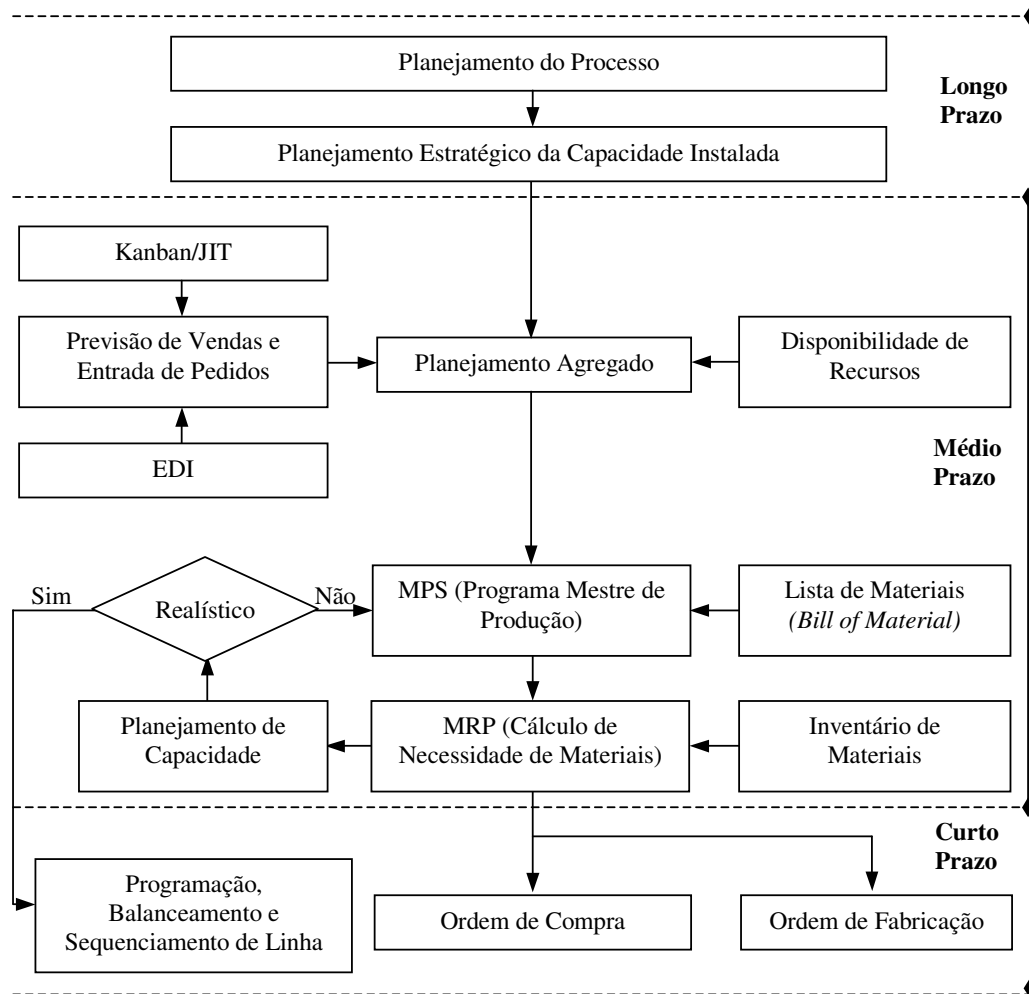


Figura 13. Fluxograma do MRP – adaptado de MARTINS (2000)

3.3.2.1. O Cálculo do Plano Mestre de Produção

Para que sejam determinadas as quantidades finais dos itens a serem produzidos no MPS, há necessidade das informações relativas à demanda independente, aos pedidos em carteira e a disponibilidade de produtos acabados em estoque. A partir destes dados, é determinada a quantidade do item no MPS e também o que se denomina de *Available to Promise* – ATP ou “disponível para promessa”. As quantidades do item final no MPS são utilizadas para a determinação das necessidades de materiais no MRP e para a análise de capacidade.

O ATP representa as quantidades que podem ser prometidas aos clientes sem que o MPS seja alterado, constituindo, portanto, uma informação relevante para as vendas e para o departamento comercial.

3.3.2.2. Mecanismos de Vendas e Entrada de Pedidos

Conceitos da engenharia de produção moderna enfatizam a importância de um planejamento agregado da produção, que considere as necessidades a curto e longo prazo dos clientes no momento de definir os recursos que serão disponibilizados para a produção e que definirão as capacidades produtivas instaladas.

Tais dados são de vital importância para a constituição de um plano de produção realístico e que reflita verdadeiramente o cenário dentro do qual a empresa realiza suas atividades. Em empresas do setor automobilístico, além dos modelos estatísticos de previsão de demanda, o planejamento muitas vezes se baseia em alguns conceitos padronizados de integração das informações e de entrada de pedidos. Segundo Martins (2000), podemos identificar quatro maneiras fundamentais de se integrar e disparar os processos de compra:

A - Sistema da Reposição Periódica

No sistema da reposição periódica, ou intervalo padrão, depois de decorrido um período de tempo pré-estabelecido, um novo pedido de compra para um certo item de estoque é emitido. Para determinar quanto deve ser comprado no dia da emissão do pedido, verifica-se a quantidade ainda disponível em estoque, comprando-se o que falta para atingir um estoque máximo, também previamente determinado.

$$\text{Quantidade a ser pedida} = \text{Estoque Máximo} - \text{Estoque Atual}$$

B - Sistema do Lote Padrão

O sistema do lote padrão ou do ponto do pedido é o mais popular método utilizado nas fábricas e consiste em disparar o processo de compra quando o estoque de um certo item atinge um nível previamente determinado. A quantidade do pedido

é geralmente o lote econômico e o ponto do pedido é calculado em função do consumo médio e do prazo de atendimento.

$$\text{Ponto de pedido} = \text{Consumo Médio} \times \text{Tempo de Atendimento}$$

C - Contratos de Fornecimento

Nos contratos de fornecimento o processo de compra é iniciado automaticamente em função de uma necessidade de produção. Assim, quando o material se faz necessário, o próprio sistema de computador emite e envia uma ordem de compra via EDI (*Electronic Data Interchange*).

Essa tecnologia para transmissão de dados eletronicamente permite que o sistema do cliente esteja ligado diretamente ao do fornecedor, independente dos hardwares e softwares em utilização. Além de sedimentar o conceito de parceria entre cliente e fornecedor, os contratos de fornecimento trazem vantagens como:

- rapidez, segurança e precisão do fluxo de informações;
- redução significativa dos custos dos pedidos;
- facilidade da colocação do pedido.

D - Sistema *Just-in-Time*

O sistema *just-in-time* é um método de produção com o objetivo de disponibilizar os materiais requeridos pela manufatura apenas quando forem necessários para que o custo de estoque seja menor.

O JIT, como também é chamado, é baseado na qualidade e na flexibilidade do processo de compras e normalmente dispara o processo de abastecimento dos clientes. Dependendo de como o sistema é idealizado, um conjunto de cartões *kanban* pode dar início ao processo de compras.

3.3.3. Estrutura Hierárquica de Análise de Capacidade

A questão da capacidade de produção é tratada na literatura com diferentes conceitos. O trabalho de Laugeni (2000) apresenta os conceitos de alguns autores de que a capacidade é: “*a quantidade de trabalho que pode ser desenvolvida em um centro de trabalho, freqüentemente expressa em horas*” (TERSINE, 1985); ou “*uma medida da habilidade da planta de produzir*” (MENIPAZ, 1984).

Planejamento de capacidade é uma atividade crítica desenvolvida paralelamente ao planejamento de materiais. Sem a previsão da capacidade necessária ou a identificação da existência de excesso de capacidade, não podemos obter todos os benefícios de um sistema de planejamento MRPII. Por um lado, capacidade insuficiente leva a deteriorização do nível de serviço a clientes (tanto em relação a prazos, quanto a sua confiabilidade), ao aumento dos estoques em processo e à frustração do pessoal da fábrica, que estará pressionado sem ter condição de cumprir com o que foi programado. Por outro lado, excesso desnecessário de capacidade representa custos adicionais, com os quais, num ambiente competitivo, a empresa não pode dar-se ao luxo de arcar.

Correa et al (2000) aborda a questão de maneira estruturada, associando a capacidade a cada tipo de planejamento e dividindo-a em quatro tipos:

- A capacidade de longo prazo (*resource requirements planning* – RRP);
- A capacidade a médio prazo (*rough-cut capacity planning* – RCCP);
- A capacidade a curto prazo (*capacity requirements planning* – CRP) e;
- A capacidade de curtíssimo prazo.

3.3.3.1. A RRP

O objetivo do planejamento da capacidade de longo prazo – RRP é a determinação da quantidade de recursos que necessitem de prazos longos para serem obtidos, tomando por base quanto e quando produzir de cada família de produtos. Esse tipo de capacidade está associada ao plano de produção (citado no item 2.2.2) ou ao plano de vendas e operações (*Sales & Operations* – S&OP) que também é um plano de longo prazo.

Pela própria natureza desses processos, é importante que o cálculo de capacidade nesse nível seja simples e rápido para adequar-se à agilidade necessária

das simulações da reunião executiva. Segundo Corrêa et al (2000) o horizonte de planejamento pode ser de vários meses a anos, dependendo dos prazos de mobilização e obtenção dos recursos analisados.

3.3.3.2. A RCCP

A capacidade a médio prazo – RCCP, visa subsidiar as decisões do MPS e tem por objetivo determinar as necessidades dos **recursos críticos**, cuja disponibilização seja possível a médio prazo.

A determinação da RCCP possibilita, ao planejador, verificar se existe algum tipo de restrição ao plano mestre de produção, antes que seja processado o MRP, economizando-se trabalho. A RCCP, segundo Scott (1994) “*tem por objetivo principal, testar a viabilidade do MPS*”. Se o MPS não é viável, ele deve ser ajustado.

É importante que o cálculo de capacidade nesse nível seja também relativamente simples e rápido, adequando-se à agilidade necessária de formulação do MPS. Segundo Corrêa et al (2000) o horizonte de planejamento pode variar de dois e seis meses.

A necessidade de rapidez no cálculo e de tratamento detalhado produto a produto no MPS (já não podemos tratar de famílias, pois o plano gerado será o dado de entrada para a explosão de necessidades do MRP) impõe certo nível de aproximação nos cálculos.

3.3.3.3. A CRP

A determinação da capacidade de curto prazo – CRP é decorrente da determinação das quantidades de materiais gerados no MRP e possibilita verificar as necessidades de recursos no curto prazo.

Nesse nível, não é necessário que o cálculo de capacidade seja rápido, pois, admitindo que o RCCP foi bem feito, não devem ter restado muitos problemas a serem analisados. O importante é que o cálculo seja o mais preciso possível. Segundo Corrêa et al (2000) o horizonte de planejamento típico é de algumas semanas, sendo que o limite é dado pelo horizonte do MPS.

3.3.3.4. A Capacidade a Curtíssimo Prazo

Uma vez estabelecido o programa de produção para um determinado período, depois de analisada a capacidade necessária versus a disponível por meio do CRP, cabe à fábrica cumprir o programa considerado, até então, como viável. Infelizmente, na prática as coisas não são bem assim. A análise de capacidade no curtíssimo prazo, geralmente com o horizonte de tempo diário, é necessária justamente para gerenciar³ o dia-a-dia das operações no chão de fábrica.

Questões de filas nas máquinas, atrasos de materiais, surgem constantemente e devem ser resolvidas na medida que ocorram no “chão de fábrica”.

Para o presente trabalho restringimo-nos à análise da RCCP e da CRP, uma vez que a capacidade de longo prazo (RRP) está direcionada, fundamentalmente, à determinação das necessidades de investimentos em um horizonte de tempo que ultrapassa o horizonte de planejamento do MPS, enquanto que a capacidade de curtíssimo prazo, por ser direcionada ao gerenciamento do dia-a-dia das operações, apresenta um nível de detalhe tão grande que não será abrangida no presente trabalho.

3.3.3.5. Comparando os Cálculos do RCCP e do CRP

Um aspecto importante do cálculo do CRP é que, por considerar efetivamente as ordens planejadas pelo MRP, leva em conta eventuais estoques dos componentes dos produtos finais, fazendo com que, em alguns casos, por haver excesso de estoque, não seja realmente necessário produzir o componente e, portanto, consumir recursos dos centros produtivos com sua fabricação.

Por outro lado, leva também em conta os tamanhos dos lotes de fabricação dos componentes, fazendo com que, em outras situações, os componentes sejam fabricados em quantidades muito superiores ao que seria estritamente necessário para produzir os produtos finais nas suas quantidades especificadas no MPS. Assim, dependendo da situação de estoque dos componentes e do tamanho dos lotes de

³ O gerenciamento das atividades da manufatura no nível diário na fábrica é referido como “operação do chão de fábrica” ou como “*shop floor control* – SFC”.

fabricação, podemos estar gerando uma necessidade de capacidade menor ou maior do que aquela que teria sido prevista pelo RCCP.

CAPÍTULO 4

O MODELO DE AUXÍLIO AO PLANEJAMENTO

4. O MODELO DE AUXÍLIO AO PLANEJAMENTO

Uma vez identificada a necessidade de se conceber de maneira prática e eficiente um novo sistema de planejamento de produção, que integrasse as diversas fontes de informação e permitisse a geração de um programa mestre, ou MPS, viável à fabricação, o estagiário-autor dedicou-se à concepção de um modelo de auxílio à decisão aderente e personalizado a Sekurit.

Esse capítulo vai descrever o modelo proposto de auxílio à tomada de decisão desde a entrada de dados e determinação dos parâmetros, até a criação do plano mestre e análise dos principais resultados do modelo.

