

WAGNER ALEXANDER DE SÁ GRAMIGNA

**Planejamento Agregado de Produção
em uma Empresa do Setor Alimentício**

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

Orientador:

Prof. Dr. Hugo Yoshizaki

São Paulo

2002

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu gostaria de agradecer a Deus por toda a proteção, capacitação e por me amparar nas horas de dificuldades, sempre me mostrando o melhor caminho. E também gostaria agradecer à Nossa Senhora pela interseção de mãe.

Também gostaria de agradecer aos meus pais Idivaldo e Maria Lúcia por todos os constantes esforços, apoio, valores e ensinamentos que me permitiram estar onde estou hoje.

Gostaria de agradecer também meu irmão Wladimir pela orientação e minha avó Alzira pelo apoio e atenção. Também gostaria de agradecer ao meu avô Armando que hoje olha por mim...

Ainda gostaria de agradecer à minha namorada Flávia pela atenção, carinho e, sobretudo pela excelente convivência.

Gostaria de agradecer também ao professor Hugo pela orientação, ensinamentos e pela paciência e compreensão.

Também gostaria de agradecer a todos os meus amigos e companheiros de A Saidera, pelas discussões, churrascos e noites de estudo.

Por fim, também gostaria de agradecer a todos os colegas de Kibon, em especial a Andréa Yaegashi e Leandro Kiyuzato, pelo ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O trabalho trata do desenvolvimento de um modelo de planejamento agregado de produção para uma empresa do setor alimentício, que fabrica sorvetes. Seu objetivo principal é reduzir o custo total relativo à produção e estocagem dos produtos comercializados. A fabricação de sorvetes nesta empresa segue um modelo de produção Intermittente Repetitiva, formando famílias de sorvetes. Foram levantados dados referentes à demanda, custos, tempos de fabricação, capacidade de máquinas e tamanho de lotes. A modelagem do sistema de planejamento agregado de produção foi feita com base em um modelo matemático de mínimo custo, utilizando-se de um software dedicado na resolução destes tipos de problemas. A partir do modelo desenvolvido será alimentado o módulo MPS (*Master Production Schedule*) que terá como função desagregar o plano de produção proveniente do planejamento agregado. Ao final, são feitas análises da situação atual e algumas projeções de alteração da demanda, verificando principalmente os resultados do plano de produção, previsão de faltas e carga de trabalho nos centros produtivos.

ABSTRACT

This study evolves the development of an aggregate production planning in a nourishing company, which produces ice creams. The main objective is to reduce the total cost related to the production and storage of commercial products. The ice cream manufacturing in this company follow an intermittent and repetitive production model, which creates ice cream families. Information about demand, costs, production times, equipment's capacity and lot sizing were considered. The modeling of the aggregate production planning was done based in a minimum cost mathematical model, using a dedicated software which is proper to solver this kind of problem. From this model, the MPS (Master Production Scheduling) module will be in charge of desegregating the production planning provided by the aggregating planning. Finally, analysis of the real situation and projections of changes in the demand curves are done mainly to verify the production planning results, stock out estimates and utilization of productive centers.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 INTRODUÇÃO	9
2. A EMPRESA	11
2.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	12
2.2 A UNILEVER	12
2.3 A KIBON	14
2.4 PRODUTOS	16
2.4.1 LINHAS DE PRODUTOS	17
2.5 SISTEMA DE PRODUÇÃO	18
2.5.1 MINI-FÁBRICAS	21
2.6 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	22
2.7 PLANEJAMENTO LOGÍSTICO	23
2.7.1 PROCESSO DE PREVISÃO DE DEMANDA	23
2.7.2 PROCESSO DE PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO	25
3. REVISÃO TEÓRICA	28
3.1 INTRODUÇÃO	29
3.2 HIERARQUIA DE PLANEJAMENTO	29
3.2.1 TIPOS DE PRODUÇÃO E MODELOS DE PLANEJAMENTO	31
3.3 PLANEJAMENTO AGREGADO DE PRODUÇÃO	34
3.3.1 ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DE PLANEJAMENTO	37
3.3.2 MODELOS DE PLANEJAMENTO AGREGADO	42
3.4 SISTEMAS DE CUSTOS	44
3.5 CONCLUSÃO	45
4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO	46

4.1 INTRODUÇÃO	47
4.2 CONCEPÇÃO DO MODELO	47
4.3 MODELO MATEMÁTICO	49
4.3.1 DIFERENÇAS PARA O MODELO GENÉRICO	52
5. OBTENÇÃO DOS DADOS PARA O PLANEJAMENTO AGREGADO	54
5.1 INTRODUÇÃO	55
5.2 PRODUTOS	56
5.2.1 FAMÍLIA DE PRODUTOS PARA O PLANEJAMENTO AGREGADO	57
5.3 DEMANDA	59
5.3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS DE DEMANDA	60
5.4 CENTROS DE TRABALHO	61
5.5 CUSTOS	63
5.5.1 SISTEMA DE CUSTOS NA KIBON	63
5.6 OBTENÇÃO DOS DADOS	67
5.7 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO NO SOFTWARE	68
6. RESULTADOS E ANÁLISES	70
6.1 RESULTADOS	71
6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS	72
6.2.1 PRODUÇÃO, ESTOQUE E FALTA	73
6.2.2 HORAS NORMAIS E EXTRAS	76
6.3 COMPARAÇÃO DE CUSTOS	77
6.4 ANÁLISE COM VARIAÇÃO DA DEMANDA	79
6.5 MELHORIA DE ATENDIMENTO DA DEMANDA	81
6.6 INTERFACE COM O SISTEMA MPS	83
7. CONCLUSÕES	84
7.1 CONCLUSÕES FINAIS	85
7.2 POSSÍVEIS TRABALHOS FUTUROS	86

8. BIBLIOGRAFIA

88

8.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

89

Índice de Figuras

Figura 2.1.Unidades de Negócio da Unilever Brasil	13
Figura 2.2 Plantas Fabris da Unilever Brasil	13
Figura 2.3 Localização das plantas fabris da Kibon	15
Figura 2.4 Processos Internos	16
Figura 2.5 Processo de Produção do Sorvete	18
Figura 2.6 Conceitos do Projeto de Mini-Fábricas	22
Figura 2.7 Funções de Planejamento Logístico	23
Figura 3.1 Hierarquia de Planejamento	29
Figura 3.2 Relacionamentos no Processo de Planejamento de Produção	35
Figura 3.3 Demanda	37
Figura 3.4 Plano 1 x Plano 2	38
Figura 3.5 Plano 3	39
Figura 3.6 Plano 4	40
Figura 3.7 Plano 5	41
Figura 4.1 Proposta de Modelo	49
Figura 5.1 Famílias de produtos	56
Figura 5.2 Modelo de Cálculo de Resultados	58
Figura 5.3Custo de Conversão	64
Figura 5.4 Dados para o modelo de Planejamento	68
Figura 5.5 Planilha Solução	69

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 Tipos de Horizonte de Planejamento	30
Tabela 3.2 Tipos de Produção	33
Tabela 3.3 Caracterizadores dos Tipos de Produção	33
Tabela 3.4 Modelos de Planejamento	34
Tabela 3.5 Variáveis de Decisão e Custos Associados	41
Tabela 5.1 Níveis de Agregação das Informações	55
Tabela 5.2 Dados de Demanda das Famílias	60
Tabela 5.3 Famílias x Centros de Trabalho	62
Tabela 5.4 Custos de Mão-de-Obra Direta	64
Tabela 5.5 Custo de Conversão	65
Tabela 5.6 Custos de Estoque e Estoque Inicial	66
Tabela 5.7 Custos de Falta	67
Tabela 6.1 Resultados para t=1 e t=2	71
Tabela 6.2 Resultados para t=3 e t=4	71
Tabela 6.3 Resultados para t=5 e t=6	72
Tabela 6.4 Ocupação dos Centros de Trabalho para t=1, t=2 e t=3	72
Tabela 6.5 Ocupação dos Centros de Trabalho para t=4, t=5 e t=6	72
Tabela 6.6 Resultado dos mínimos custos	73
Tabela 6.7 Níveis de Produção	74
Tabela 6.8 Níveis de Faltas	74
Tabela 6.9 Níveis de Estoque	75
Tabela 6.10 Consumo de Horas Normais	76
Tabela 6.11 Consumo de Horas Extras	77
Tabela 6.12 Níveis reais para t=1 e t=2	78
Tabela 6.13 Níveis reais para t=3 e t=4	78
Tabela 6.14 Níveis reais para t=5 e t=6	78
Tabela 6.15 Custos reais associados	78
Tabela 6.16 Nível de Faltas com aumento da demanda	80
Tabela 6.17 Ocupação com aumento de demanda para t=1, t=2 e t=3	80
Tabela 6.18 Ocupação com aumento da demanda para t=4, t=5 e t=6	81

1. INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma metodologia de planejamento de produção de sorvetes que considere os dados de custo, de modo a fornecer a visão da carga de trabalho nos centros de trabalho e auxiliar na tomada de decisão na elaboração de um plano de produção agregado, baseado num modelo matemático de mínimo custo.

Os dados do plano de produção, considerando o nível de utilização dos centros produtivos, serão utilizados como entrada no módulo MPS (*Master Production Planning*) do sistema integrado utilizado pela empresa.