4.1. Objetivos do Sistema

Para reforçar os princípios discutidos até então e fixar os ganhos esperados do sistema desenvolvido, estão indicados a seguir os principais objetivos do sistema de planejamento proposto. São eles:

- Identificar níveis de utilização dos centros produtivos e fornecer dados para ações posteriores em busca do equilíbrio das sobrecargas ou das faltas;
 - Fornecer com clareza dados sobre a produção dos próximos períodos para o departamento comercial, para que possam prometer dadas factíveis de entrega e disponibilidade;
 - Originar um plano de produção que minimize as faltas (extinguindo-as sempre que possível) e que seja viável vis-à-vis à capacidade instalada e ao regime de trabalho adotado nos centros de trabalho;
 - Melhorar a informação fornecida ao departamento de compras, direcionando suas ações para evitar a formação ou o acúmulo de estoque de componentes matérias-primas. Tal integração idealiza-se que seja alcançada via explosão de necessidades de material do MRP, uma vez estabelecido o MPS;
 - Adequar os níveis de estoque de produtos acabados para evitar faltas ou grandes sobras.
-

4.2. Levantamento de Dados

Informações referentes ao sistema de produção são de extrema importância para o planejamento. Dados sobre a demanda, produtos, centros produtivos, roteiros, operações e disponibilidade de recursos, entre outros, fornecem os subsídios necessários para a formulação de um planejamento consistente à realidade.

Serão discutidos a seguir a metodologia e os dados coletados na empresa para a realização do planejamento agregado da produção.

4.2.1. Tipo de Produção

Conforme apresentado anteriormente, existem vários tipos de produção. A Saint-Gobain Sekurit é uma indústria de produção intermitente repetitiva.

Na indústria intermitente, os equipamentos têm freqüentes variações no trabalho que executam, sendo que estas ocorrem por causa da diversidade de produtos que são fabricados. É ainda repetitiva pela quantidade de lotes do mesmo produto que são produzidos, facilitando um planejamento de processo produtivo por possuir um fluxo predominante.

Cada item da carteira de produtos Sekurit apresenta suas variações e suas propriedades específicas, que são definidas pelo cliente durante o projeto de desenvolvimento do produto. Essas variações já possuem um estudo de roteiros e tempos pré-definidos, não tendo que atender especificações particulares no momento da entrada de pedidos, como numa empresa por encomenda.

As grandes montadoras, interessadas na compra de grandes quantidades de produtos, podem ainda solicitar amostras de produtos com pequenas variações nas especificações, porém na fase de desenvolvimento. Uma vez aprovadas para a produção, as peças permanecerão com características fixas de produção que serão utilizadas para a produção de inúmeros lotes.

4.2.2. Processo Produtivo

Em linhas gerais, todos os artigos produzidos apresentam um processo produtivo semelhante, apresentando algumas particularidades de acordo com a família e a tecnologia empregada (vidro temperado ou laminado).

O vidro como matéria-prima inicial da produção, ou *traver*, é recebido em grandes dimensões e possui diferentes cores e espessuras, de acordo com o artigo a ser produzido. Estes são **cortados** em superfícies menores através de planos de corte específicos previamente estabelecidos, compondo a estrutura base de formação de cada artigo, também chamada de *primitivo*. É o primitivo que vai se deslocar ao longo da linha, sendo transformado em cada processo inerente à produção.

O primeiro deles é a etapa de **corte, furo e lapidação**, onde o primitivo é novamente cortado e destacado em formas curvas e complexas, que em seguida serão lapidadas, adquirindo um perfil de acabamento de bordas não cortante. A figura 14 ilustra as formas do vidro nas fases do processo descritas até o momento.

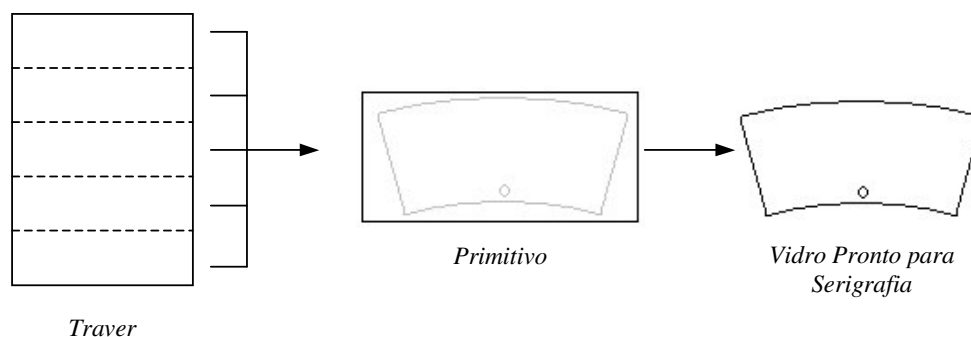


Figura 14. Transformação: Traver - Primitivo

Em seguida, o vidro passa pela **serigrafia**, onde são impressos as bandas negras e os circuitos elétricos que agregam valor ao produto. Nesse momento o vidro já possui quase todas as suas características físicas desejadas, faltando a última, e mais delicada operação, de **formagem**, onde são atingidas precisas curvaturas que garantirão o perfeito encaixe do vidro à carroceria final dos veículos. Esse é o maior diferencial competitivo dos fornecedores de vidros automotivos, visto que é a tecnologia do processo empregado que vai limitar as formas máximas e mínimas a serem atingidas no produto final.

No caso do artigo ser temperado, após o aquecimento e conformação do vidro, uma etapa de **tempera** será observada, resfriando rapidamente o vidro através de um jato de ar frio em alta pressão.

Após a tempera, podem ser **soldados** eventuais terminais do sistema anti-embaçante, da antena ou de qualquer outro sistema impresso. Feito isto o vidro está

teoricamente acabado e antes de ser encaminhado ao PA, deve passar pela inspeção de qualidade.

Em fluxos mais complexos, onde o vidro é entregue com componentes pré-montados, o item é **transferido** para alguma das modulares do grupo, que realizará a **pré-montagem** do vidro, que aí sim será entregue ao cliente final.

4.2.3. Produtos e Família

Como apresentado inicialmente, a Sekurit apresenta basicamente duas modalidades de vidro: os vidros temperados e os vidros laminados, ocupando cada uma delas dois galpões diferentes do centro produtivo de Mauá, que operam de forma completamente independente.

Os vidros laminados, no Brasil, são constituídos unicamente pelos pára-brisa. Já os vidros temperados podem ser divididos em duas famílias: os laterais e os vigias. Vale lembrar que essas famílias de produtos apresentam roteiros e tecnologias de produção bastante semelhante, e por isso são distribuídos segundo a figura 15.

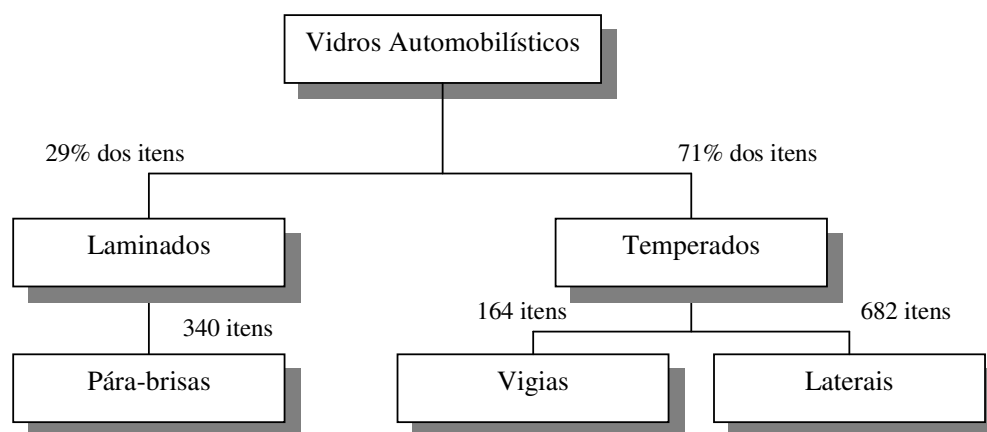


Figura 15. Famílias de Produtos Sekurit

Como explicado no capítulo I do presente relatório, o modelo proposto irá restringir suas análises à tecnologia dos vidros temperados. Tal restrição se deve ao fato de que as unidades de fabricação são não só isoladas fisicamente, como gerenciadas individualmente. Espera-se pela grande similaridade dos processos e dos

próprios modos de gerenciamento das unidades, que o modelo possa posteriormente ser utilizado nas duas unidades.

4.2.4. Demanda

Sabendo-se quais as famílias de produtos a serem planejadas, é necessário conhecer as suas demandas em cada período de planejamento para o horizonte desejado.

A demanda para o mercado OEM é recebida pelo sistema via EDI, sendo tratada, como já citado anteriormente, por um software específico, o EDI Plan. O horizonte de informação é de 6 meses, sendo 15 a 20 dias período firme, e o restante, previsão mercadológica das próprias montadoras. Assim não existe, a priori, necessidade de previsão de vendas para esse segmento de mercado.

Visando verificar a eficácia e a variabilidade das informações providas via EDI, podemos analisar as informações conjuntas providas de quatro meses de EDI's consecutivos, de Abril a Julho de 2004. As figuras 16 e 17 ilustram respectivamente gráficos das demandas para as famílias de vigias e laterais.

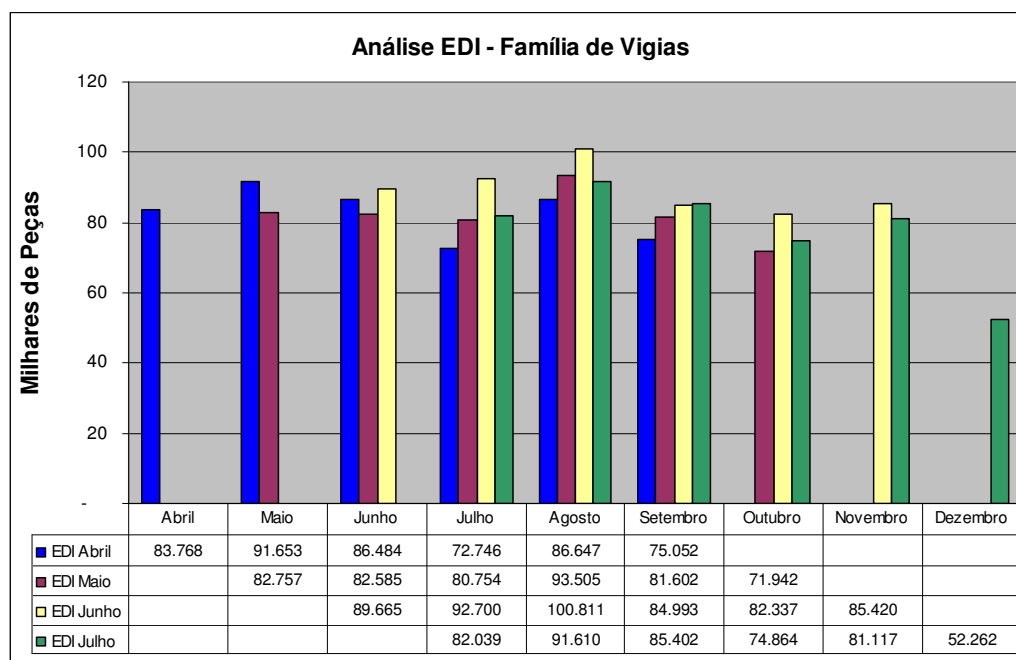


Figura 16. Análise de EDI's – Família de Vigias

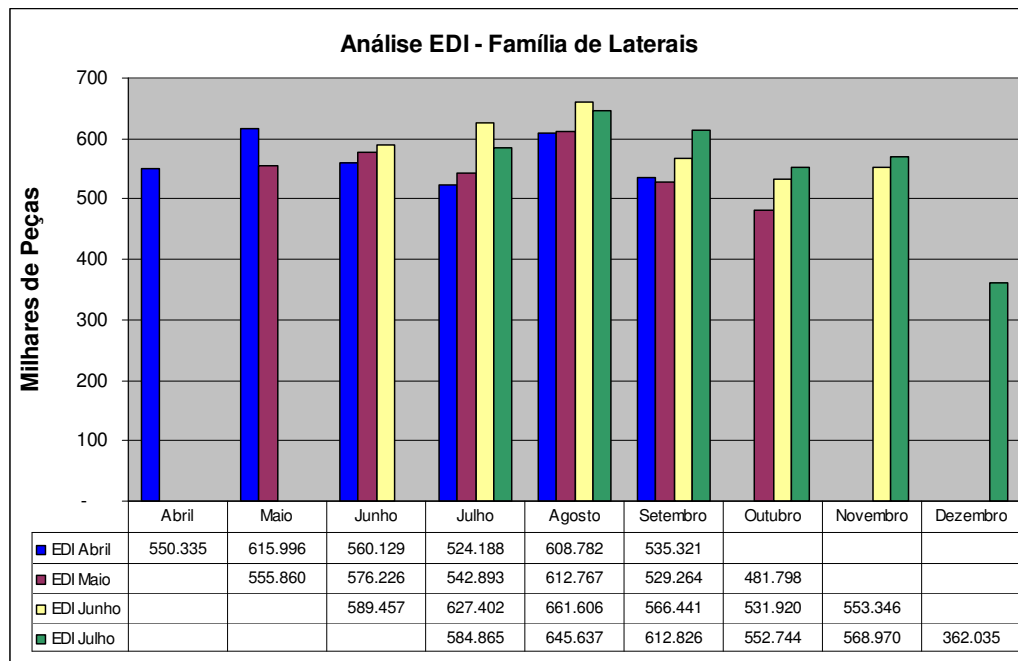


Figura 17. Análise de EDI's – Família de Laterais

O que se tem observado é uma flutuação da previsão de vendas na ordem de 10%, para cima ou para baixo, em relação ao realizado. Exemplificando: o pedido firme de laterais para o mês de julho provém do próprio EDI de julho, ou seja, 584 mil peças. Se observarmos a previsão para o mês de julho respectivamente dos EDI de abril e junho da família de laterais, temos 524 mil e 627 mil peças, ou seja, uma variação de -10,3% e +7,4% em relação ao pedido firme. Tais valores se mostram adequados se considerarmos o contexto da indústria automobilística brasileira, sujeita a inúmeras alterações de mercado proveniente dos mais variados fatores externos e internos.

Além disso, principalmente se analisarmos o gráfico da demanda total para os EDI's de abril a julho mostrado na figura 18, podemos comprovar que as maiores flutuações do EDI se encontram nos períodos referentes ao 5º ou 6º mês após a sua data de envio, isto é, de maneira geral as demandas dos últimos dois meses são subavaliadas pelas montadoras. Tal comportamento permite que lotes excessivos de produção disparados nos meses anteriores possam ser eventualmente consumidos nos meses a seguir.

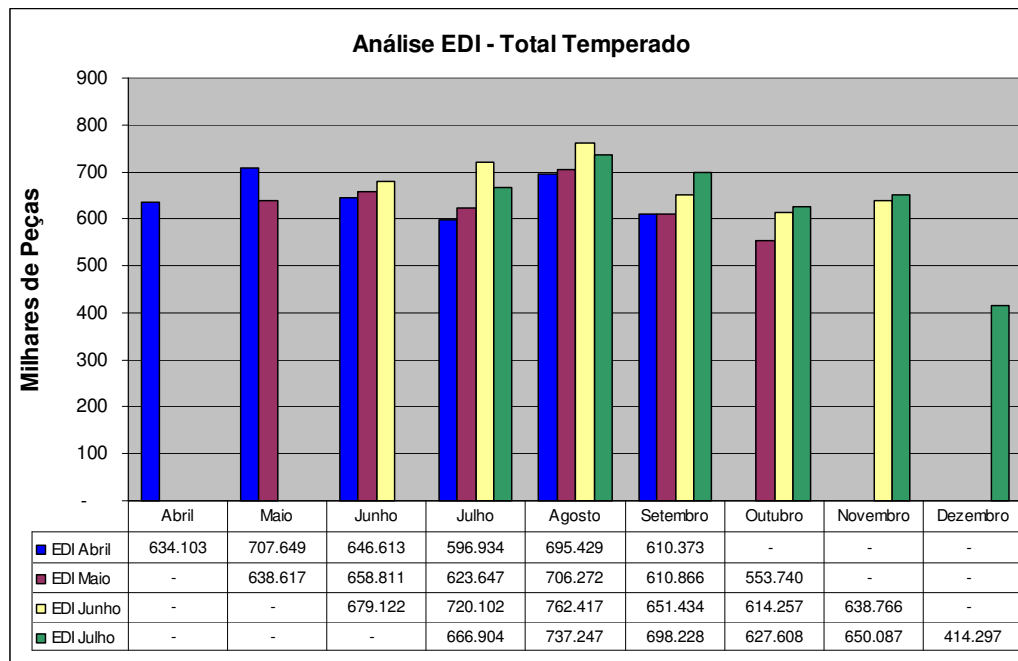


Figura 18. Análise de EDI's – Família de Laterais

Para o mercado de reposição, ou AGR, a demanda é muito flutuante, e poucos pedidos não provenientes de grandes distribuidores são deixados em carteira, o que faz a venda ser completamente dependente da disponibilidade no momento do interesse do cliente. Na Sekurit essa informação é de responsabilidade do comercial, que solicita lotes mínimos de fabricação, que ficarão disponíveis no estoque para vendas no mercado de reposição. Esse estoque é de responsabilidade do comercial e é calculado tendo em vista as médias e picos de venda dos últimos meses. Assim, a metodologia de previsão de vendas para o mercado de reposição, que gira na ordem de 25% das vendas brutas mensais em peças, não é abordada no presente trabalho.

A tabela 5 exemplifica a maneira como a carteira de pedidos total (OEM + AGR) é carregada dentro do sistema de auxílio à decisão. Para cada item, é associada a carteira firme de produção para o mês vigente e a previsão de vendas para os próximos períodos dentro do horizonte de planejamento proposto (tratado com mais detalhes no tópico 4.2.5 a seguir).

CARTEIRA DETALHADA							
		Total Mensal					
		Carteira Firme	Previsão de Vendas				
Cod. AUTO	Descrição	jul-04	ago-04	set-04	out-04	nov-04	dez-04
10	(PTD IN FUSCA 2P)	9	-	-	-	-	-
23	(PTD LEVD S10 PP)	1.150	3.900	3.250	2.700	3.850	2.150
24	(PTD LDVD S10 PP)	1.050	3.950	3.250	2.750	3.850	2.150
86	(PTD LEIN GOL/PAR 4P)	230	-	-	-	-	-
116	(PORTA DIANT LEIN GOL 2P)	50	-	-	50	-	50
117	(PTD LDIN GOL AB9 2P)	-	-	-	50	-	50
130	(LTF LEIN BN GOL AB9 2P)	50	60	18	20	21	24
56	(LTF LDVD PALIO 2P)	-	548	900	600	900	600
57	(LTF LEVD PALIO 2P)	290	600	600	900	600	600
150	(LATERAL BASC LDVD PALI 2P)	126	-	-	-	-	-
151	(LATERAL BASC LEVD PALI 2P)	140	-	-	-	-	-
152	(PTD LDVD PALIO 2P)	-	594	2.505	2.462	2.288	1.400
153	(PTD LEVD PALIO 2P)	-	14	2.210	2.462	2.288	1.400
154	(PTD LDVD PALIO 4P)	4.473	12.550	11.450	11.150	11.300	3.300
155	(PTD LEVD PALIO 4P)	4.850	12.600	11.400	11.200	11.250	3.300
156	(PTT LDVD PALIO PP)	-	85	7.600	7.450	7.500	2.250
157	(PTT LEVD PALIO PP)	-	349	7.600	7.450	7.550	2.200
243	(LATERAL FIXO VD FIOR2P)	35	-	-	-	-	-
246	(VIGIA FIXO LDVD AE FIOR2P)	31	53	53	106	53	106
247	(VIGIA FIXO LEVD AE FIOR2P)	147	53	53	106	53	106
250	(FPT LDVD UNO 4P)	1.586	5.760	5.280	4.320	4.800	2.400
251	(FPT LEVD UNO 4P)	1.983	5.760	5.280	4.320	4.320	2.880
371	(LTB LEVD BN KA 2P)	-	220	-	-	-	-

Tabela 5. Carteira de Pedidos & Previsão de Vendas

Com esta tabela que possui os dados da carteira firme de pedidos e a previsão para os cinco meses seguintes à realização do planejamento, já é possível a visualização do nível de produção requerido para o pleno atendimento das necessidades dos clientes. Porém, este não é um plano de produção definitivo porque, sem uma análise dos estoques e das capacidades dos centros de trabalho disponíveis, não é possível saber se a demanda será atendida ou não.

De fato esta metodologia é utilizada internamente pela sede internacional de logística do grupo Sekurit, localizada na França, através de um exercício mensal denominado CMPP (*Common Master Production Planning*). Nele todas as unidades Sekurit espalhadas em 22 países do mundo, consolidam sua demanda e sua capacidade de produção para os próximos 6 meses, visando otimizar a capacidade instalada em escala mundial. Exemplo típico do resultado desse exercício foi a transferência da produção de vigias do Mercedes Classe A do Brasil para a Alemanha e a do pára-brisas do Volkswagen Golf geração II da Alemanha para o Brasil.

4.2.5. Horizonte de Planejamento e Período de Replanejamento

As montadoras fornecem previsão de vendas para todos os seus itens dentro de um horizonte de 6 meses, numa periodicidade de 7 dias. Ou seja, a cada semana, todas as montadoras atualizam os seus programas para os próximos 6 meses e nos enviam essa informação via EDI.

O *lead-time* de produção de um lote mínimo dos itens é de aproximadamente duas semanas (tempo de aquisição do vidro-base + tempo de produção + tempo de transporte até as modulares + pré-montagem e expedição ao cliente).

Dessa forma, considerando-se que o horizonte de planejamento deve ser maior que o *lead-time* de produção e no mínimo igual ao período onde a previsão de vendas é suficientemente precisa para evitar distorções, o modelo proposto de planejamento utiliza um **horizonte de planejamento de 6 meses**.

Já a definição do período de replanejamento se baseou em duas informações:

- no período fixo das informações do EDI (2 a 3 semanas);
- no tempo entre chegada de 2 EDI's consecutivos, ou seja, sua atualização (1 semana).

Dessa maneira, o menor período que justifica uma atualização do planejamento é de 7 dias, período considerado muito baixo se considerarmos a dinâmica do processo de sequenciamento e balanciamento das linhas. Dessa forma, optou-se pela utilização de um **período de replanejamento de 15 dias**, que proporcionará uma estabilidade razoável de produção.

Vale lembrar que em momentos muito dinâmicos e com fortes flutuações da carteira de pedidos, nada impede que o replanejamento seja iniciado antes do período previamente estabelecido.

4.2.6. Centros de Trabalho

Foram utilizados nove centros de trabalho para representar todo o processo produtivo da unidade de vidros temperados (vide tabela 6). Muito embora a maioria dos centros de trabalho consuma horas-homem, foi feita, somente, a consideração em horas-máquina. Esta consideração deve-se ao fator limitante de capacidade dos centros de trabalho, que são os equipamentos, e não os operadores.

Centro de Trabalho	Descrição
BT	Forno BT – Dedicado exclusivamente à conformação e têmpera de laterais.
GT	Forno GT – Dedicado à conformação e têmpera de laterais e vigias com grandes raios de curvatura
BFC	Forno BFC – Dedicado exclusivamente à conformação e têmpera de vigias. Contempla também as atividades de serigrafia.
LT1, LT2 e LT3	Linhas de Corte de Laterais – Dedicadas ao corte de todos os laterais e alguns poucos vigias. Contempla também as atividades de destaque, polimento e furação.
BBFC	Linha de corte dedicada à família de vigias. Contempla também as atividades de destaque, polimento e furação.
R2FA200 e R2ESC	Linhas de corte manuais.

Tabela 6. Centros de Trabalho Sekurit

Os dados de disponibilidade de tempo para os centros de trabalho nos períodos mensais de planejamento foram fornecidos pelo departamento de produção, enquanto os dados referentes ao rendimento e cadência das máquinas e centros produtivos, foram resultados dos apontamentos reais de produção realizados diariamente.

Uma taxa de parada referente às paradas inerentes ao processo (quebras, *setup* e troca de equipamentos) foi também fornecida pela gestão da produção, a fim de se considerar a disponibilidade real do equipamento.

A figura 19 ilustra a planilha de parametrização das principais variáveis do modelo, que serão explicitadas ao longo dos próximos itens. O quadro à direita define as variáveis que estabelecem o funcionamento de cada centro de trabalho.

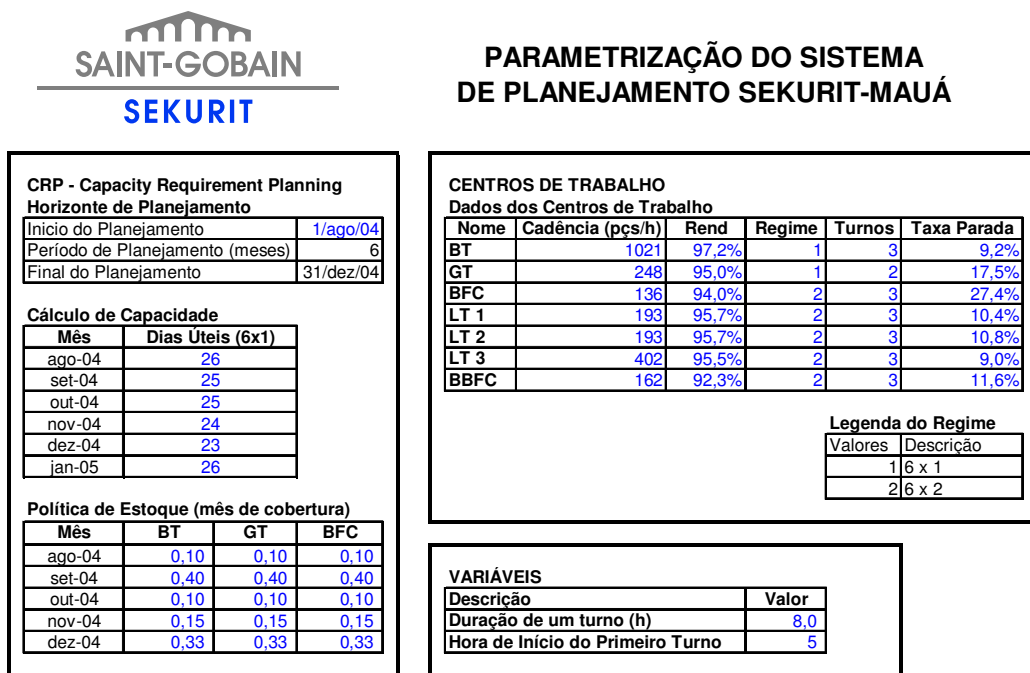


Figura 19. Parâmetros do sistema de Planejamento

4.2.7. Roteiros

Os dados sobre os roteiros que associam os diversos itens produzidos aos centros de trabalho que o modificam durante o processo produtivo são definidos pela engenharia no momento do seu desenvolvimento e são cadastrados no ERP da empresa pela gestão, quando do surgimento do item. Tais dados visam não só permitir ao módulo financeiro contabilizar os custos associados à produção, como permitem ao planejamento realizar a análise de capacidade.