O sistema MPS executará a função de desagregar o plano agregado da produção, dando subsídios para o planejamento de materiais da empresa que poderá avaliar as necessidades além do sistema produtivo considerar de forma matematicamente otimizada os custos de produção e limitações de capacidade fornecidas pelo modelo desenvolvido.

Desta forma, este trabalho é um complemento do sistema utilizado pela empresa, que atualmente não executa análise dos produtos e centros produtivos de forma agregada e nem considera custos em seu planejamento.

Para a elaboração deste trabalho foram escolhidas as principais famílias de produtos. As análises e manipulações foram realizadas através dos softwares Excel e LINDO Systems' What's Best! na resolução do modelo matemático.

A idéia de desenvolver este tema foi partiu tanto do autor quanto da empresa na qual este desenvolveu um plano de estágio. Através de um estudo das necessidades de melhorias para o departamento de Planejamento Logístico da empresa, detectou-se a necessidade de desenvolver um projeto de

planejamento de produção que considerasse os custos associados bem como as necessidades de pré-estocagem dos produtos. Desta forma, surgiu o interesse em desenvolver um projeto de um modelo de planejamento agregado de produção.

2. A EMPRESA

2.1 Apresentação da Empresa

O presente trabalho foi desenvolvido no setor de Planejamento Logístico da Diretoria de *Supply Chain*¹ da Kibon, que é a divisão de sorvetes da Unilever Brasil.

2.2 A Unilever

A Unilever é o segundo maior grupo de bens de consumo não duráveis do mundo. Atua em mais de 90 países, com 500 empresas associadas e cerca de 306 mil funcionários. Atua nos setores de Higiene, Limpeza e Alimentos, e apresenta uma forte estratégia de regionalização, misturando marcas globais como Comfort, Dove, Sun Gel e Pond's com marcas genuinamente nacionais, como Omo, CICA e Doriana. Possui 51% do seu faturamento mundial concentrado no ramo de alimentos e é o maior fabricante mundial do ramo.

No Brasil, seu foco é diferente do foco mundial: apresenta somente 29% do faturamento no setor alimentício (ocupando a segunda posição neste mercado, atrás da Nestlé), sendo o restante concentrado no setor de Higiene e Limpeza. Possui um faturamento de US\$ 3,5 bilhões, sendo a primeira colocada deste setor, vendendo quase três vezes mais que a Avon (segunda maior empresa deste mercado) e quase seis vezes mais do que a Johnson & Johnson (outro importante concorrente do mercado).

A Unilever Brasil pode ser dividida em quatro grandes áreas de negócio:

- HPC – *Home and Personal Care* – divisão de higiene pessoal, beleza e limpeza doméstica, composta pelas unidades Lever e Elida Gibbs
- Unilever BestFoods – divisão de alimentos

¹ O termo em inglês Supply Chain pode ser traduzido para Cadeia de Suprimentos, porém o termo estrangeiro será utilizado no presente trabalho devido ao seu uso na denominação da diretoria da empresa.

- DiverseyLever – divisão de produtos de higiene industrial (parte da empresa já foi vendida)
- Kibon – divisão de sorvetes da Unilever

Esta divisão das unidades de negócio pode ser melhor representada pela figura abaixo:

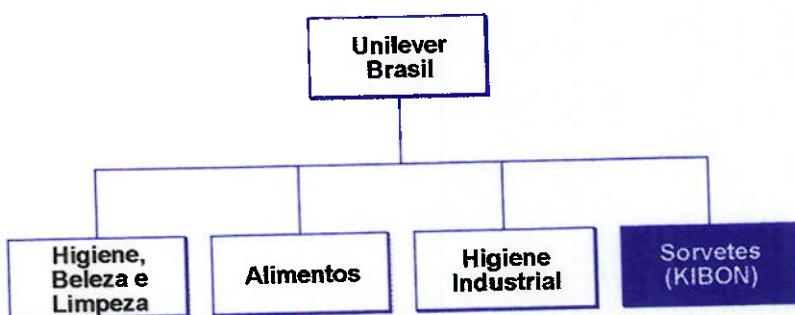


Figura 2.1.Unidades de Negócio da Unilever Brasil

Elaborado pelo autor

A Unilever Brasil possui as seguintes plantas fabris localizadas em cinco estados brasileiros:

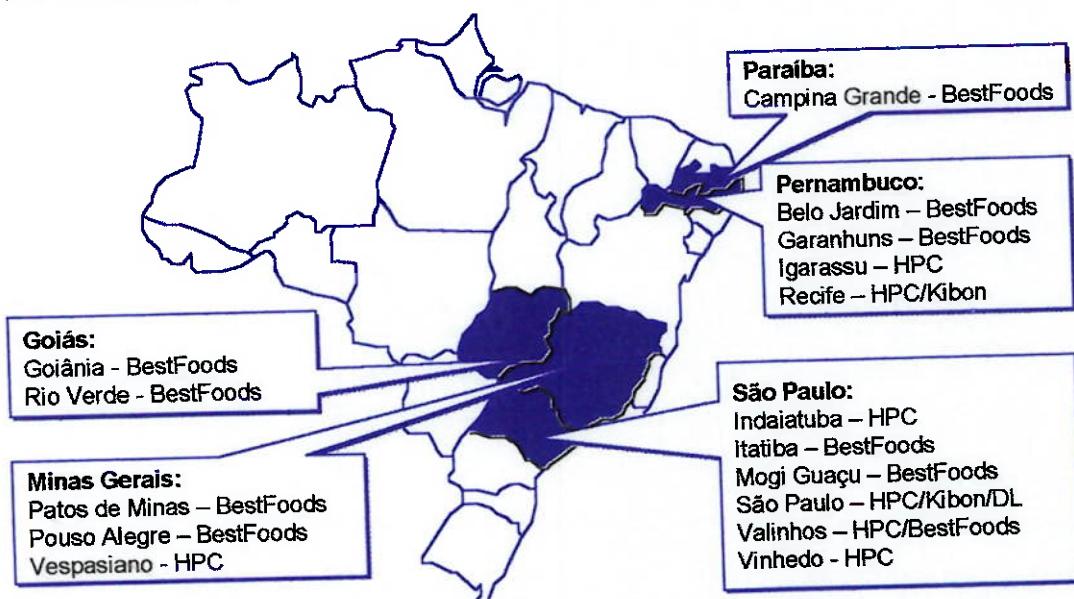


Figura 2.2 Plantas Fabris da Unilever Brasil

Elaborado pelo autor

2.3 A Kibon

A Kibon é líder no mercado nacional no ramo de sorvetes com cerca de 56% de participação no mercado e também é a marca mais lembrada do setor². Fundada em 1941, no Rio de Janeiro, lançou como primeiros produtos o Chicabon e o Eskibon, que até hoje mantém a fórmula original.

A Kibon foi adquirida oficialmente pelo grupo Unilever em 20 de outubro de 1997, sendo um negócio de aproximadamente US\$ 900 milhões, o que representou a maior aquisição do grupo fora dos EUA e Europa.

Marketing é, atualmente, o ponto central da estratégia da Kibon. Como o mercado atual de sorvete no país é relativamente baixo (consumo per capita ainda é pequeno) e o público altamente influenciável (a imagem de sorvete no Brasil está associada ao desejo/ impulso), a Kibon alavanca vendas através de uma estratégia contínua de novos lançamentos. Como cada novo lançamento apresenta um forte pico nos primeiros meses de comercialização (experimentação), esse comportamento foi “institucionalizado” através de constantes lançamentos, retiradas de mercado e mesmo relançamentos.

Dentre as estratégias empresariais básicas apresentadas por Porter (1986), é possível observar que o âmbito da empresa é claramente amplo, dada a forte liderança que ela ocupa no mercado. Como abordado anteriormente, a Kibon é amplamente dominante e, portanto, a principal responsável pelo mercado brasileiro de sorvete. Para lidar com esse mercado se utiliza uma estratégia relativamente agressiva, com lançamentos constantes de novos produtos e conceitos.

Porém com a chegada forte da Nestlé no mercado de sorvetes, a Kibon começou a criar uma forte preocupação com custos para que continuasse com sua grande competitividade no mercado, já que pela primeira vez

² FOLHA DE SÃO PAULO. Pesquisa Top of Mind 2002. São Paulo: Outubro 2002.

começou a enfrentar um real concorrente de mercado. Além disto, com as marcas *talibãs*³ (marcas baratas), uma procura por preços mais competitivos e promoções começaram a se tornar necessárias. Portanto, hoje a estratégia da Kibon se encontra em um momento de transição.

Hoje a Kibon conta com duas plantas instaladas no Brasil, sendo uma em São Paulo/SP (no bairro do Brooklin) e a outra em Recife/PE.



Figura 2.3 Localização das plantas fabris da Kibon

Elaborado pelo autor

A estrutura organizacional da Kibon define que existem dois principais processos que correm em paralelo, com o objetivo de atender e satisfazer o cliente. O primeiro processo identificado está relacionado às áreas de Vendas e de Marketing que, como principal função, está o desenvolvimento de clientes e de marcas. O outro processo nesta estrutura organizacional baseada nos processos envolve a diretoria de *Supply Chain* da Kibon, englobando as áreas de Compras, Manufatura e Logística. A figura a seguir, utilizada internamente à empresa, apresenta estes processos internos:

³ Passaram a ser encontradas recentemente no mercado brasileiro diversas marcas de “2^a linha” (ex: Frescone, Bruna, Porto Fino, Tarumã, Schlep, Fuji, etc.), todas encontráveis em supermercados e hipermercados paulistas, com preços inferiores à metade dos praticados pela Kibon.



Figura 2.4 Processos Internos

Elaborado pelo autor

Como observado na figura anterior, dando suporte aos dois principais processos temos as áreas relacionadas à Tecnologia da Informação, Recursos Humanos, Qualidade, Finanças, Saúde e Segurança do Trabalho. Também, estes dois principais processos identificados envolvem uma série de atividades conjuntas, ocorrendo muitos relacionamentos entre áreas.

2.4 Produtos

A composição de um sorvete varia de acordo com o tipo do produto. De maneira geral, é possível apresentar como principais componentes de um sorvete típico os seguintes ingredientes:

- Gordura: a importância da gordura é bastante reconhecida e está associada diretamente à qualidade do sorvete produzido. A gordura propicia ao sorvete melhor textura, corpo e, quanto maior o seu nível, menor a sensação de gelado que o sorvete provoca. Representa cerca de 10% de um sorvete de massa.
- SNGL (Sólidos Não-Gordurosos do Leite): são os sólidos remanescentes após a remoção de gordura e água do leite. As proteínas do leite têm uma função fundamental na estabilidade do sorvete.

- Açúcar: o tipo de açúcar mais utilizado é a sacarose, proveniente da cana-de-açúcar. Além da função de adoçamento, ele contribui também para dar textura e maciez ao sorvete.
- Xarope de Milho: este produto tem a propriedade de baixar o ponto de congelamento de soluções (em menor escala que a sacarose), possuindo um baixo poder adoçante.
- Estabilizantes e Emulsificantes: a função primária da adição dos estabilizantes é inibir a formação de cristais de gelo. Existe, no entanto, uma função secundária que adquire importância fundamental, que é fornecer corpo e aumentar a resistência do sorvete ao derretimento. A principal razão para o uso de emulsificantes é propiciar uma perfeita emulsão da gordura. Outra função não menos importante dos emulsificantes é promover uma aparência “seca” ao sorvete quando da saída da batedeira e facilitar o batimento, aumentando a capacidade de retenção de ar.
- Leite e Água

2.4.1 Linhas de Produtos

Os produtos comercializados pela Kibon atualmente são divididos em quatro grandes Linhas:

- Linha *Impulse*⁴: é formada por produtos que têm como principal característica o consumo imediato após a compra. Os principais produtos desta linha são os picolés (Fruttare, Ao Leite, Magnum, Kids, Kibonbon), cones (Cornetto) e Copos (Cornetto Cup, Copo Light).
- Linha *Take Home*: esta é a linha formada por produtos comercializados em supermercados, hipermercados, padarias e outros estabelecimentos comerciais e que são destinados a consumos posterior, o que significa que o consumidor usualmente

⁴ O termos em inglês para denominar as linhas de produtos são utilizados pela empresa

leva estes produtos para sua residência a fim de consumi-los. Fazem parte desta linha os potes 2 Litros, potes 1 Litro (Delice e Pote Light), além dos Multipacks.

- Linha Food Service: esta linha é constituída por produtos institucionais, que são comercializados em lanchonetes e restaurantes para consumo no próprio estabelecimento comercial. Fazem parte desta linha os potes 5 Litros/10 Litros, coberturas, Soft Ice e o lançamento Cornetto Express.

2.5 Sistema de Produção

A produção de sorvetes pode ser dividida nas seguintes etapas:

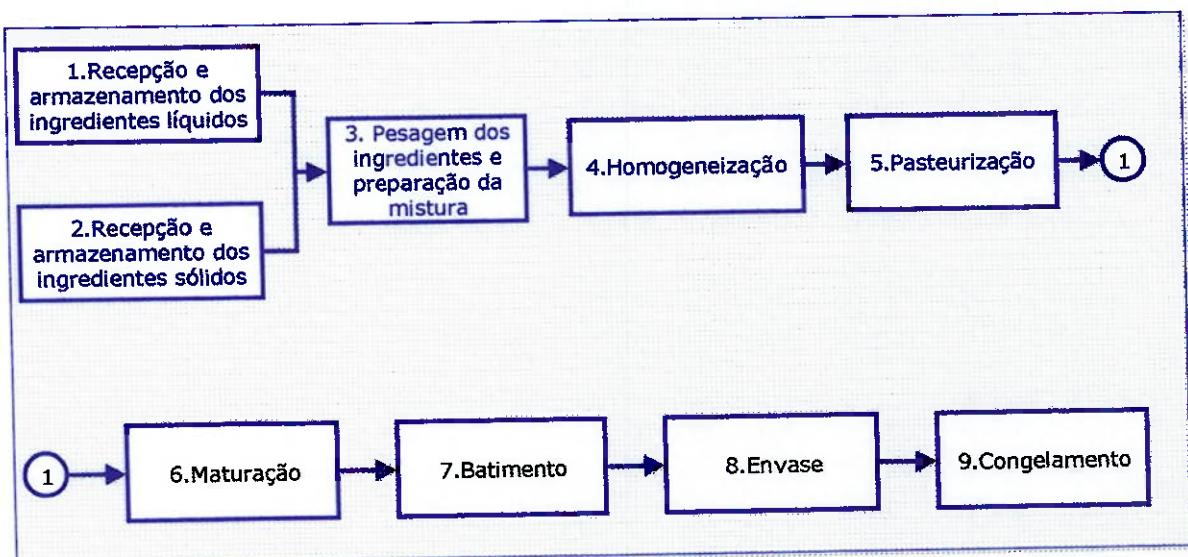


Figura 2.5 Processo de Produção do Sorvete

Elaborado pelo autor

A seguir, será mais detalhada cada etapa do processo produtivo.

- *Recepção e armazenamento dos ingredientes líquidos:* os ingredientes líquidos mais importantes são o Xarope de Milho e a Gordura Vegetal Hidrogenada. O Xarope de Milho é recebido em um caminhão-tanque e bombeado para tanques, onde é mantido a uma temperatura de 40°C, devido à sua alta viscosidade. A gordura vegetal também é recebida desta forma (caminhões-tanque). Outros

grupos de ingredientes líquidos são os Aromas, os quais necessitam de uma estocagem especial a 10/15°C, pois são substâncias altamente voláteis.

- *Recepção e armazenamento de ingredientes sólidos:* os ingredientes sólidos mais usados são o leite em pó, estabilizantes, frutas congeladas e manteiga. À exceção das frutas congeladas e manteiga que devem ser mantidas a temperaturas muito baixas, os demais ingredientes devem ser refrigerados a temperaturas de 15-25°C. O leite em pó e o açúcar são recebidos em sacos que são guardados no sistema de *pallets*. Sendo eles os ingredientes mais utilizados existe a possibilidade de estocagem deles a granel em silos.
- *Pesagem dos ingredientes e preparação da mistura:* a etapa de mistura começa com a pesagem dos ingredientes. Esta pesagem poderá ser feita automaticamente, quando se tem um sistema específico para esse fim (com estocagem dos ingredientes sólidos em silos e líquidos em tanques) ou manualmente. No caso manual, deve-se adicionar primeiramente os ingredientes em maior quantidade.
- *Homogeneização⁵:* Uma vez dissolvidos todos os ingredientes, aquece-se a mistura e passa-se para a etapa seguinte que é a homogeneização. A homogeneização consiste no fracionamento (redução de tamanho) dos glóbulos de gordura através de um equipamento que submete a mistura a uma alta pressão tornando possível a sua passagem em alta velocidade através de um orifício ou válvula reticulada. A aceleração sofrida pelo líquido ao passar por essa estreita ranhura vem acompanhada de uma queda de pressão, criando o fenômeno da cavitação. A temperatura desse processo tem grande influência na eficiência da homogeneização. A temperatura ótima de homogeneização se situa na faixa de 70-75°C.
- *Pasteurização:* Após a homogeneização, a etapa seguinte é a pasteurização que pode ser feita de duas formas: batch ou HTST (High Temperature Short Time). Por "batch" entende-se deixar a

⁵ Descrição do processo retirado de material da própria empresa

mistura no tanque de preparo, aquecendo-a por 30 minutos, para depois resfriá-la.