Dessa maneira, os dados de roteiro foram extraídos do SAP e conferidos com o planejador de produção, para a correção de eventuais falhas. A tabela 7 ilustra a extração de dados do ERP realizada para permitir a definição dos mais de 800 itens do temperado.

ROTEIROS DE PRODUÇÃO TEMPERADO						
Cod AUTO VIDR	VIDRO	Cod AUTO BASE	BASE	Area Comercial	FORNO FORNO	CORTE LINHA
ASTRA 4P						
1227	90521819CJ	1224	90521823	0,3321	BT	LT 3
3249	93390235CJ	3247	90521823T	0,3321	BT	LT 3
1228	90521820CJ	1225	90521824	0,3321	BT	LT 3
3250	93390234CJ	3248	90521824T	0,3321	BT	LT 3
3267	93364835CJ	1233	90521815	0,4537	BT	LT 3
3241	93390233CJ	3239	90521815T	0,4537	BT	LT 3
3268	93364836CJ	1234	90521816	0,4537	BT	LT 3
3242	93390232CJ	3240	90521816T	0,4537	BT	LT 3
2229	93336139			0,7726	BFC	BBFC
3255	93390239			0,7726	BFC	BBFC
3734	93370439			0,7726	BFC	BBFC
CELTA 2P						
2427	93260805CJA	1433	93260805	0,3561	BT	LT 3
2428	93260806CJA	1434	93260806	0,3561	BT	LT 3
1429	93260875.CJ	1427	93261097	0,4869	BT	LT 3
1430	93260876.CJ	1428	93261098	0,4869	BT	LT 3
2426	93260904CJ	1426	93260904	0,8186	BFC	BBFC
1425	93261156CJ	1424	93261156	0,8186	BFC	BBFC
CELTA 4P						
2894	93363868CJ	2892	93363869	0,3449	BT	LT 2
2895	93363871CJ	2893	93363872	0,3449	BT	LT 2
2891	93363831CJ	2889	93363832	0,4026	BT	LT 3
2890	93363879CJ	2888	93363881	0,4026	BT	LT 3
IPANEMA						
444	90241636			0,4853	BFC	BBFC
1175	90241637			0,4853	BFC	BBFC
KADET						
432	90186518			0,2589	BT	LT 1

Tabela 7. Definição de Roteiros

4.3. Definição do Lotes de Fabricação

Num modelo de auxílio ao planejamento, o objetivo é a observação da interação entre as variáveis do processo que interferem na tomada de decisão. Em outras palavras, esse modelo visa possibilitar o conhecimento exato, rápido e preciso dos resultados de um exercício de planejamento.

Nessa concepção, o modelo desenvolvido busca atender da maneira mais fácil possível os conceitos e princípios de planejamento já aplicados pelo programador de produção. A melhoria deve vir exatamente da transparência dos dados e da facilidade de manipulação das informações.

Seguindo essa lógica foi identificado dentro da realidade Sekurit o modelo de cálculo da quantidade a ser produzida que mais se adequasse ao planejamento atual. Foi identificada a necessidade de se estabelecer “lotes de produção” (como são denominados internamente no departamento de planejamento da Sekurit) suficientemente grandes para atender a um intervalo de tempo fixo da demanda, sendo as quantidades produzidas variáveis de acordo com as ordens fixas e planejadas dos EDI's.

Esse método pode ser justificado por dois motivos principais:

- Risco de desbalancamento do estoque dos métodos com quantidades fixas: o sequenciamento é um ponto crítico do planejamento a curto prazo da empresa, uma vez que os tempos de *setup*, principalmente dos fornos, variam entre 3 e 5 horas. Sendo assim, aumentar o tamanho das campanhas e reduzir o número de *setup* de máquinas realizados no período, é uma prática desejada não só pela produção, como pelo financeiro. Políticas de quantidades fixas assumem, nesse contexto, um risco de desbalancear o estoque de produtos acabados da empresa, possibilitando, por exemplo, que no início de um mesmo período seja necessária a produção de inúmeros itens, o que aumentaria o mix de produtos e as taxas de parada por *setup* de todas as linhas;
- Sinergia com o controle de estoques: no modelo adotado, o planejador define o número de períodos que a quantidade da ordem deve cobrir, podendo assim, constituir um estoque de produto acabado, que não só serve para atender as eventuais flutuações do período, como para garantir uma estabilidade nos meses seguintes.

A tabela 8 exemplifica os parâmetros de formação de lotes, e conseqüentemente de estocagem, para um exercício de simulação de parada do forno BFC em dezembro. Observe que o período de novembro se encerra para o BFC com a demanda de todo o mês de dezembro em estoque.

Política de Estoque (mês de cobertura)

Mês	BT	GT	BFC
ago-04	0,10	0,25	0,10
set-04	0,40	0,25	0,40
out-04	0,25	0,10	0,70
nov-04	0,30	0,15	1,00
dez-04	0,55	0,55	-

Estoque final
suficiente para
cobrir toda a
demanda do
período seguinte

Tabela 8. Política de Definição de Lotes

Desse modo o método de cálculo de lote de fabricação foi adequado ao modelo de planejamento através da definição dos períodos de cobertura que os itens de cada forno devem possuir ao final do período planejado. Ou seja, o lote calculado

deve ser grande o suficiente para atender a demanda firme do período, mais uma parcela definida do mês seguinte. Equacionado:

$$P_{f,t} = C_{f,t} + (X_{f,t} * C_{f,t+1}) - E_{f,t-1}, \text{ onde:}$$

$P_{f,t}$ = Produção no **forno f** no **período t**;

$C_{f,t}$ = Carteira total de pedidos no **forno f** no **período t**, incluindo eventuais *back-orders* do período t-1;

$C_{f,t+1}$ = Carteira total de pedidos no **forno f** no **período t + 1**;

$X_{f,t}$ = Fração de $C_{f,t+1}$ a ser obtida em estoque no final do **período t**;

$E_{f,t-1}$ = Estoque final de peças no **forno f** no **período t-1**.

A desagregação dos lotes de produção se faz de forma análoga e proporcional, ou seja:

$$P_{a,f,t} = \sum_{f=1}^z (C_{a,f,t} + (X_{f,t} * C_{a,f,t+1}) - E_{a,f,t-1}), \text{ onde:}$$

$P_{a,f,t}$ = Produção do **item a** no **forno f** no **período t**;

$C_{a,f,t}$ = Carteira de pedidos do **item a** no **forno f** no **período t**;

$C_{f,t+1}$ = Carteira de pedidos do **item a** no **forno f** no **período t+1**;

$E_{a,f,t-1}$ = Estoque final de peças do **item a** no **forno f** no **período t-1**.

Vale lembrar, que dessa forma, nessa concepção valem as igualdades:

$$E_{f,t} = \sum_{a=1}^n E_{a,f,t} \quad e,$$

$$C_{f,t} = \sum_{a=1}^n C_{a,f,t}$$

A tabela 9 exemplifica o cálculo do lote de fabricação para alguns produtos, de acordo com os parâmetros já mencionados na tabela anterior.

PRODUÇÃO TEMPERADO				Data	Ago-04			Set-04			Out-04
ITEM	FORNO	CORTE	Backorder	Est. PA	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque	Carteira
19851	BT	R2ESC	-	800	4.600	4.220	420	4.200	5.440	1.660	4.150
19861	BT	R2ESC	-	1.200	4.600	3.820	420	4.200	5.440	1.660	4.150
34761	GT	LT 3	-	508	618	177	67	268	259	58	230
34771	GT	LT 3	-	511	618	174	67	268	259	58	230
18821	BT	LT 2	1.010	3.214	3.698	1.694	200	2.002	2.802	1.000	2.500
18831	BT	LT 2	-	791	3.698	3.107	200	2.002	2.802	1.000	2.500
35411	BT	LT 2	-	250	1.136	963	77	769	972	280	700
35421	BT	LT 2	-	674	1.136	539	77	769	972	280	700
18741	GT	LT 3	-	588	5.102	5.207	693	2.772	2.892	813	3.250
18751	GT	LT 3	-	200	5.102	5.595	693	2.772	2.892	813	3.250
35651	BFC	BBFC	-	3.100	4.239	1.366	227	2.270	3.306	1.263	3.157
35661	BFC	BBFC	-	516	1.136	697	77	769	942	250	625
5481	BT	LT 1	230	-	460	759	69	690	933	312	780
5491	BT	LT 1	460	-	460	966	46	460	598	184	460
5501	BFC	BBFC	240	29	400	651	40	400	520	160	400
18531	BT	LT 2	-	-	-	10	10	100	150	60	150
18541	BT	LT 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9221	BT	BBFC	-	-	180	180	-	-	-	-	-
9241	BT	BBFC	113	1.870	3.099	1.596	254	2.537	3.298	1.015	2.537

Tabela 9. Cálculo dos Lotes de Fabricação

Após o cálculo da maneira proposta, o planejador fica livre para alterar o lote específico de algum item se julgar necessário. Essas alterações acontecem principalmente dentro dos lotes para o mercado de reposição, onde as quantidades previstas da demanda, muitas vezes não atingem um lote mínimo de fabricação. Dessa forma, o planejador pode manualmente alterar o lote de produção desses produtos, para adequar as exigências da produção, ao planejamento em execução.

4.4. Análise de Capacidade

Na Sekurit, como em muitas empresas multinacionais do mesmo porte, ao final de cada ano é realizado um plano quinquenal, que visa analisar a capacidade a longo prazo, juntamente com as definições estratégicas de mercados a serem ganhos, políticas de investimento e de expansão dentro do setor. Essa análise, como discutido no item 3.3.3., vai de acordo aos objetivos estratégicos da organização, e não faz parte do escopo do presente trabalho.

A análise de capacidade a qual gostaríamos de nos dirigir aqui, é a de médio prazo, com um nível de detalhe um pouco mais elevado, que visa garantir a criação de um plano mestre viável de ser executado e processado pelo MRP. As variações de capacidade serão feitas dentro de um cenário onde as decisões de investimento já foram tomadas, restando avaliar o regime de trabalho de cada centro de trabalho, sua cadências, taxas de parada e rendimento.

A análise consiste basicamente em comparar a quantidade prevista de produção para o período, de acordo com os lotes propostos para cada produto, com a capacidade total de produção dos centros de trabalho, de acordo com seus parâmetros de produtividade.

A tabela 10 ilustra a metodologia de análise de capacidade para todos os centros de trabalho, bem como todas as variáveis envolvidas no processo.

ANÁLISE DE CAPACIDADE					Data	Ago-04			Set-04		
					Mês	8			9		
					Dias	31			30		
					Dias úteis	26			26		
Centro	Cadência	Rendimento	Regime	Turnos		Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque
BT	1.021	97,2%	1	3,0		602.873	634.305	390.536	565.768	570.564	395.332
					Disponibilidade (h)		624			624	
					Capacidade (pçs)	100%	619.265		100%	619.265	
					Ociosidade (pçs)	-2,4%	(15.040)	Saturado	7,9%	48.701	OK
GT	248	95,0%	1	1,5		72.053	62.280	40.562	57.710	66.120	48.972
					Disponibilidade (h)		312			312	
					Capacidade (pçs)	100%	73.507		100%	73.507	
					Ociosidade (pçs)	15,3%	11.228	OK	10,0%	7.387	OK
BFC	136	94,0%	2	3,0		78.887	81.965	54.209	69.024	69.157	54.343
					Disponibilidade (h)		744			720	
					Capacidade (pçs)	100%	95.113		100%	92.045	
					Ociosidade (pçs)	13,8%	13.148	OK	24,9%	22.887	OK
V-7	19	93,9%	1	1,0		165	697	1.442	275	273	1.440
					Disponibilidade (h)		208			208	
					Capacidade (pçs)	100%	3.711		100%	3.711	
					Ociosidade (pçs)	81,2%	3.014	OK	92,7%	3.438	OK
LT 1	193	95,7%	2	3,0		117.025	119.526	73.119	105.536	107.409	74.992
					Disponibilidade (h)		744			720	
					Capacidade (pçs)	100%	137.478		100%	133.043	
					Ociosidade (pçs)	13,1%	17.951	OK	19,3%	25.634	OK
LT 2	193	95,7%	2	3,0		107.362	105.832	107.233	97.332	61.469	71.370
					Disponibilidade (h)		744			720	
					Capacidade (pçs)	100%	137.478		100%	133.043	
					Ociosidade (pçs)	23,0%	31.646	OK	53,8%	71.574	OK
LT 3	402	95,5%	2	3,0		248.671	216.455	135.828	230.589	248.412	153.651
					Disponibilidade (h)		744			720	
					Capacidade (pçs)	100%	285.481		100%	276.272	
					Ociosidade (pçs)	24,2%	69.025	OK	10,1%	27.860	OK
BBFC	162	92,3%	2	3,0		97.697	94.317	73.203	85.256	84.136	72.083
					Disponibilidade (h)		744			720	
					Capacidade (pçs)	100%	111.257		100%	107.668	
					Ociosidade (pçs)	15,2%	16.940	OK	21,9%	23.532	OK
R2FA200	168	95,7%	2	3,0		65.386	67.498	52.182	70.410	67.911	49.683
					Disponibilidade (h)		744			720	
					Capacidade (pçs)	100%	119.617		100%	115.759	
					Ociosidade (pçs)	43,6%	52.119	OK	41,3%	47.848	OK
R2ESC	198	99,0%	2	3,0		117.246	99.923	44.674	103.499	136.499	77.674
					Disponibilidade (h)		744			720	
					Capacidade (pçs)	100%	145.839		100%	141.134	
					Ociosidade (pçs)	31,5%	45.916	OK	3,3%	4.635	OK

Tabela 10. Análise de Capacidade

Equacionando os campos, temos que:

Se o regime de trabalho = 1, ou seja, 6 x 1, o centro de trabalho funciona só em dias úteis, logo:

$$Disponibilidade(h) = Dias \acute{U}teis * Turnos * 8h.$$

No entanto, se o regime de trabalho = 2, ou seja, 6 x 2, o centro de trabalho funciona todos os dias, independentemente de finais de semana ou feriados, logo:

$$Disponibilidade(h) = Dias * Turnos * 8h.$$

A capacidade de cada um dos centros de trabalho é calculada de maneira semelhante, independente do regime de trabalho.

$$Capacidade(p\grave{c}s) = Disponibilidade(h) * cad\^encia (p\grave{c}s/h) * rendimento (\%)$$

Somando os inúmeros lotes de produção, determinados na tabela 9, que serão processados em cada um dos centros de trabalho, obtém-se a produção do período em peças para todos os centros de trabalho ($P_{f, i}$). Essa produção total, quando comparada à capacidade do centro de trabalho no período, determinará a ociosidade ou saturação do centro de trabalho.

$$Ociosidade(p\grave{c}s) = Produ\c{c}\tilde{a}o(p\grave{c}s) - Capacidade(p\grave{c}s)$$

Se a ociosidade é negativa, temos que o centro de trabalho está saturado.