- *Maturação:* Terminada a pasteurização, a mistura é enviada a tanques de amadurecimento, que são feitos de aço inox, providos de agitador de baixa rotação e sistema de resfriamento. Estes mantém a mistura entre 2 a 4º C. Uma maturação eficiente facilitará o batimento posterior, fazendo com que o ar seja incorporado mais facilmente, tornando o sorvete produzido mais resistente ao derretimento e com uma melhor textura.
- *Batimento:* Nesta etapa se realizam duas funções importantes que vão influenciar a qualidade final do sorvete, que são a incorporação da água e o congelamento parcial da água. A temperatura na qual se realiza essa operação é de -4 a -7°C. Quanto mais baixa for a temperatura do sorvete na saída da batedeira, maior será a quantidade de água congelada e, consequentemente, maior número de cristais de gelo pequenos. Com batimento constante a mistura se congela e incorpora ar, adquirindo a consistência de sorvete.
- *Envase:* As linhas de envase podem ser classificadas genericamente em dois tipos básicos. O primeiro tipo é relacionado às linhas de picolés, onde os sorvetes recebem a forma definitiva em palitos e são embalados em envoltórios maleáveis de papel ou de plástico. O segundo são as linhas de sorvete de massa, onde a mistura é envasada em copos e potes rígidos (plástico ou papelão) e vedada em sua parte superior.
- *Congelamento:* O processo de congelamento deverá ser feito o mais rápido possível, de maneira que o restante da água a ser congelada, cerca de 40%, congele na forma de pequenos cristais de gelo, produzindo uma textura cremosa. O congelamento do produto pode ser feito de duas maneiras. Uma seria através de câmaras frigoríficas com baixas temperaturas (-30 a -40°C), com circulação forçada de ar. A outra através de túneis de congelamento (esteira, bandeja, etc.) com temperaturas de (-35 a -40°C).

2.5.1 Mini-Fábricas

Na manufatura da Planta de SP da Kibon, que funciona em 3 turnos, foi implantado um sistema de Organização do Trabalho baseado em grupos semi-autônomos que são denominados pela empresa de mini-fábricas.

O projeto das mini-fábricas é uma forma de organização do trabalho que divide o território da manufatura de acordo com as tecnologias de produção. Assim criam-se as seguintes mini-fábricas:

- Processo: é a mini-fábrica responsável por toda a parte inicial do processo produtivo dos sorvetes, desde a mistura até o batimento (como explicado anteriormente);
- Comets: é a mini-fábrica responsável pelo envase dos potes;
- Extrudados: é a mini-fábrica responsável pelo envase dos produtos que são produzidos por extrusão (ex: Eskibon, Magnum, etc);
- Copos: é a mini-fábrica responsável pelo envase dos sorvetes em copo (ex: copo cornetto);
- Picolés: é a mini-fábrica responsável pelo envase dos picolés da Kibon;
- Manutenção: é a mini-fábrica responsável pela manutenção das linhas da fábrica.

O projeto das mini-fábricas tem como objetivo tornar os operários mais participantes no processo produtivo podendo opinar sobre suas tarefas e tendo conhecimento das metas da empresa, e se sentindo parte importante para alcançar estas metas. Com este novo método, a empresa tem como objetivo alcançar a excelência no processo produtivo, relacionando os processos e os recursos humanos. As características que influenciam as mini-fábricas podem ser observadas no modelo abaixo:

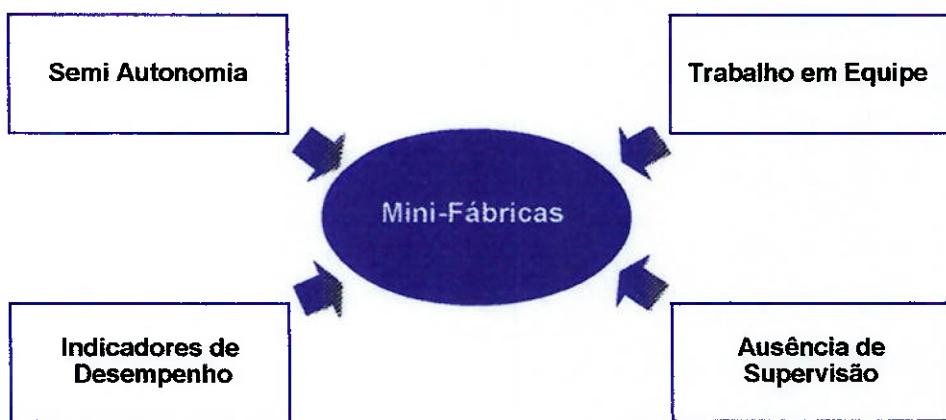


Figura 2.6 Conceitos do Projeto de Mini-Fábricas

Fonte: Relatório da Gerência de Manufatura Kibon (2001)

2.6 Sistema de Distribuição

A Kibon fabrica e distribui sorvetes direta e indiretamente (através de distribuidores), para o Centro Sul e Oeste do Brasil. No Norte e Nordeste, a Kibon atua através de sua associada, a Sorvane, com fábrica em Pernambuco.

O que é chamado de “distribuição primária” envolve basicamente a primeira etapa da distribuição, equivalente ao tradicional atacado; as vendas, nesse caso, são feitas em pallets fechados. Esse “atacado” corresponde às filiais e distribuidores da Kibon, estes geralmente exclusivos, que são encarregados de entregar os produtos aos pontos de venda (distribuição secundária).

As filiais corresponderiam, ao menos teoricamente, à fatia mais importante do mercado, isto é, onde ficam concentrados em uma pequena área, um grande número de clientes. A Kibon tem 8 filiais de vendas nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Belo Horizonte, Curitiba, Campinas, Marília e Ribeirão Preto. Correspondem a cerca de 30% das vendas totais.

A distribuição secundária propriamente dita é feita pela frota de cada filial/distribuidor. Para torná-la eficiente, é necessário um trabalho de roteirização

integrada de toda a frota, a qual é feita através de um sistema comercial adaptado para a empresa.

2.7 Planejamento Logístico

Dentro de *Supply Chain* a área de Planejamento Logístico (onde o presente trabalho foi realizado) tem como principal função trabalhar as informações de volume estimado de vendas, disponibilidade de matéria-prima e matérias de embalagem, níveis de estoque de produtos acabados e capacidade produtiva de fábrica.

Esta área tem então como função proporcionar condições para que a Cadeia de Suprimentos funcione de forma correta, eficiente e ao menor custo possível, garantindo que os processos de produção, compra, armazenagem e entrega sejam seguidos de forma a atender as necessidades dos clientes da empresa. A seguir, é apresentado um modelo para o detalhamento das funções de Planejamento Logístico.



Figura 2.7 Funções de Planejamento Logístico

Elaborado pelo autor

2.7.1 Processo de Previsão de Demanda

Segundo Kotler (1980), a demanda de mercado para um produto é o volume total que seria comprado por um grupo definido de consumidores numa área

geográfica definida num tempo definido num ambiente de marketing definido sob um programa de marketing definido.

É, portanto uma “função de resposta de mercado” sujeita a cinco fatores, três do quais (grupo de consumidores, área geográfica e tempo) só são responsáveis pela determinação do objeto de estudo (qual mercado?). As variáveis que determinam realmente o valor de resposta são os dois últimos fatores (ambiente de marketing e programa de marketing). O ambiente consiste em todos os elementos não-controláveis por uma empresa específica, mas que teoricamente poderiam ser ao menos previstos, como ambiente demográfico, econômico, tecnológico, climático, político e cultural.

A demanda por sorvete tem duas características básicas: o sorvete pode ser considerado um produto supérfluo e apresenta forte sazonalidade ao longo do ano. É possível observar duas consequências dele não ser considerado um gênero de primeira necessidade: a influência das estratégias de Marketing nas vendas e a forte elasticidade da demanda em relação ao preço.

A qualidade do processo de previsão de demanda é muito importante para o modelo de planejamento agregado, pois como será apresentado nos próximos capítulos, este dado dará início ao processo de planejamento de produção.

Atualmente na Kibon, o processo de previsão de demanda tem como participantes a área de Planejamento Logístico (Planejamento de Demanda), a área de Trade Marketing e a área de Marketing.

A área de Planejamento de Demanda é responsável pelo *Baseline Forecast*, que corresponde aos dados históricos de vendas e serve como base para a previsão operacional de demanda. Já Trade Marketing e Marketing são responsáveis pelo *Event Forecast* (componente da previsão de demanda

que leva em consideração promoções, mídia, ações de campo, etc) e pelo *New Product Forecast* (componente de previsão de demanda que estuda os lançamentos de produtos, “canibalizações”⁶, enchimento de canal de vendas e possíveis obsolescência de produtos). A partir da consolidação das três componentes citadas, chega-se à previsão operacional do Volume de Demanda.

Existe ainda, um projeto sendo implantado na empresa para aplicar um modelo matemático de Previsão de Demanda que proporcionará maior qualidade ao Sistema de Previsão de Demanda da Kibon⁷.

2.7.2 Processo de Planejamento e Programação da Produção

Como abordado anteriormente, é possível entender que a responsabilidade da área de Planejamento e Programação de Produção (setor onde foi desenvolvido o presente trabalho) em Planejamento Logístico é trabalhar com as informações de capacidade produtiva da fábrica. O trecho a seguir apresenta a visão de Buffa (1987) relacionada às estratégias que esta área em uma empresa pode definir:

“(...) O quanto o estoque deve ser usado para absorver flutuações de demanda que ocorrerão nos próximos 6 a 12 meses? Por que não absorver essas flutuações por simples variações na força de trabalho? Por que não manter o tamanho da força de trabalho estável e absorver as flutuações variando os níveis de atividade com variação das horas de trabalho? Por que não manter a força de trabalho estável e deixar subcontratados enfrentar o problema da flutuação do nível de ordens? Deveria a firma propositadamente não atender toda a demanda?”.

⁶ Termo utilizado para quando um produto lançado acaba tirando consumidores de um produto já existente.