4.5. Resultados

A análise de capacidade por si só, consiste um dos principais resultados do modelo de planejamento proposto, sendo verificada a viabilidade ou não da execução do plano de produção. Esse resultado, principalmente por poder ser simulado de forma simples e rápida, permite ao planejador verificar o efeito de suas parametrizações frente ao resultado final do planejamento a médio prazo.

Uma síntese da análise de capacidade para os três primeiros meses do horizonte de planejamento proposto para o exercício do mês de agosto pode ser observada na figura 20.

			RESULTADO DO PLANEJAMENTO SEKURIT								
			ANÁLISE DE SATURAÇÃO								
			Agosto-04								
			Agosto-04			Setembro-04			Outubro-04		
Centro	Regime	Turnos	Produção	Capacidade	Saturação	Produção	Capacidade	Saturação	Produção	Capacidade	Saturação
BT	1	3	634.305	619.265	102,43%	570.564	619.265	92,14%	441.850	595.447	74,20%
GT	1	1,5	62.280	73.507	84,73%	66.120	73.507	89,95%	43.059	70.680	60,92%
BFC	2	3	81.965	95.113	86,18%	69.157	92.045	75,13%	51.192	95.113	53,82%
V-7	1	1	697	3.711	18,78%	273	3.711	7,34%	113	3.568	3,15%
LT 1	2	3	119.526	137.478	86,94%	107.409	133.043	80,73%	89.140	137.478	64,84%
LT 2	2	3	105.832	137.478	76,98%	61.469	133.043	46,20%	81.169	137.478	59,04%
LT 3	2	3	216.455	285.481	75,82%	248.412	276.272	89,92%	180.639	285.481	63,28%
BBFC	2	3	94.317	111.257	84,77%	84.136	107.668	78,14%	60.638	111.257	54,50%
R2FA200	2	3	67.498	119.617	56,43%	67.911	115.759	58,67%	50.811	119.617	42,48%
R2ESC	2	3	99.923	145.839	68,52%	136.499	141.134	96,72%	73.702	145.839	50,54%

Figura 20. Análise da Saturação

Para verificar o atendimento da carteira das famílias de produto identificadas, foi gerada uma análise de comparação da carteira, da produção e do estoque para os diferentes períodos do planejamento. Nessa análise, exemplificada para dois períodos na figura 21, é possível verificar o potencial de atendimento à demanda, bem como a eficácia do planejamento a médio prazo.

RESULTADO DO PLANEJAMENTO SEKURIT

ANÁLISE CARTEIRA X PRODUÇÃO X ESTOQUE

Análise em Peças		Julho-04		Agosto-04			Setembro-04		
Forno	Mercado	DPA	Backorder	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque
BL	AGR	11.826	-	12.060	18.399	18.166	7.500	8.936	19.601
	OEM	81.085	1.918	127.704	134.186	85.649	112.370	111.912	85.192
BL Total		92.911	1.918	139.763	152.585	103.815	119.870	120.848	104.793
SL	AGR	47.469	-	20.293	31.809	58.986	26.420	23.605	56.170
	OEM	374.793	18.207	594.473	594.852	356.965	546.988	561.662	371.639
SL Total		422.262	18.207	614.765	626.661	415.951	573.408	585.266	427.810
Total geral		515.172	20.125	754.528	779.247	519.766	693.277	706.114	532.602

Figura 21. Análise das Famílias de Produtos

De forma análoga, podemos acompanhar a evolução da produção por centro de trabalho, identificando possíveis gargalos de produção que poderão gerar alterações de roteiro ou de lotes de produção. Vide figura 22.



RESULTADO DO PLANEJAMENTO SEKURIT

1-Ago-04

ANÁLISE CARTEIRA X PRODUÇÃO X ESTOQUE

Análise em Peças		Agosto-04		Setembro-04			Outubro-04			Novembro-04		
Forno	Mercado	DPA	Backorder	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque
BFC	AGR	6.481	-	6.337	8.200	8.344	3.980	5.551	9.915	3.950	1.502	7.467
	OEM	49.602	1.375	72.550	73.765	49.442	65.044	63.606	48.004	59.120	49.690	38.575
BFC Total		56.083	1.375	78.887	81.965	57.786	69.024	69.157	57.920	63.070	51.192	46.042
BT	AGR	42.901	-	18.943	32.054	56.012	25.180	21.300	52.132	25.800	12.549	38.881
	OEM	357.751	17.702	583.930	602.251	358.370	540.588	549.264	367.046	503.052	429.301	293.295
BT Total		400.652	17.702	602.873	634.305	414.382	565.768	570.564	419.178	528.852	441.850	332.175
GT	AGR	8.637	-	6.907	9.257	10.987	4.485	5.417	11.919	4.840	1.770	8.849
	OEM	46.584	545	65.146	53.023	33.916	53.225	60.704	41.394	48.397	41.289	34.287
GT Total		55.221	545	72.053	62.280	44.903	57.710	66.120	53.313	53.237	43.059	43.135
V-7	AGR	1.266	-	165	697	1.798	275	273	1.796	275	113	1.633
	OEM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V-7 Total		1.266	-	165	697	1.798	275	273	1.796	275	113	1.633
Total geral		513.222	19.622	753.978	779.247	518.869	692.777	706.114	532.205	645.434	536.213	422.985

Figura 22. Análise dos Centros de Trabalho

4.6. Aspectos Positivos e Negativos

Como aspectos positivos inerentes ao modelo de auxílio à tomada de decisão proposto podemos citar:

- A validação dos dados de previsão de demanda dos EDI's, que se mostraram fonte confiável de planejamento a médio prazo;
- A integração das diversas fontes de dados (carteira, *back-orders*, estoque, roteiro, rendimento e cadência dos centros de trabalho) como fonte de uma metodologia séria de planejamento;
- A personificação do sistema ao ambiente Sekurit, tornando mais fácil o acesso e a compreensão de todos das metodologias utilizadas;
- A transparência do trabalho e a proximidade dos atuais planejadores, reduzindo a resistência à mudança e facilitando a compreensão de novas ferramentas de trabalho.

4.7. Conclusões

A idéia de se estruturar o novo sistema de planejamento da Sekurit através de um modelo de auxílio à tomada de decisão, trouxe, fundamentalmente, personalização e transparência ao processo de planejamento.

Foi possível identificar de forma completa como cada uma das etapas do processo de planejamento é realizada hoje, e estruturar, de forma concisa e integrada, todas as variáveis e parâmetros com influencia direta no planejamento da produção.

Foram validados os dados de previsão de demanda dos EDI's e levantados pontos de melhoria junto aos atuais programadores e tomadores de decisão, de maneira a encorajá-los na concepção de um novo modelo que pudesse auxiliá-los na sua tarefa diária de controle e programação da produção.

Entre os fatores que foram determinantes nesse processo de adaptação da cultura organizacional à nova metodologia de trabalho, podemos destacar o funcionamento em paralelo do novo sistema de planejamento. Inicialmente visto como uma ferramenta em potencial, o novo sistema de planejamento agregado tomou força quando seus relatórios, sintetizando as diversas fontes de informação,

começaram a ser condizentes com a realidade, disponibilizando informações antes não disponíveis facilmente.

Macros para processar a carteira em atraso, sínteses de análise de saturação e capacidade, variações futuras de demanda e necessidade de alterações de roteiros. Foram disponibilizadas gradativamente pequenas informações necessárias ao planejamento, e essas, pouco a pouco, começaram a ser importantes na formulação das decisões de programação atual.

O sistema desenvolvido trouxe dinamismo e visão agregada aos processos decisórios, permitindo a criação e simulação de cenários, num ambiente integrado.

Hoje existe uma movimentação interna para contratação de uma consultoria de informática, que seja capaz de utilizar todo o algoritmo de planejamento proposto nesse modelo, num software a ser desenvolvido. Esse software, enviando e recebendo informações do SAP, integraria o processo de planejamento ao ERP da fábrica.

Idealiza-se extrair a carteira e o estoque e devolver, como resultado, um plano mestre de produção viável de ser executado no período. Rotinas auxiliares para o planejamento a curto prazo já estão em desenvolvimento, e idealiza-se a proposição de um plano de produção seqüenciado para o período de um mês, aumentando e muito a flexibilidade e a dinâmica do processo de planejamento.

Uma vez cadastrado o programa de produção no SAP, é possível ativar o módulo de cálculo de necessidade de materiais (MRP) e integrar as atividades de compra de matérias-primas e componentes ao planejamento da produção. Foi simulado inclusive o funcionamento integrado com os fornecedores da Sekurit, que estariam recebendo programas de remessa também via EDI.

Tal situação evidencia a importância dada ao projeto e retrata o potencial prático de aplicação e utilização da metodologia de planejamento agregado, que se insere dentro do objetivo de integração da cadeia de abastecimento das grandes montadoras do país.

CAPÍTULO 5

O MODELO HEURÍSTICO DE OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO

5. O MODELO HEURÍSTICO DE OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO

5.1. Introdução

Uma vez consolidado o modelo de auxílio ao planejamento, ficaram claros o funcionamento e as variáveis envolvidas no processo de decisão. Dessa maneira achou-se conveniente o desenvolvimento de um modelo complementar de tomada de decisão, que otimizasse o tamanho dos lotes de produção tomando por base os custos associados às campanhas.

O modelo matemático de otimização inicialmente estruturado foi o de minimização do custo (vide anexo B para a formulação matemática completa). A escolha desse modelo se deu porque este é relativamente simples de se modelar e atende às principais variáveis de decisão que o gerenciamento de produção necessita. O software utilizado para a resolução do modelo matemático foi o da LINDO SYSTEMS: *What's Best!*.

No entanto, devido a grande quantidade de itens planejados, e a existência de variáveis binárias para indicar a produção ou não de um determinado item num determinado período, o problema se caracteriza como não linear, apresentando mais de 800 variáveis inteiras por período de planejamento, inicialmente idealizado em seis meses. Tal formulação se mostrou inviável de ser resolvida dentro de um ambiente dinâmico de planejamento.

Buscou-se então uma solução heurística que considerasse igualmente os custos e tempos de produção e *setup* para a determinação de um plano de produção viável dentro do período proposto. Tal solução se baseia num estudo de lotes econômicos de fabricação, que visa otimizar o *trade-off* entre o custo de produção, de *setup* e de estocagem de produtos acabados.

Uma vez proposta a metodologia, serão analisados os resultados, comparando-os principalmente àqueles obtidos no modelo de auxílio à decisão.

5.2. Cálculo do Custo de Produção

Além dos dados já levantados e igualmente utilizados do modelo de auxílio à decisão, para a concepção de um modelo de otimização fez-se necessário levantar

variáveis que permitem ao invés de utilizar regras de cálculo de lote pré-fixadas, otimizar as campanhas de produção visando à redução de custos.

O custo total de produção é composto de quatro fatores: custo de *setup*, custo de matéria-prima, custo de ocupação dos centros de trabalho e custo de estoque.

$$C_T = C_{setup} + C_{MP} + C_{ocup} + C_{est}$$

Os custos de matéria-prima e de ocupação das máquinas crescem proporcionalmente à quantidade produzida. O custo de *setup* é fixo para a campanha, independente de sua dimensão, enquanto o custo de estoque aumenta de acordo com a quantidade produzida.

Esse tópico visa exatamente explicar a maneira como cada um dos componentes do custo total são calculados, bem como evidencia a relação entre eles.

Vale ressaltar, que por motivos de confidencialidade, os dados referentes aos custos dos produtos e da produção, foram multiplicados por fatores de proporcionalidade, omitindo-se assim os valores exatos e reais.

5.2.1. Custo de Setup

Para cada um dos centros de trabalho, é possível associar uma variável de custo por hora de utilização. Essa constante é calculada anualmente pelo departamento financeiro, de acordo com as despesas totais dos centros de custo associados ao funcionamento de cada um dos centros de trabalho. Dessa forma, todos os custos diretos relacionados à execução das atividades, como energia, mão-de-obra, materiais auxiliares, etc, são considerados.

Além do tempo de parada associado ao *setup*, custos de materiais consumíveis e de peças descartadas no início de cada campanha foram quantificados. Obtém-se assim a seguinte formulação do custo total de *setup*:

$$C_{Setup} = T_{setup} * C_{HU} + C_{cons} + C_{arranq} \quad e$$

$$C_{cons} = P_{\zeta desc} * V_{p\zeta s}, \quad \text{onde:}$$

T_{setup} = Tempo de *setup* médio do centro em horas;

C_{HU} = Custo por hora de utilização do centro de trabalho;

C_{cons} = Custo de materiais consumíveis;

C_{arranq} = Custo de arranque em reais;

PC_{desc} = quantidade média de peças descartadas no arranque;

V_{pcs} = valor médio das peças descartadas nessa etapa do processo.