⁷ Este projeto está apresentado em KIYUZATO (2001)

A função estratégica de Planejamento e Programação da Produção é definir qual política (ou quais políticas combinadas) devem ser estabelecidas a fim de determinar a atividade produtiva.

Com relação ao operacional da área de Planejamento e Programação, O Planejamento da Produção é feito a partir de duas informações básicas:

- Estimativa de Vendas (apresentado anteriormente);
- Política de Estoque: para cada linha de produtos existe uma classificação ABC segundo volume de vendas. Para cada classe é determinado um período de cobertura para o mês seguinte, que decresce quando vamos de A para C. O raciocínio, nesse caso, é de que, para maior segurança, a empresa deve possuir maiores estoques de itens A e B, uma vez que eles são os principais responsáveis pelo faturamento. A atual política de estoques é a seguinte:
 - Itens A: 30 dias
 - Itens B: 15 dias
 - Itens C: 7 dias

A produção é calculada com base no estoque inicial, que é fornecido pelo departamento de Finanças da empresa. Os cálculos são realizados por um software, conhecido internamente como MPS, que foi desenvolvido para este fim. Neste método, já são consideradas as capacidades de máquinas e de mão-de-obra.

Após a execução do planejamento de produção é feita a programação das duas fábricas. A partir de informações semanais de estoques nas filiais (informação obtida da área de Abastecimento em Planejamento Logístico), defini-se as prioridades para a programação. Usualmente, para itens A, utiliza-se a política de se procurar produzir 100% da estimativa na primeira

quinzena do mês. Com as produções planejadas definidas, é feita a alocação, em cada horário e máquina, da produção dos diversos itens.

3. REVISÃO TEÓRICA

3.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar de forma adequada à resolução do problema a ser apresentado, a teoria básica do Planejamento da Produção, e seus diversos modelos de planejamento. A partir disto será encaminhada uma escolha do modelo a ser utilizado no presente trabalho.

3.2 Hierarquia de Planejamento

O planejamento de uma empresa é caracterizado por vários níveis, desde o planejamento estratégico até o nível de programação das atividades básicas. Porém, para todos estes níveis existem relações em que decisões de um nível acima interferem diretamente no nível imediatamente inferior, tornando-se restrições. Desta forma, as decisões de planejamento estratégico vão se desdobrando em detalhes cada vez maiores e com horizontes de execução das atividades cada vez menores. Na figura abaixo, é apresentado um modelo de hierarquia:

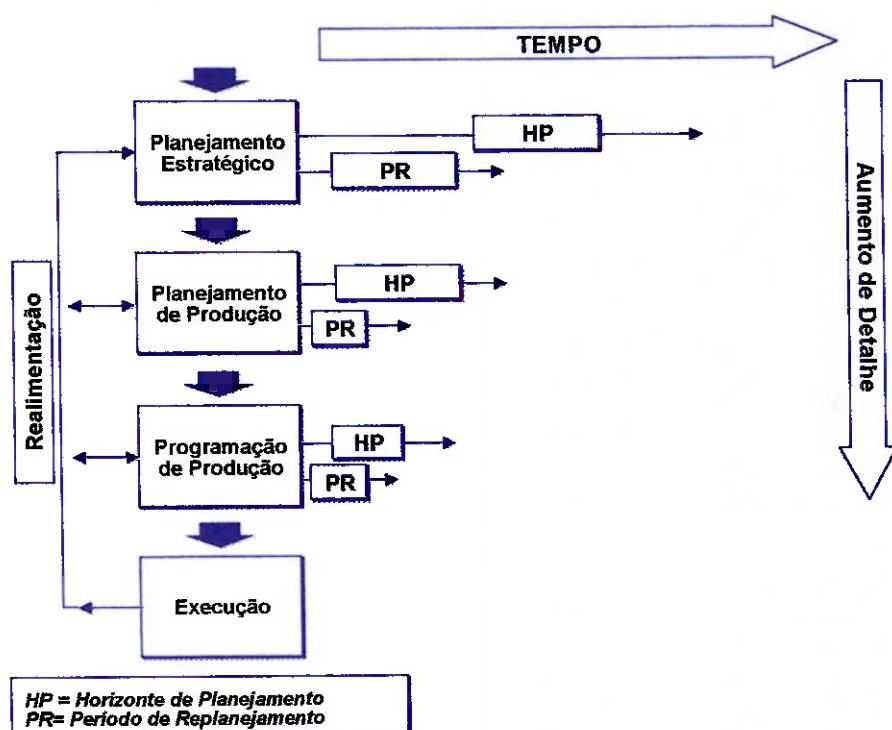


Figura 3.1 Hierarquia de Planejamento

Adaptado de Santoro (2001)

O Planejamento Agregado de Produção localiza-se em um nível intermediário em um nível intermediário desta hierarquia, pois, como abordaremos mais adiante, a sua preocupação é com o horizonte de médio prazo e com famílias de produtos em períodos mensais de produção. Desta forma, não existe uma preocupação com os níveis de produção para os próximos cinco anos (Planejamento Estratégico), como também não há com a produção semanal (Programação de Produção).

Considerando estes pontos, é possível observar na tabela abaixo, adaptada de Buffa;Miller (1979), a relação entre os três níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo), em função de dados de entrada, saída e variáveis de controle gerenciais.

	Muitos Anos	Um Mês a Alguns Anos	Um Dia a Alguns Meses
Entradas	Previsão de: • Tendências econômicas • Tendência populacional • Mudanças sociais e políticas • Fatores competitivos • Custos de produção e distribuição • Inovações tecnológicas • Restrições de capital	Previsão de: • Vendas e prazos • Custos • Suprimentos Política e restrições a: • Horas Extras • Admissão e Demissão • Estoques • Capital • Planos de longo prazo • Carteira de pedidos	Plano de produção agregado Progresso das vendas atuais em função da previsão de vendas Situação corrente de estoque
Saidas	Plano de longo prazo das instalações e sua localização	Planejamento Agregado para o uso dos vários recursos produtivos	Programa de produção detalhado para o mix demandado
Variáveis sob controle gerencial	Alocação de recursos para a planta de equipamentos, engenharia e marketing Determinação do tamanho e localização da planta e depósitos Desenvolvimento de produtos complementares	Dimensionamento da mão-de-obra Nível de Produção Estoques Subcontratações Tamanho da carteira de pedidos	Nível de produção Mudanças em funcionários ou máquinas Utilização de horas extras Mudanças no mix de produção

Tabela 3.1 Tipos de Horizonte de Planejamento

3.2.1 Tipos de Produção e Modelos de Planejamento

Para auxiliar as tomadas de decisão, com relação à Produção, é possível se basear em alguns modelos de planejamento. Estes modelos devem ser adequados ao tipo de produção e às necessidades de cada empresa e estão listados abaixo:

- *Modelo de Planejamento e Controle de Estoque*

São os modelos mais tradicionais e tem como abordagem, a detecção da necessidade de matéria-prima quando os níveis de estoque estão baixos. É um modelo que atua de forma reativa e não consideram a transformação física e nem limitação de capacidade. Não trabalham com agregação, e sim com detalhe do item.

- *Modelo de Cálculo de Necessidades (MRP)*

Para indústrias com processos produtivos intermitentes, são os modelos mais utilizados, pois consideram a transformação física da matéria-prima, mas como o modelo apresentado anteriormente, não considera limitações de capacidade. Também não apresentam níveis de agregação, trabalhando com detalhe do item, visando eliminar faltas e estoques. Baseia-se em estimativas de *lead time*, tanto de fabricação quanto de compras e estoques de segurança.

- *Modelo de Planejamento Agregado de Produção*

São modelos de planejamento e controle de estoque, pois consideram a transformação física, considerando custos associados à produção, estoque e atendimento de vendas, além de considerar a limitação de capacidade e trabalhar com agregação de produtos. Ao longo do trabalho, este modelo será mais detalhado.

- *Modelo de Sequenciação*

São modelos utilizados para processos intermitentes e definem a melhor seqüência de processamento de ordens de produção, com o intuito de maximizar o desempenho do sistema. Podem considerar custos de compras, produção, estoques e atendimento de vendas, além da capacidade de recursos. Também trabalham com detalhamento de item, podendo ser a desagregação de um modelo de planejamento agregado.

- *Modelo de Balanceamento de Linhas*

São modelos utilizados em processos contínuos, em linhas de produção ou de montagem. Também consideram a transformação física, limitação de capacidade e trabalham com detalhamento de produtos (sem agregação).

- *Modelo de Planejamento e Programação em Redes*

São modelos utilizados em grandes projetos que contenham muitas atividades a serem executadas. Consideram prazos de atendimento e não custos. Trabalham com limitação de recursos, podendo considerar tanto informações agregadas quanto detalhes de produtos e processos.