A tabela 11 ilustra o cálculo do custo de *setup* médio para alguns centros de trabalho.

	BBFC	LT3	LT2	LT1	FA200	ESC	BFC	GT	BT	V7
Tempo de Setup (h)	0,75	0,67	0,67	0,67	0,50	0,50	2,00	0,75	0,25	2,00
Custo R\$ / Hora HU	338,01	354,77	250,92	284,97	171,48	143,09	1.865,66	1.998,79	171,19	195,13
Custo de Ocupação	253,51	236,51	167,28	189,98	85,74	71,55	3.731,32	1.499,09	42,80	390,26
Pcs descartadas no arranque	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Valor das pcs descartadas	10,00	3,75	3,75	3,75	5,45	5,45	27,43	23,99	8,85	34,00
Custo do Arranque	49,98	18,77	18,77	18,77	27,23	27,23	823,02	719,67	265,50	1.020,09
Consumíveis (tecido metálico, silkprint...)	-	-	-	-	-	-	463,05	-	-	-
Custo Total do Setup	303,49	255,29	186,05	208,75	112,97	98,77	5.017,39	2.218,76	308,30	1.410,35

Tabela 11. Cálculo do Custo de Setup

5.2.2. Custo de Matéria-Prima

Da extração da lista técnica de cada um dos produtos acabados, é possível saber todas as matérias-primas que o compõem. Agrupando todos esses materiais em três categorias principais, obtemos o seguinte resultado ilustrado na tabela 12:

Resumo do cenário							
	v001	v002	v003	v004	v005	v006	v007
Células variáveis:							
Cod MAGE	v001	v002	v003	v004	v005	v006	v007
Células de resultado:							
Vidro	6,04	7,10	7,10	6,04	7,69	7,69	8,21
MP	9,23	10,28	10,28	7,04	11,71	11,71	11,96
Atelier	4,82	4,82	4,82	4,82	4,90	4,90	4,83

Tabela 12. Custo da Matéria-Prima

Vidro representa a matéria-prima em forma de *traver* ou primitivo, **MP** representa os componentes agregados ao produto durante o processo de fabricação (pasta de prata, esmalte, eventuais componentes de pré-montagem, etc) e **atelier** representa os gastos com embalagens e acomodação dos produtos acabados para o transporte até os consumidores finais.

5.2.3. Custo de Ocupação dos Centros de Trabalho

Para alcançar um indicador confiável dos tempos de parada de cada um dos centros de trabalho, foi necessário dissociar o indicador “tempo de parada” utilizado no modelo de auxílio ao planejamento em dois fatores distintos: o tempo de parada por motivo de *setup*, e o tempo de parada não programada por fatores inerentes à produção. A estrutura de cálculo utilizada é:

$$TP_{corr} = \frac{T_{parada} - T_{setup}}{T_{prod}}, \quad \text{sendo:}$$

$$T_{parada} = TP * T_{prod}, \quad \text{e,}$$

$$T_{prod} = \text{Lote Piloto} * Cad_{CT}. \quad \text{Onde:}$$

TP_{corr} = taxa de parada corrigida;

TP = taxa de parada (ilustrada no modelo de auxílio à decisão);

T_{parada} = tempo de parada em horas;

T_{setup} = tempo de *setup* em horas;

T_{prod} = tempo de produção em horas;

Cad_{CT} = cadência do centro de trabalho.

Dessa forma foi calculado um lote médio de produção dos últimos meses, e dissociada a taxa de parada de acordo com a tabela 13.

Parâmetros											
Lote Piloto para Análise de TP		3.600									
Taxas de Parada		BBFC	LT3	LT2	LT1	FA200	ESC	BFC	GT	BT	V7
	Cadência	162,00	402,00	193,00	193,00	168,00	198,00	136,00	248,00	1.021,00	27,00
	Taxa de Parada	11,6%	9,0%	10,8%	10,8%	20,0%	10,0%	27,4%	17,5%	9,2%	19,1%
	Tempo de Produção	22,22	8,96	18,65	18,65	21,43	18,18	26,47	14,52	3,53	133,33
	Tempo de Parada	2,58	0,81	2,01	2,01	4,29	1,82	7,25	2,54	0,32	25,47
	Taxa de Parada Corrigida	8,2%	1,6%	7,2%	7,2%	17,7%	7,3%	19,8%	12,3%	2,1%	17,6%

Tabela 13. Custo de Ocupação dos Centros de Trabalho

Podemos notar que mesmo a cadência permanecendo inalterada para o centro de trabalho, a taxa de parada corrigida não considera mais o tempo de parada por motivos de *setup* de linha.

O custo de ocupação dos centros de trabalho é então função do tempo de *setup*, da taxa de parada corrigida e do custo de ocupação do centro de trabalho. Sendo assim:

$$C_{ocup} = \left(T_{setup} + \frac{prod_t}{Cad_{CT} \times (1 - TP_{corr})} \right) \times C_{HU}, \text{ onde:}$$

$Prod_t$ = produção em peças no período t.

5.2.4. Custo de Estoque

O custo de estoque corresponde ao custo de oportunidade de estocar produto acabado. Duas considerações são importantes:

- o custo base de oportunidade é a taxa de juros brasileira, acrescida de um pequeno fator interno da companhia. Dessa forma o custo de oportunidade de manter o estoque considerado é de 20% ao ano;
- a demanda é considerada constante e linear no período, ou seja, o estoque médio do período é a média entre o estoque final e o estoque inicial.

A tabela 14 ilustra o cálculo do custo de estoque para o período de um ano de um produto acabado com valor igual a R\$32,08 quando armazenado no PA.

Custo de Manutenção de Estoque	Custo de Capital (ano)	20,0%
	Custo de Capital (dia)	0,050%
	Custo da Peça no PA	32,08
	Custo Financeiro (R\$/pç/ano)	6,42

Tabela 14. Custo de Estoque

5.3. Cálculo do Custo Unitário de Produção

O custo de produção unitário é calculado dividindo-se o custo total de produção pela quantidade de peças produzidas na campanha. Como nos roteiros da Sekurit as peças são processadas por mais de um centro de trabalho, são considerados os custos de ocupação e de *setup* de mais de um centro de trabalho por item produzido.

$$C_{unit} = \frac{C_T}{prod_t} = \frac{\sum C_{setup} + C_{MP} + \sum C_{ocup} + C_{est}}{prod_t}$$

Dessa forma o custo de *setup* associado a cada peça decresce na medida em que a quantidade produzida ou o lote de fabricação aumenta, uma vez que o custo de

setup será absorvido por uma quantidade maior de peças. No entanto o custo de estoque por peça aumenta, uma vez que campanhas maiores terão um período de estocagem maior.

Para avaliar o comportamento conjunto dessas variáveis foi criada uma planilha de cálculo em Excel, que acompanha a evolução dos custos de produção para cada um dos itens produzidos pela empresa, de acordo com o aumento das campanhas de fabricação.

Na figura 23, podemos observar a curva de evolução de custo unitário de produção de diversos vigias, agrupados de acordo com o modelo do veículo aos quais são montados. 100% na escala Y representa o custo standard do produto calculado pelo financeiro, utilizado na definição do preço e na cotação de novos itens para diversos clientes.

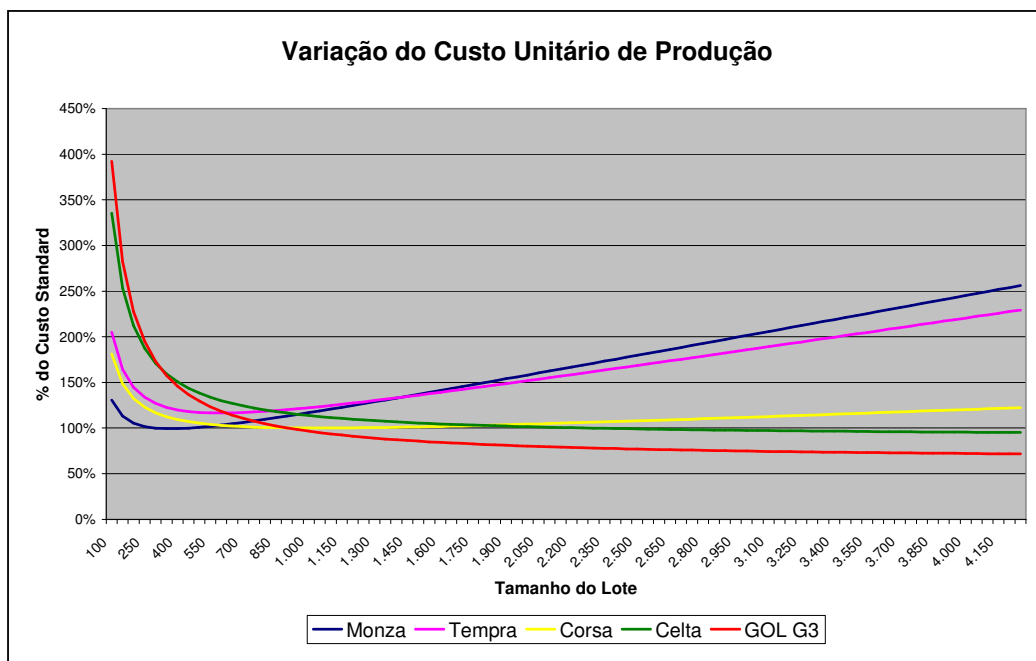


Figura 23. Variação do Custo Unitário de Produção

Os veículos Monza, Tempra, Corsa, Celta e Gol geração III, aparecem, respectivamente, em ordem crescente de previsão de demanda. Sendo assim, podemos reparar que quanto maior a demanda do item, menor a recuperação da curva de custo unitário de produção, sugerindo que o aumento de estoques dos produtos de

baixo giro, não é compensado com a mesma intensidade de redução nos custos de *setup*.

5.4. A Proposta do Modelo Heurístico

Através do gráfico do custo unitário de fabricação descrito anteriormente, pudemos encontrar o ponto de inflexão da curva, ou o ponto de mínimo custo de produção unitário, para cada um dos itens produzidos através do processo de tempera da Sekurit. Dividindo-se a previsão de demanda anual do item, pelo tamanho do lote econômico, é possível calcular a quantidade anual de lotes de fabricação ideal para cada um dos 850 itens considerados no planejamento.

A estratégia de planejamento adotada na heurística proposta se baseia na constituição de três grupos, explicados a seguir.

- **Grupo 1:** Itens com mais de 8 lotes ideais de produção por ano. Têm sua produção planejada em lotes mensais;
- **Grupo 2:** Itens com produção ideal entre 5 e 8 lotes por ano. Têm produção planejada em lotes bimestrais;
- **Grupo 3:** Itens com produção ideal de até 5 lotes por ano. Têm produção planejada em lotes trimestrais.

Visando balancear a produção, os grupos 2 e 3 foram divididos respectivamente nos subgrupos 2a e 2b e 3a, 3b e 3c. A tabela 15 ilustra a divisão em subgrupo de alguns itens conforme a heurística proposta de planejamento.

PRODUÇÃO TEMPERADO					
ITEM	Lote Economico	Demanda Anual	Produções/ano	Demanda Mensal	N. Lotes
37321	8.912	147.200	16,52	12.267	1
18791	3.681	29.500	8,01	2.458	1
18781	3.647	29.000	7,95	2.417	2a
33321	3.625	28.677	7,91	2.390	2b
35231	2.109	10.715	5,08	893	2a
23941	2.075	10.400	5,01	867	2b
12781	2.053	10.200	4,97	850	3a
24341	2.053	10.200	4,97	850	3b
36701	2.045	10.128	4,95	844	3c
32231	231	192	0,83	16	3a
37822	228	188	0,82	16	3b
1582	226	184	0,82	15	3c

Tabela 15. Subgrupos de Planejamento

Dessa forma, cada um dos períodos de planejamento irá produzir uma combinação específica de itens. A tabela 15 ilustra exatamente as 6 combinações possíveis dentro do horizonte de planejamento de 6 meses.

Período	M	M+1	M+2	M+3	M+4	M+5
Subgrupos Produzidos	1, 2a, 3a.	1, 2b, 3b	1, 2a, 3c.	1, 2b, 3a.	1, 2a, 3b.	1, 2b, 3c.


Tabela 16. Heurística de Produção dos Itens

Alguns aspectos importantes dessa heurística merecem ser comentados:

- **Sensibilidade à variação da demanda:** sendo observada uma variação futura na previsão de vendas de determinado item, seu lote econômico será alterado e conseqüentemente o grupo onde está inserido. Dessa forma o modelo é sensível à variação da demanda, sendo esse um fator importante na tomada de decisão;
- **Redução do Custo Total:** o modelo, apesar de não ser otimizante, está completamente baseado e estruturado numa política de redução do custo total de fabricação. Dessa forma, o custo de oportunidade de manutenção de estoque e o custo de produção (de *setup* e de ocupação dos centros de trabalho) são minimizados ao se respeitar a metodologia de criação dos grupos e subgrupos de produção;
- **Adequação a Capacidade Instalada:** a principal fonte de melhoria da produtividade proposta na heurística de planejamento é o correto agrupamento dos itens produzidos, visando possibilitar uma redução dos tempos de *setup* e conseqüentemente de parada dos centros de trabalho. Sendo assim, a constituição dos grupos e subgrupos e seus respectivos volumes de produção de forma adequada, é a garantia de viabilidade do plano mestre de produção vis-à-vis à capacidade instalada na fábrica.

5.5. Entrada de Dados

Não muito diferente do que foi feito no modelo de auxílio à decisão, o modelo heurístico possui parâmetros que servem como base para a análise de capacidade. Repare na figura 24 as alterações na parametrização com relação ao modelo anterior: foi dissociada a taxa de parada programada em taxa de parada corrigida (representando o tempo médio de paradas não programadas) e tempo médio de *setup* do centro de trabalho, e a cadência sofreu ligeiro aumento, uma vez que passa a representar a cadência instantânea⁴ média da máquina.



PARAMETRIZAÇÃO DO SISTEMA DE PLANEJAMENTO SEKURIT-MAUÁ

CRP - Capacity Requirement Planning

Horizonte de Planejamento

Início do Planejamento	1/ago/04
Período de Planejamento (meses)	6
Final do Planejamento	31/1/2005

Cálculo de Capacidade

Mês	Dias Úteis (6x1)
ago-04	26
set-04	26
out-04	25
nov-04	25
dez-04	24
jan-05	23
fev-05	26

VARIÁVEIS

Descrição	Valor
Duração de um turno (h)	8,0

CENTROS DE TRABALHO

Dados dos Centros de Trabalho

Nome	Cadência	Rend	Regime	Turnos	Taxa Parada Corrig	Setup (h)
BT	1150	97,2%	2	3	1,2%	0,25
GT	278	95,0%	1	2	11,7%	0,75
BFC	174	94,0%	2	3	17,7%	2,00
V-7	31	93,9%	1	1	17,4%	2,00
LT 1	206	95,7%	2	3	7,0%	0,67
LT 2	206	95,7%	2	3	7,0%	0,67
LT 3	412	95,5%	2	3	1,4%	0,67
BBFC	172	92,3%	2	3	8,0%	0,75
R2FA200	180	95,7%	2	3	17,5%	0,50
R2ESC	209	99,0%	2	3	7,1%	0,50

Legenda do Regime

Valores	Descrição
1	6 x 1
2	6 x 2

Figura 24. Parametrização do Modelo Heurístico

As demais entradas do sistema continuam as mesmas: a carteira para o horizonte de planejamento de seis meses provém dos EDI's, os roteiros foram extraídos do SAP, as famílias, produtos e centros de trabalho continuam os mesmos.

Uma única consideração foi feita para que não se prejudicasse a estimativa de produção para o último mês: a carteira do sétimo e do oitavo mês são uma repetição do sexto mês, permitindo que a produção planejada para o último mês, principalmente dos itens bimestrais e trimestrais, não seja subestimada por falta de dados.

⁴ No modelo de auxílio à decisão, foi utilizado o conceito de cadência média, que considera o tempo de parada dos centros de trabalho. No modelo heurístico, a parametrização considera a cadência instantânea do equipamento, sendo as taxas de parada e o tempo de setup considerados separadamente

5.6. Análise dos Resultados

Muito análogo à filosofia de análise de capacidade do modelo de auxílio à decisão, o fundamental no modelo é se certificar que o plano proposto de produção é coerente às restrições e às condições de trabalho de cada um dos centros. A figura 25 ilustra como o cálculo de carteira, produção e estoque são feitos para alguns dos itens nos primeiros três meses de planejamento. Observe que dependendo do estoque atual do item e do subgrupo ao qual pertencem, alguns períodos de falta podem ser observados até que o regime heurístico de produção se estabilize. Os itens do subgrupo a, b e c serão produzidos respectivamente nos meses de agosto, setembro e outubro, sendo os itens pertencentes ao grupo 1 passíveis de serem produzidos em todos os períodos.

Além disso, para cada um dos itens, foi definido um estoque de segurança que visa proteger o nível de atendimento ao cliente quando de uma eventual flutuação da demanda. Esse nível mínimo de estoque será sempre mantido em estoque, salvo nos períodos iniciais de implantação do regime.

PRODUÇÃO TEMPERADO						Data	1-ago-04			1-set-04			1-out-04		
ITEM	FORNC	CORTE	# Lotes	Est Seg	Backorder	Est. PA	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque
21611	BT	LT 1	3c	123	-	1.272	510	-	762	340	-	422	340	891	973
21581	BT	LT 2	3a	123	-	694	510	619	803	340	-	463	340	-	123
21591	BT	LT 2	3b	123	-	451	510	-	(59)	340	1.287	888	340	-	548
231	BT	LT 2	1	1.014	-	2.652	3.850	2.212	1.014	3.300	3.300	1.014	2.700	2.700	1.014
241	BT	LT 2	1	1.023	-	2.341	3.900	2.582	1.023	3.300	3.300	1.023	2.750	2.750	1.023
12761	BT	LT 3	2a	423	-	2.707	1.362	668	2.013	1.590	-	423	1.200	2.676	1.899
12771	BT	LT 3	2b	411	-	2.484	1.325	-	1.159	1.487	1.964	1.636	1.225	-	411
12781	BFC	BBFC	3a	255	-	525	900	2.280	1.905	825	-	1.080	825	-	255
13681	BT	LT 2	1	1.737	111	2.280	6.417	5.985	1.737	5.302	5.302	1.737	5.544	5.544	1.737
14291	BT	LT 3	1	1.646	2.447	1.842	5.951	8.202	1.646	5.304	5.304	1.646	5.300	5.300	1.646
30321	BFC	BBFC	3a	8	110	174	2	32	94	43	-	51	43	-	8

Figura 25. Plano heurístico de produção detalhado

Como resultado da soma dos produtos processados por cada um dos centros de trabalho, tem-se a análise de capacidade ilustrada na figura 26. Repare que todos os centros de trabalho estão com capacidade ocupada igual ou inferior a nominal, não apresentando estouro de capacidade produtiva. Tal otimização se deve a redução do tempo despendido com *setup* em cada período e conseqüentemente aumento de horas trabalhadas para produção efetiva em cada centro de trabalho.

PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO				Data	ago-04			set-04			out-04		
					31			30			31		
					Dias Úteis			26			25		
Centro	Regime	Turnos	Tx Parada Corrigida	Estoque PA	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque
BT	2	3.0	1,21%	376.806	602.873	487.662	243.893	565.768	571.337	249.462	528.852	536.722	257.332
			Ocupação (h)		70%	518	OK	86%	613	OK	78%	576	OK
GT	1	2.0	11,71%	50.880	72.053	50.466	28.748	57.710	60.051	31.089	53.237	59.992	37.844
			Ocupação (h)		64%	235	OK	77%	282	OK	81%	287	OK
BFC	2	3.0	17,73%	52.506	78.887	56.484	28.728	69.024	74.938	34.642	63.070	73.444	45.016
			Ocupação (h)		72%	443	OK	99%	587	OK	96%	585	OK
V-7	1	1.0	17,38%	910	165	55	800	275	318	843	275	493	1.060
			Ocupação (h)		4%	6	OK	16%	27	OK	22%	36	OK
LT 1	2	3.0	6,99%	69.378	117.055	92.567	41.960	105.556	108.197	44.600	107.882	115.529	52.248
			Ocupação (h)		76%	527	OK	92%	618	OK	95%	659	OK
LT 2	2	3.0	6,99%	98.400	107.362	77.668	64.074	97.332	98.048	64.790	91.668	93.210	66.332
			Ocupação (h)		58%	400	OK	88%	587	OK	80%	551	OK
LT 3	2	3.0	1,37%	157.670	248.946	192.400	92.294	230.594	229.374	91.074	209.941	211.275	92.408
			Ocupação (h)		69%	509	OK	95%	677	OK	85%	627	OK
BBFC	2	3.0	8,02%	65.636	97.807	72.825	39.079	85.266	88.714	42.527	78.202	91.276	55.601
			Ocupação (h)		70%	477	OK	96%	639	OK	98%	668	OK
R2FA200	2	3.0	17,50%	44.587	65.386	45.366	24.557	70.410	71.782	25.929	61.255	62.137	26.811
			Ocupação (h)		43%	263	OK	75%	447	OK	63%	385	OK
R2ESC	2	3.0	7,10%	45.286	117.246	113.560	39.955	103.499	110.476	46.932	96.346	97.154	47.740
			Ocupação (h)		74%	511	OK	89%	596	OK	76%	528	OK

PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO				nov-04			dez-04			jan-05			fev/mar-05
				31			31			23			
				24			24			23			
Centro	Regime	Turnos	Tx Parada Corrigida	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque	Carteira	Produção	Estoque	Carteira
BT	2	3.0	1,21%	584.568	585.931	258.695	584.321	583.687	258.062	553.199	551.004	255.867	602.873
			Ocupação (h)		85%	625	OK	85%	626	OK	80%	589	OK
GT	1	2.0	11,71%	64.882	65.755	38.717	64.882	58.750	32.585	56.933	64.467	40.119	72.053
			Ocupação (h)		90%	305	OK	80%	271	OK	95%	309	OK
BFC	2	3.0	17,73%	73.986	68.260	39.291	73.956	77.368	42.703	67.319	68.480	43.864	78.887
			Ocupação (h)		91%	556	OK	99%	604	OK	91%	554	OK
V-7	1	1.0	17,38%	220	50	890	220	210	880	275	275	880	165
			Ocupação (h)		4%	6	OK	14%	22	OK	18%	27	OK
LT 1	2	3.0	6,99%	111.306	110.822	51.764	111.306	109.301	49.759	107.281	110.455	52.933	117.055
			Ocupação (h)		91%	632	OK	90%	622	OK	92%	633	OK
LT 2	2	3.0	6,99%	102.594	104.776	68.514	102.347	103.742	69.909	98.574	94.446	65.780	107.362
			Ocupação (h)		89%	619	OK	89%	618	OK	80%	555	OK
LT 3	2	3.0	1,37%	239.770	239.418	92.056	239.770	238.702	90.968	223.906	227.087	94.170	248.946
			Ocupação (h)		95%	700	OK	95%	699	OK	92%	672	OK
BBFC	2	3.0	8,02%	91.567	87.890	51.924	91.537	91.682	52.070	82.445	84.419	54.044	97.807
			Ocupação (h)		94%	645	OK	96%	658	OK	91%	623	OK
R2FA200	2	3.0	17,50%	67.898	67.932	26.844	67.898	68.157	27.103	66.461	66.077	26.720	65.386
			Ocupação (h)		69%	422	OK	69%	426	OK	66%	408	OK
R2ESC	2	3.0	7,10%	110.373	108.903	46.270	110.373	108.361	44.258	98.931	101.643	46.971	117.246
			Ocupação (h)		85%	586	OK	85%	587	OK	80%	550	OK

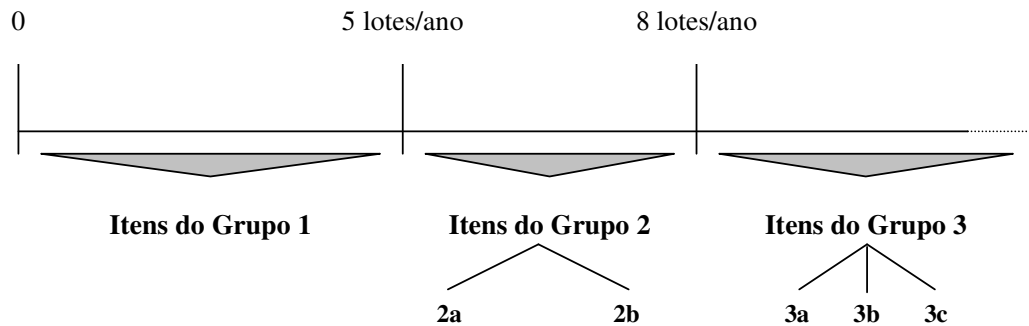
Figura 26. Análise de Capacidade do Modelo Heurístico

5.7. Metodologia de Ajuste da Saturação

De acordo com a descrição anterior, temos três grupos de produtos que serão produzidos a cada um, dois ou três meses. Quanto mais produtos pertencerem ao grupo 3, menos *setups* serão necessários para a produção; quanto mais produtos pertencerem ao grupo 1, mais *setups* serão necessários, ocasionando uma maior saturação e uma redução dos níveis de estoque.

No entanto, existe uma heurística de redução de custos a ser implementada. Dessa forma, a faixa de valores que define os itens que farão parte de um grupo ou de outro é o principal parâmetro para ajuste da capacidade. A figura 27 ilustra a configuração proposta para a obtenção dos resultados acima.

Eventualmente, a critério do planejador, é possível ao invés de alterar os limites inferiores e superiores de cada grupo, transferir um item específico, gerando maior flexibilidade em cenários esporádicos.



Sentido de deslocamento dos itens dentro dos grupos:

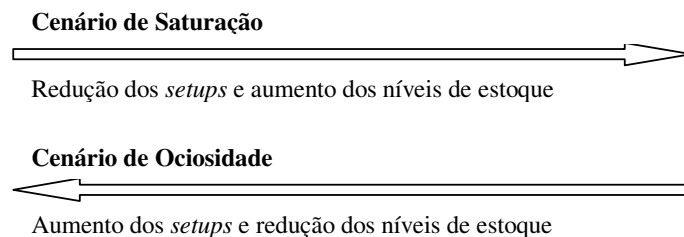


Figura 27. Constituição dos Grupos de Planejamento

Existe dessa forma uma classificação dos itens em ordem crescente de acordo com a quantidade de lotes ideais que devem ser produzidos por ano. Essa metodologia gera uma coerência e uma continuidade nos cálculos que permite que eventuais incertezas nos valores das diversas variáveis de cada item produzido, sejam minimizadas durante toda a heurística de planejamento proposta.

5.8. Conclusões

Pudemos perceber que o modelo heurístico de planejamento propõe uma metodologia de trabalho muito válida, uma vez que permite a geração de um plano mestre de produção condizente com a realidade onde está inserido. A metodologia, uma vez estruturada, é de fácil implementação e acompanhamento, permitindo que sejam considerados em conjunto fatores estrategicamente importantes para a tomada de decisão, como o custo total da produção e o nível de serviço e atendimento ao cliente.