Os modelos que foram apresentados acima devem ser adequados em função ao tipo de produção de cada empresa. Os possíveis tipos de produção, apresentados em Santoro (2001) são:

Tipos de Produção	Exemplos
• Estoque Puro	• Supermercados, Farmácias
• Contínua Pura ou com Diferenciação	• Indústrias Químicas
• Intermittente Repetitiva ou sob Encomenda	• Ferramentas, Autopeças
• Grandes Projetos	• Construção Civil

Tabela 3.2 Tipos de Produção

É possível também enquadrar os tipos de produção apresentados na tabela acima em função dos tipos de produtos, demandas, estoques entre empresa e consumidor e processos. Esta caracterização pode ser observada na tabela abaixo, apresentada em Santoro (2001):

Tipos de Produção	Número de Produtos	Diferenciação entre Produtos	Nível de Demanda	Variação no Roteiro	Estoque entre Empresa e Consumidor
• Contínua Pura	Um	Nenhuma	Grande	Nenhuma	Alto
• Contínua com Diferenciação	Poucos	Pouca	Grande	Pouco	Alto
• Intermittente Repetitiva	Médio/Alto	Média/Alta	Média	Pouca/Média	Baixo
• Intermittente sob Encomenda	Alto	Alta	Média/Baixa	Média/Alta	Nenhum
• Grandes Projetos	Muitas Atividades	Alta	Baixa	Alta	Nenhum

Tabela 3.3 Caracterizadores dos Tipos de Produção

Como visto anteriormente, as famílias de produtos escolhidas para a execução do trabalho são famílias de sorvete. No caso da empresa estudada, a produção desta se enquadra no tipo de produção Intermittente Repetitiva.

Conhecendo o tipo de produção de uma determinada empresa, é possível associar a ela um modelo de planejamento adequado, de acordo com a tabela abaixo, apresentada em Santoro (2001):

Tipos de Produção	Modelos de Planejamento	Modelos de Programação
• Estoque Puro	• Planejamento e Controle de Estoques	
• Contínua	• Planejamento Agregado	• Balanceamento de Linhas
• Intermittente	• Planejamento Agregado	• Sequenciação
• Grandes Projetos	• Planejamento em Redes	• Programação em redes

Tabela 3.4 Modelos de Planejamento

Como é possível observar na tabela acima, para o tipo de produção Intermittente, o modelo de planejamento mais adequado é o Planejamento Agregado de Produção.

3.3 Planejamento Agregado de Produção

Ao considerar um sistema da manufatura, além do gerenciamento de estoques e fluxo de materiais, é de suma importância uma real preocupação com a força de trabalho humana e programação de equipamentos. Desta forma, um sistema de produção que considera todos estes fatores como base para decisão, envolve o Planejamento Agregado de Produção.

O planejamento agregado e suas decisões, refletidas no Plano de Produção, proporcionam pontos comuns, nas quais a capacidade e os estoques podem ser considerados em conjunto aos planos estratégicos de longo prazo, além de prover dados para o plano financeiro e decisões de programação. O Planejamento agregado é, portanto, o ponto de partida para muitos sistemas de controle de manufatura.

Evans (1997) apresentou um modelo de relacionamento entre o Planejamento Agregado de Produção e os demais processos que compõe os Planejamento de Produção:



Figura 3.2 Relacionamentos no Processo de Planejamento de Produção

O Planejamento Agregado de Produção pode ser entendido como um sistema de auxílio na tomada de decisões de como utilizar recursos produtivos em um horizonte de médio prazo. Esta decisão define o Plano de Produção que especifica de que forma deve se dar essa utilização no tempo.

A utilização dos dados de forma agregada é devida ao grande número de variáveis, parâmetros e informações a serem consideradas, o que impossibilita a visão do detalhe desejado nas tomadas de decisão.

Em um Planejamento Agregado de Produção, existem algumas variáveis de decisão que devem ser levadas em consideração, como por exemplo:

- Variação dos níveis de estoque para absorver flutuações de demanda;
- Variação da força de trabalho, através de demissões e admissões, fazendo com que essa tenha flutuações semelhantes às de demanda;
- Variação da produção por período, permitindo ociosidade em períodos de baixa de demanda e horas extras nos períodos de pico, não alterando então a força de trabalho;
- Moderar a flutuação de demanda atrelada por políticas de mercado;
- Variação do nível de não atendimento da demanda por falta de capacidade.

Uma questão importante ao analisar estas variáveis de decisão apresentadas é saber qual destas utilizar e como o fazer. Na maioria dos casos, é provável que a utilização de uma combinação de estratégias seja mais eficaz que a utilização de uma em específico. A escolha deve ser atrelada ao mercado que está inserida esta empresa, considerando suas variações e custos associados. Para cada uma das estratégias existem custos, portanto é fundamental uma combinação eficaz destes.

Por exemplo, se a estratégia escolhida for de variar os estoques para absorver as flutuações de demanda, certamente custos de capital e obsolescência tendem a aumentar, assim como os próprios custos de estocagem.

Seguindo o mesmo raciocínio, a utilização da estratégia de variação de força de trabalho, com admissões e demissões conforme a demanda, aumentam os custos com pessoal, relativos às demissões e possíveis novas contratações. Além disto, o tempo de aprendizagem necessário para operários admitidos também acarreta custos. Da mesma forma, a utilização de horas extras e horas ociosas, de acordo com os períodos de pico e baixa de demanda, acarreta custos de horas extras e ociosas respectivamente.

3.3.1 Análise de Alternativas de Planejamento

Com o intuito de apresentar as variáveis de decisão, consideradas em um modelo de planejamento agregado, a seguir serão analisados, de forma qualitativa, alguns planos de produção para atender uma demanda fictícia, apresentada abaixo.

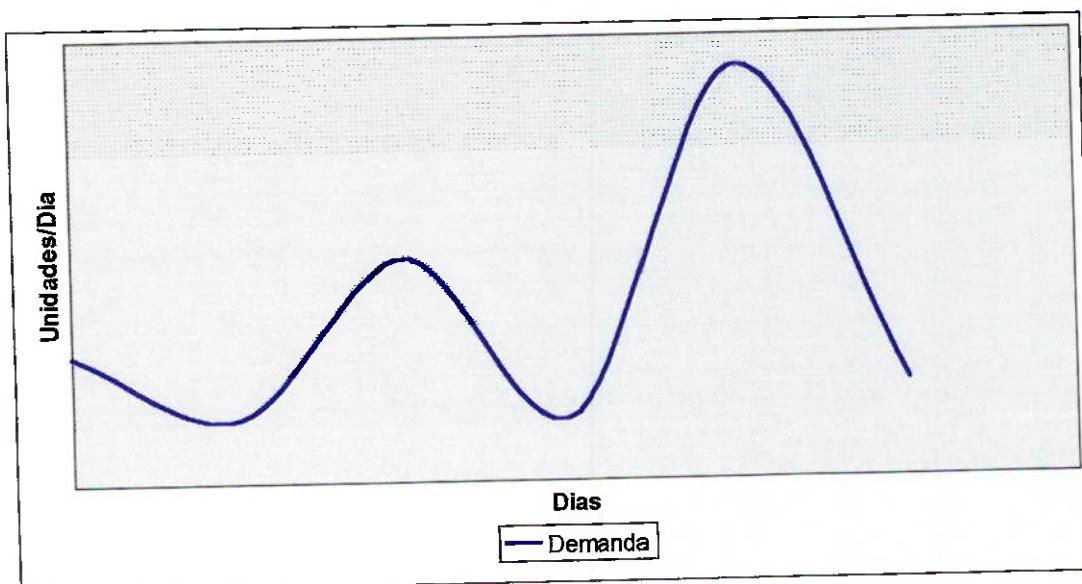


Figura 3.3 Demanda

Adaptado de Santoro (2001)

- *Plano 1 – Produção constante*

A vantagem imediata de um plano de produção constante, que atenda o volume necessário no término do horizonte de planejamento, é de não haver oscilação de mão-de-obra. Assim as variações de demanda são contrabalançadas com um nível de estoque alto. Desta forma, o principal custo associado é o de armazenagem.

- *Plano 2 – Produção de acordo com as necessidades*

Para adotar este tipo de produção, é necessário um sistema de manufatura flexível e com baixa dependência da mão-de-obra. Caso a empresa que adote este tipo de produção não possua estas

características, será necessária uma alta rotatividade, pois devem ocorrer admissões e demissões na força de trabalho baseados nas oscilações de demanda. Com isto os níveis de estoque serão mais baixos e os principais custos associados serão os de demissão e admissão.