O período inicial de implantação, caracterizado pelo primeiro ciclo de produção de todos os subgrupos (os 3 primeiros períodos de planejamento), aponta

para uma ruptura de estoque de alguns itens, uma vez que o estoque hoje constituído não é suficiente para cobrir a nova política de produção proposta.

Mais importante do que isso é analisar a otimização do estoque e a redução do capital de giro, que passa a ser constituído não mais em função do roteiro dos produtos, mas em função da previsão de demanda. Tal metodologia permite uma clara redução dos níveis de armazenamento nos períodos, sem necessariamente reduzir o nível de atendimento. A definição de estoques de segurança confiáveis e condizentes com o real dinamismo do ambiente de produção da Sekurit passa a ser um novo desafio, e papel de extrema importância na execução das atividades produtivas.

Observe na tabela 17 a redução do nível de estoque das peças, separada pelo centro de trabalho final do processo produtivo. Os meses de agosto e setembro apresentam um baixo nível de estoque, principalmente devido à incapacidade de produção de alguns itens classificados em subgrupos b e c. Após esses três meses iniciais o estoque se recompõe e, em regime dinâmico de funcionamento, a redução de estoque é da ordem de 30%.

	jul-04	ago-04	set-04	out-04	nov-04	dez-04	jan-05
Centro	Estoque PA	Estoque	Estoque	Estoque	Estoque	Estoque	Estoque
BT	376.806	243.893	249.462	257.332	258.695	258.062	255.867
GT	50.880	28.748	31.089	37.844	38.717	32.585	40.119
BFC	52.506	28.728	34.642	45.016	39.291	42.703	43.864
V-7	910	800	843	1.060	890	880	880
TOTAL	481.102	302.169	316.035	341.252	337.593	334.230	340.730

Tabela 17. Comparativo de Estoque

Essa preocupação com o capital de giro deve se estender também à compra de matérias-primas e componentes. Porém, dentro de uma cadeia interna de informação e planejamento, se o PPCP não planejar a produção de maneira estável, é evidente que por maior que seja o esforço da equipe de compras, o objetivo não será atendido.

Sendo assim a contribuição do modelo heurístico ao funcionamento da empresa é grande, e pode sim auxiliar uma implantação futura do sistema MRP integrado ao ERP da empresa, que desde o início foi a principal motivação do projeto.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES FINAIS

6. CONCLUSÕES FINAIS

6.1. Contribuições do Trabalho

A necessidade de viabilizar o plano mestre de produção vis-à-vis à capacidade instalada e o regime de trabalho adotado se mostrou um grande potencial de melhoria para a Saint-Gobain Sekurit, principalmente se integrada ao MRP.

Analisando o resultado dos dois modelos propostos, seria possível prometer datas de entrega mais reais, estimar a real velocidade de reação da produção frente a variações de demanda e problemas de produção, propondo um ganho de confiabilidade no processo de planejamento.

O modelo de auxílio à decisão atuou principalmente sobre a eficiência do planejamento de produção, permitindo analisar e gerenciar a “cultura” de planejamento hoje adotada, de forma centralizada. Foi criada uma ferramenta que agiliza o processo de planejamento, que centraliza os parâmetros e as principais variáveis que influenciam a tomada de decisão, permitindo um cálculo rápido e seguro do plano de produção e da saturação dos centros de trabalho, sendo mesmo possível observar os gargalos e propor roteiros alternativos de produção.

O modelo heurístico de tomada de decisão foi desenvolvido através da proposição de uma nova metodologia de planejamento, que visa reduzir os custos totais de produção. Nesse contexto o segundo modelo proposto atua diretamente sobre a eficácia da organização, permitindo introduzir conceitos da engenharia de produção que visam aumentar a rentabilidade do negócio, melhorando o aproveitamento dos recursos escassos de produção.

Por outro lado é evidente que introduzir um modelo como esse em ambiente de produção requer uma alteração muito forte na cultura e nos procedimentos hoje já bastante solidificados entre diversas áreas, não sendo assim possível verificar os resultados práticos e reais desse modelo.

6.2. Ganhos Pessoais

Sem dúvida alguma, a exposição a um ambiente profissional, com pressões por resultados e respostas rápidas, foi um dos aspectos mais marcantes para o desenvolvimento desse trabalho. Dentro do ambiente acadêmico tive uma fonte

muito rica de técnicas e metodologias muitas vezes distantes do ambiente onde estava imerso; por outro lado, foi na Sekurit que encontrei uma real oportunidade de colocar em prática a formação adquirida em Engenharia de Produção.

Daí surgiu uma rica experiência pessoal que mostrou que tão importante quanto saber o que fazer, é saber como fazer, conhecimento esse que só pode provir da experiência e da prática da profissão.

Ao final me sinto orgulhoso da sólida formação e confiança que adquiri durante esses anos de Escola Politécnica e muito motivado para encarar e me enriquecer com as experiências profissionais, que espero venham, intensamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORRÊA, HENRIQUE; GIANESI, IRINEU. Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP. 3ª edição. São Paulo: Ed. Atlas, 2000.
 - DIAS, MARCO AURÉLIO P.. Administração de Materiais: Uma Abordagem Logística. 4ª edição. São Paulo: Ed. Atlas, 1993.
 - FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS E EMPRESARIAIS. Lisboa. Planejamento Agregado. Disponível em: <<http://www.doc.fcee.ucp.pt/fcee/users/fve/files>>. Acesso em: 10 de abr. 2004.
 - FULLMANN, CLAUDINEY et al. MRP/MRP II, MRP III (MRP + JIT + Kanban) OPT e GDR. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais (IMAM), 1989.
 - ITO, MARCIO. Planejamento Agregado da Produção em uma Indústria de Elevadores. Trabalho de Formatura da EPUSP. São Paulo, 1997.
 - JACOB NETO, ADIB. Definição de uma Metodologia de Implantação para sistemas MRPII. Trabalho de Formatura da EPUSP. São Paulo, 1993.
 - LAUGENI, FERNANDO PIERO. Contribuição a Especificação Funcional do MRP/MRPII. Uma Aplicação em ERP. Dissertação de Mestrado da EPUSP. São Paulo, 2000.
 - MALAGUTTI, PAULO LOFRANO. Parametrização de um Sistema MRP II em uma Indústria Têxtil. Trabalho de Formatura da EPUSP. São Paulo, 1995.
 - MARTINS, PETRÔNIO GARCIA; CAMPOS, PAULO RENATO. Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais. São Paulo: Ed. Saraiva, 2000.
 - ODEN, HOWARD W. Handbook of Material and Capacity Requirements Planning. New York: McGraw-Hill, 1993.
 - PEREIRA, FABIO L. A. Sistema de Planejamento Agregado em uma Indústria de Autopeças. Trabalho de Formatura da EPUSP. São Paulo, 1996.
 - SANTORO, M. C. Planejamento, Programação e Controle da Produção. Apostilas, São Paulo, 2001.
 - SCOTT, B. Manufacturing planning systems. London. McGraw-Hill. 1994.
-

- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. São Paulo: Ed. Atlas, 1997.
- WIGHT, OLIVER W. Manufacturing Resource Planning: MRP II. Revised Edition. Essex Junction: Oliver Wight Publications, 1984.

ANEXOS

ANEXOS**A. Histórico do grupo Saint-Gobain no Brasil**

1937	<ul style="list-style-type: none">• Fundação da Companhia Metalúrgica Barbará com fabricação de tubos de ferro fundido centrifugado.• Fundação da Brasilit com fabricação de tubos de concreto e produtos de fibrocimento (a partir de 1940).
1960	<ul style="list-style-type: none">• Aquisição da Santa Marina, empresa fundada em 1896 para a fabricação de garrafas.
1971	<ul style="list-style-type: none">• Incorporação das Indústrias Reunidas Vidrobrás pela Santa Marina, trazendo importante parque industrial para fabricação de vidros planos e fibras de vidro.
1974	<ul style="list-style-type: none">• Constituição da CEBRACE - Cia Brasileira de Cristal, pela Santa Marina (52,5%) em associação com a Providro – Cia Produtora de Vidro (47,5%), para a fabricação de vidro cristal "Float".
1976	<ul style="list-style-type: none">• Criação da Santa Susana Mineração (empresa fornecedora de matérias para a indústria vidreira).
1987	<ul style="list-style-type: none">• Constituição de duas importantes <i>joint-ventures</i> pela Santa Marina com a Cisper: a RIMISA (Vidraria Rio Minas) e a SUBRASA (Vidraria Sul Brasil).
1990	<ul style="list-style-type: none">• Inauguração da segunda unidade de fabricação de cristal Float da CEBRACE, em Caçapava (SP).• Aquisição do grupo internacional Norton, líder no campo dos abrasivos e que possui no Brasil a empresa Norton S.A. Ind. e Com. Ltda.
1991	<ul style="list-style-type: none">• Inauguração de mais uma fábrica da Santa Marina em Capivari (SP) para a produção de fibras de reforço Vetrotex®.
1992	<ul style="list-style-type: none">• Constituição de mais uma importante parceria, a Eterbrás Tec Industrial Ltda., <i>joint-venture</i> entre a Brasilit (55%) e a Eternit (45%) para a produção de telhas e caixas d'água de fibrocimento.

1996	<ul style="list-style-type: none">• Centenário da Companhia Vidraria Santa Marina.• Inauguração da terceira unidade Float da CEBRACE, em Jacareí (SP).• Aquisição da Carborundum Abrasivos Ltda., produtora de rebolos e lixas, e também da Carborundum do Brasil Ltda., fabricante de produtos refratários de alta performance e fibras cerâmicas, até então, não produzidas no Brasil pela SAINT-GOBAIN.
1997	<ul style="list-style-type: none">• Aquisição da Winter do Brasil Ferramentas Diamantadas e de Bornitrid Ltda.• Aquisição da Argamassas Quartzolit Ltda., líder brasileira de cimentcola e argamassas industriais.
1998	<ul style="list-style-type: none">• Aquisição da Fundição Aldebarã Ltda., fabricante brasileiro de conexões de ferro fundido para canalizações de água e esgoto em ferro fundido.
1999	<ul style="list-style-type: none">• Aquisição da Norton Cerâmicas Avançadas Ltda., fabricante de produtos em cerâmica de alta alumina.• Aquisição da Casil Indústria e Comércio Ltda., que fabrica Carbureto de Silício.
2000	<ul style="list-style-type: none">• Criação Saint-Gobain Abrasivos Ltda., pela fusão das empresas Norton, Carborundum Abrasivos e Winter.• Aquisição da Keramus Cerâmicas Especiais Ltda., fabricante de produtos em cerâmica.• Aquisição da Chemfab do Brasil Ltda., fabricante de tecidos de fibra de vidro revestidos com resinas de fluorcarbono PTFE (Poli-Tetra-Fluor-Etileno).• Aquisição de Construmega - Megacenter da Construção Ltda. rede de distribuição de materiais de construção conhecida pela marca TELHANORTE.
2001	<ul style="list-style-type: none">• Incorporação da Norton Cerâmicas Avançadas Ltda. e da Keramus Cerâmicas Especiais Ltda. Pela Saint-Gobain Cerâmicas & Plásticos Ltda.• Incorporação da Santa Susana Mineração Ltda pela Mineração Jundu Ltda.
2002	<ul style="list-style-type: none">• Incorporação da Chemfab do Brasil Ltda pela Saint-Gobain Ceramics & Plásticos Ltda.

2003	<ul style="list-style-type: none">• Incorporação da Fundação Aldebarã Ltda. pela Saint-Gobain Canalizações S.A.
------	---

Tabela 18. Histórico do Grupo Saint-Gobain no Brasil

B. Modelo Matemático de Custo Linear

O modelo de otimização de custo proposto utilizado é o de Buffa/Miller. A formulação da função objetivo, bem como das restrições do modelo, são, respectivamente:

$$\text{Minimizar} \quad C(P) = \sum_{a=1}^n \sum_{t=1}^m (s_a \times S(P_{at}) + c_a \times P_{at} + e_a \times I_{at}) \quad (1)$$

Sujeito a:

$$I_{a,t-1} + P_{at} - I_{at} = C_{at} \quad a = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$t = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\sum_{a=1}^n (r_{ak}^s \times S(P_{at}) + r_{ak}^p \times P_{at}) \leq R_{kt} \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

$$P_{at}, I_{at} \geq 0 \quad (5)$$

$$S(P_{at}) = 0 \quad \text{se} \quad P_{at} = 0$$

$$S(P_{at}) = 1 \quad \text{se} \quad P_{at} > 0 \quad (6)$$

Onde:

$C(P)$ = custo total de produção e armazenagem;

P_{at} = Produção do item a no período t;

I_{at} = Inventário do item a no final do período t;

$S(P_{at})$ = Variável que indica custo de *setup* do item a no período t quando $P_{at} > 0$;

e_a = custo unitário de estoque do item a;

c_a = custo unitário de produção do item a;

s_a = custo de *setup* do item a;

C_{at} = carteira de produção do item a no período t;

r_{ak}^s = absorção de capacidade para o *setup* do item a no recurso k;

r_{ak}^p = absorção de capacidade unitária para a produção do item a no recurso k;

R_{kt} = capacidade do recurso k no período t;

K = número do recurso;

m = número de períodos (horizonte de planejamento);

n = número de itens.

Essa formulação desagregada do programa mestre de produção pode ser considerada apropriada quando o nível de atividade de cada centro de trabalho (recursos k) tenha sido previamente estabelecido para todo o horizonte de planejamento. Essas limitações de recursos e de capacidades podem ser iguais aos valores de planejamento adotado no modelo de auxílio a decisão.

Vale ressaltar que essa formulação não admite o aparecimento de *back-orders* ao longo do planejamento, sendo toda a carteira do período atendida.