O gráfico a seguir apresenta como seria os planos 1 e 2 de acordo com a demanda apresentada:

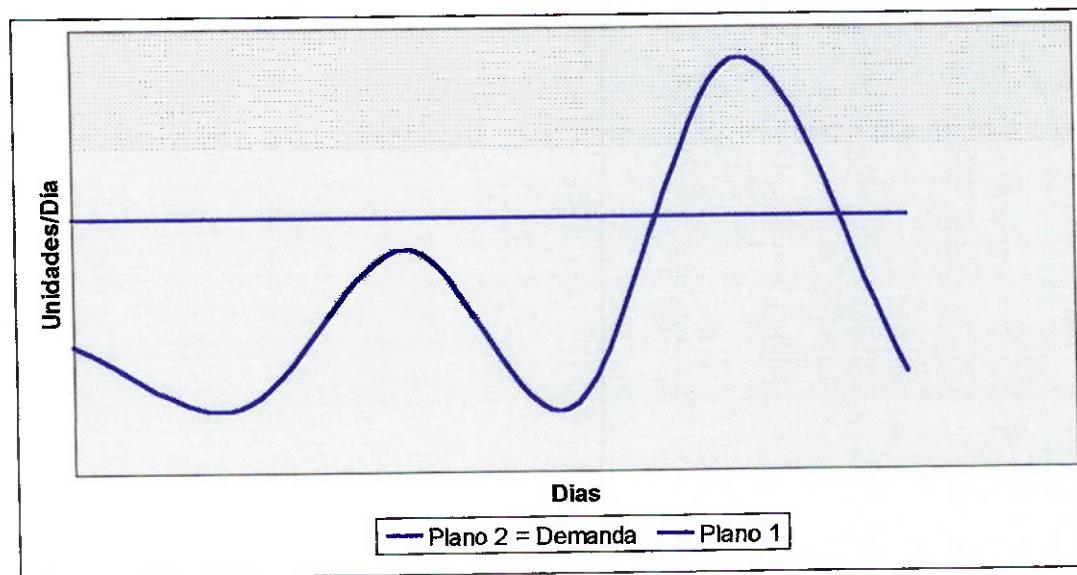


Figura 3.4 Plano 1 x Plano 2

Adaptado de Santoro (2001)

- *Plano 3 – Produção constante no horizonte de planejamento sem permissão de faltas do produto*

É possível entender este plano como sendo também uma produção constante, porém com um estoque menor, pois está em um nível abaixo do Plano 1 apresentado anteriormente. Com isto, nos picos de demanda, utiliza-se de subcontratações para atender às necessidades geradas pela demanda. Neste caso o custo associado gerado é o de subcontratação. O gráfico abaixo apresenta este plano:

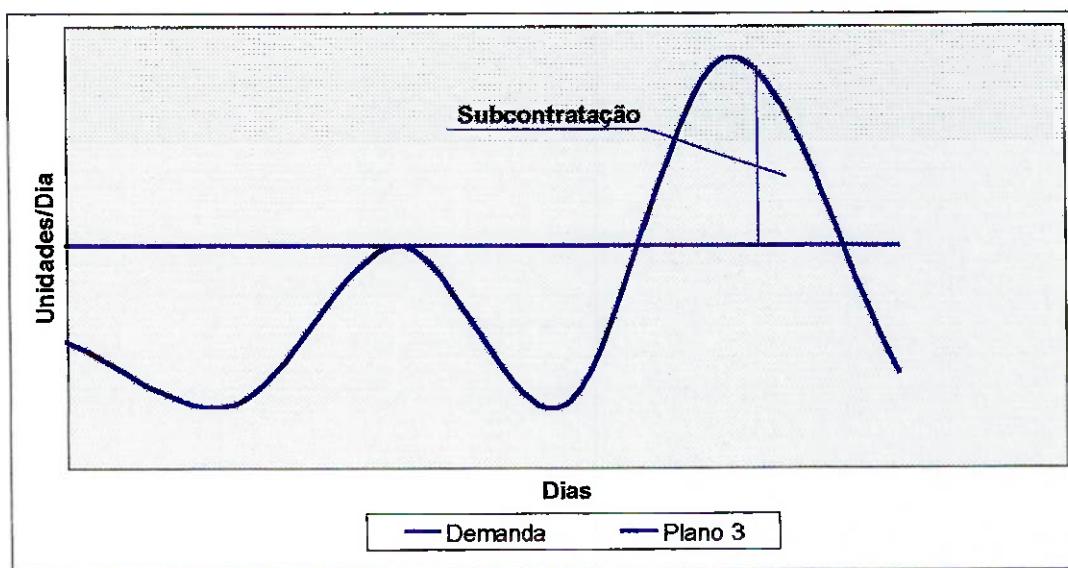


Figura 3.5 Plano 3

Adaptado de Santoro (2001)

- *Plano 4 – Produção constante no horizonte de planejamento sem permissão de faltas do produto*

O plano 4 assemelha-se ao plano 3 apresentado anteriormente, porém ao invés de utilizar subcontratação para atender os picos de demanda, procura-se utilizar a mesma força de trabalho com horas extras. O custo associado neste caso é o custo de horas extras. O gráfico abaixo apresenta o plano 4.

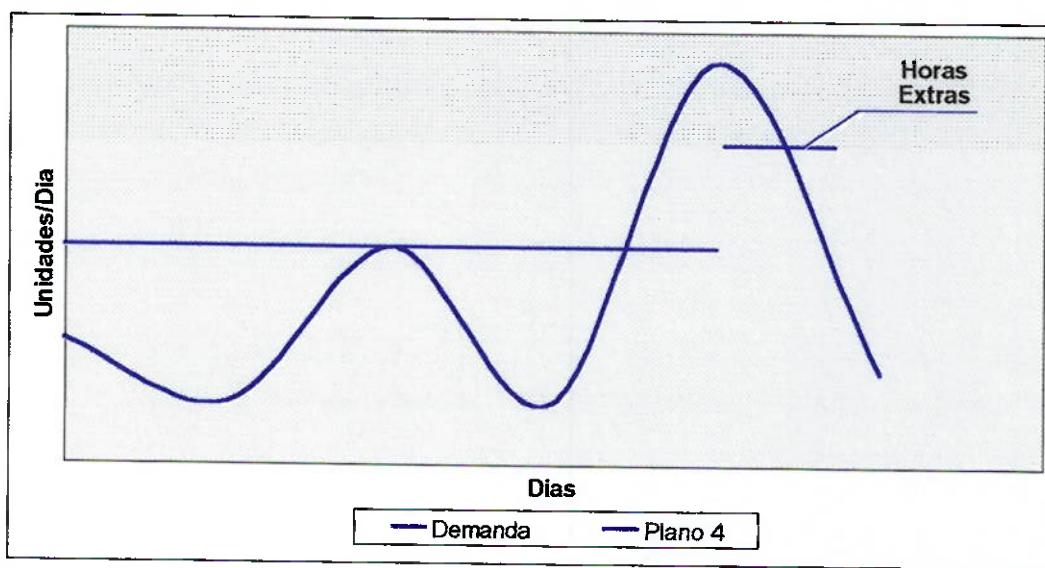


Figura 3.6 Plano 4

Adaptado de Santoro (2001)

- *Plano 5 – Produção constante no horizonte de planejamento com permissão de faltas do produto*

O plano 5 tem um nível de produção como os planos 3 e 4 apresentados anteriormente. No entanto permite a ocorrência de faltas. Assim o principal custo associado a este plano não é o de subcontratação ou o de hora extra, mas sim o custo de falta (não atendimento). O gráfico abaixo apresenta este plano 5.

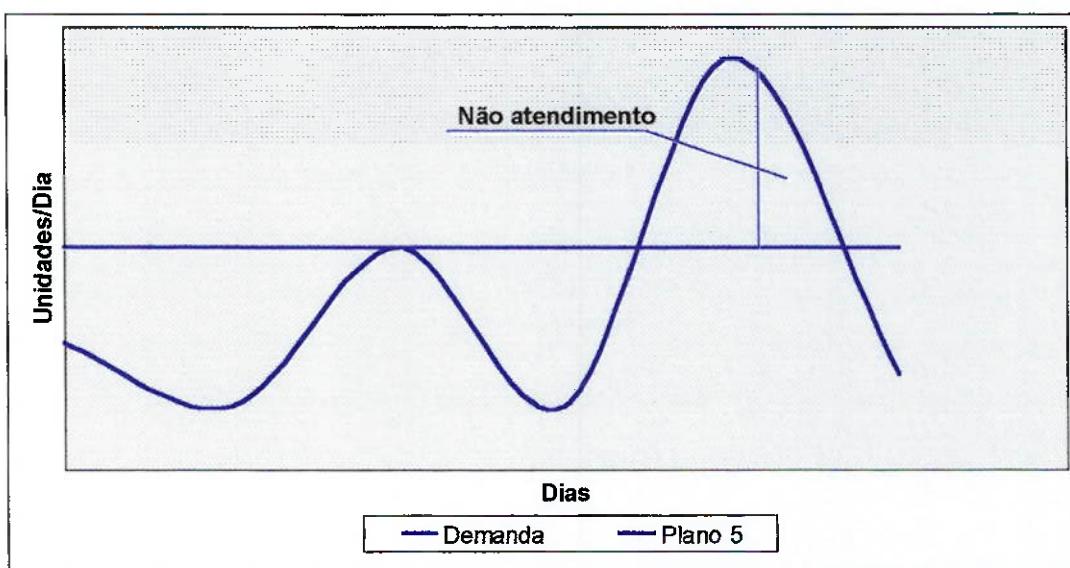


Figura 3.7 Plano 5

Adaptado de Santoro (2001)

Considerando estes planos apresentados, é possível examinar as variáveis de decisão de um plano de produção e os custos associados na tabela abaixo apresentada em Santoro (2001):

Variáveis de Decisão	Custos Associados
• Estoque	<ul style="list-style-type: none"> • Armazenagem (espaço físico e manuseio) • Capital (pela imobilização em estoques)
• Atraso	<ul style="list-style-type: none"> • Mal atendimento
• Não atendimento	<ul style="list-style-type: none"> • Vendas perdidas
• Admissão	<ul style="list-style-type: none"> • Recrutamento • Seleção • Admissão • Treinamento • Turnos adicionais
• Demissão	<ul style="list-style-type: none"> • Demissão • Imagem no Mercado
• Horas Extras	<ul style="list-style-type: none"> • Horas Extras (diretos e administrativos)
• Subcontratação	<ul style="list-style-type: none"> • Custo adicional da produção subcontratada • Controle da subcontratação
• Ociosidade	<ul style="list-style-type: none"> • Sub-ocupação de mão-de-obra

Tabela 3.5 Variáveis de Decisão e Custos Associados

A elaboração de um modelo de Planejamento Agregado de Produção permite obter uma solução otimizada quanto a todas as variáveis de decisão que possuam custos associados, ao invés de apenas se preocupar com a variável dominante em uma estrutura de custos.

Esta solução otimizada é obtida através de modelos matemáticos que fornecem diretamente os melhores planos de produção. Para isto é necessário conhecer os parâmetros das variáveis de decisão e estabelecer também um horizonte de planejamento.

Este horizonte de planejamento deve ser estabelecido de acordo com os *lead times* de produção de compra de materiais, a sazonalidade da demanda, de período fiscal ou de controle administrativo, e da confiabilidade das estimativas de demanda.

3.3.2 Modelos de Planejamento Agregado

É possível entender como “modelo” a abstração matemática simplificada do comportamento de um sistema real⁸. Segundo Buffa;Miller (1979), a criação de modelos de decisão para planejamento agregado envolve uma cuidadosa harmonia entre o mundo real, o modelo e a técnica da solução.

Segundo Morton (1999) existem quatro principais características em um modelo de planejamento agregado:

- O horizonte de planejamento é de médio/longo prazo;
- As decisões são feitas baseadas em agregação de produtos e recursos;
- A sazonalidade da produção/demandra é um importante ponto a ser considerado;
- Para estimativas de demanda, a regressão é um método típico.

⁸ NETO, P. R. B. Modelos Matemáticos para PPCP, Apostila, São Paulo.

Levando isto em consideração, para a escolha do modelo a ser adotado, é preciso levar em consideração se o modelo será:

- Linear ou não linear
- Estático ou dinâmico
- Valores contínuos ou discretos
- Determinísticos ou estocásticos

A seguir são listados alguns modelos de planejamento agregado:

- *Modelos Gráficos*

Estes modelos são restritos pois trabalham apenas com duas variáveis de decisão. Porém, é um tipo de modelo que pode ser útil para o caso da busca de um entendimento para o método para a solução do modelo.

- *Modelos de Programação Linear*

Estes modelos são os mais utilizados nos problemas de planejamento agregado, permitindo a inclusão de várias restrições (lineares), e o uso de grande quantidade de incógnitas. O algoritmo de solução utilizado é o Simplex.

- *Modelos Heurísticos*

Para estes modelos, as regras de decisão não garantem matematicamente uma solução ótima. Porém, dependendo da forma que forem modelados, garantem soluções muito adequadas para o problema.

3.4 Sistemas de Custos

No desenvolvimento de um modelo de planejamento agregado de produção, devem ser levados em consideração os custos associados às variáveis relevantes do problema.

Os Sistemas de Custos têm sua origem na contabilidade. Surgiram como tentativas de preencher algumas das lacunas dos sistemas contábeis, especialmente a dificuldade de avaliação do custo unitário do produto (que impacta na decisão do preço de venda)⁹.

Os Sistemas de Custos baseiam-se, na sua maioria, no princípio da absorção: alguns custos (os variáveis) são atribuídos aos produtos com base em uma utilização média real; os demais (fixos) são rateados por toda a produção, baseando-se em critérios escolhidos. Com a sofisticação dos sistemas de custos, estes fornecem bases concretas para decisões empresariais, como por exemplo:

- *Custeio Direto*

Ao invés da separação tradicional, faz a distinção entre custos diretos e indiretos. Os custos diretos são diretamente atribuídos e associados com receitas unitárias. Os produtos formam assim uma margem de contribuição individual a qual permite que eles, em sua somatória, possam compensar os custos indiretos e ainda gerar resultados positivos para a empresa. Apresenta bons resultados na análise de pedidos individuais, manutenção de linhas de produtos, entre outras.

⁹ A principal forma de estabelecer preço aos produtos durante muito tempo foi através da prática de mark-up (custo + margem fixa).

- *Custeio por Atividade (ABC)*

Ao contrário do anterior, não se concentra na determinação dos custos dos produtos, mas no das operações que são feitas. Sua maior contribuição é a de ampliar a utilização de técnicas de custeio de empresas. Serviu na década de 80 como ferramenta de priorização de cortes de custos em *downsizing*.

3.5 Conclusão

Baseando-se nos conceitos abordados sobre planejamento de produção, entende-se que o Planejamento Agregado de Produção é uma alternativa adequada para atender às necessidades da empresa estudada, considerando seu tipo de produção. Com isto, será desenvolvido como modelo de planejamento, um modelo matemático de mínimo custo.

4. DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO

4.1 Introdução

O modelo matemático utilizado no planejamento agregado da produção desta empresa é relativamente simples de se modelar e atende às principais variáveis de decisão que o gerenciamento de produção necessita, além ser de fácil a utilização de maneira sistemática na empresa. O software que será utilizado para a resolução do modelo matemático foi o *Lindo Systems'What's Best!*®.

Este software possui a vantagem de resolver problemas lineares, não-lineares e inteiros num ambiente de planilhas de cálculo eletrônicas tradicionais, como o *Excel*® e *Lotus*®, utilizando as próprias equações das planilhas.

Outra vantagem, sobre as ferramentas das próprias planilhas de cálculo eletrônicas, como o *solver*, por exemplo, é a sua grande capacidade de variáveis de decisão e equações de restrições suportadas.

4.2 Concepção do Modelo

A empresa na qual está sendo realizado o estudo tem uma demanda sazonal bem definida. A política da companhia é trabalhar com uma capacidade de mão-de-obra direta fixa durante 6 meses e aumentando esta capacidade nos outros 6 meses que contemplam o período de pico de demanda.

Considerando este horizonte de planejamento, para a concepção do modelo é necessário definir as entradas para a execução deste. As entradas serão:

- Demanda: previsão de venda prevista para cada mês (em litros). A demanda já é definida por famílias (agregada). Deve-se considerar

como premissa do problema apresentado que toda falta de um período é considerada venda perdida, ou seja, não pode ser recuperada no período seguinte.

- Custos: os custos que serão considerados já foram apresentados acima.
- Estoque Inicial: quanto de produto acabado estava em estoque no início do período analisado.
- Lote Mínimo: quanto (em litros) produz no mínimo cada máquina

Além das entradas do problema, um modelo de otimização exige que sejam consideradas as restrições que interferem no problema. No caso desta companhia, as restrições são:

- Capacidade de máquina: quanto cada máquina consegue produzir de uma determinada família de produtos em um determinado período de tempo.
- Capacidade de mão-de-obra direta: esta restrição está relacionada a quanto pode ser produzido com a mão-de-obra que está disponível.

A partir das entradas e das restrições definidas para nosso problema, a principal saída do modelo é a quantidade de produção e falta para cada período que geram um menor custo para a empresa.

Abaixo é apresentada uma figura que resume os principais parâmetros do problema em questão:



Figura 4.1 Proposta de Modelo

Elaborado pelo autor

4.3 Modelo Matemático

O modelo matemático deve considerar de forma fácil a maioria das variáveis de decisão e seus custos associados apresentados no Capítulo 3 do presente trabalho.

Será apresentado então modelo utilizado e posteriormente serão discutidas as diferenças do modelo genérico apresentado em Santoro (2001). Desta forma o modelo é mostrado a seguir.

$$\begin{aligned}
 \text{Min}_- \text{Custo} = & \sum_{i=1}^7 \sum_{t=1}^6 (m_{it} \times PRD_{it} + e_{it} \times EST_{it} + f_{it} \times FAL_{it} + tr_{it} \times TRA_{it}) + \\
 & + \sum_{c=1}^{10} \sum_{t=1}^6 (n_{ct} \times HNO_{ct} + x_{ct} \times HEX_{ct}) \quad (1)
 \end{aligned}$$

sujeito à:

$$EST_{it-1} + PRD_{it} - PVE_{it} = EST_{it} - FAL_{it} \quad (2) \quad (i=1 \dots I, t=1 \dots T)$$

$$\sum_{i=1}^7 \left(\frac{t_{ic}}{IEF_{ic}} \right) \times PRD_{it} = (HNO_{ct} + HEX_{ct}) \times IEF_c \quad (3) \quad (c=1 \dots C, t=1 \dots T)$$

$$HNO_{ct} = DIS_{ct} \quad (4) \quad (c=1 \dots C, t=1 \dots T)$$

$$HEX_{ct} \leq IEX_c \times DIS_{ct} \quad (5) \quad (c=1 \dots C, t=1 \dots T)$$

$$\sum_{i=1}^7 \left(\frac{t_{im}}{IEF_{im}} \right) \times PRD_{it} = DIS_{mt} \times IEF_m \quad (6) \quad (m=1 \dots M, t=1 \dots T)$$

Além das restrições de não negatividade das variáveis de decisão. É também necessário o apontamento inicial dos níveis de estoque e disponibilidade no instante $t=0$.

Com relação às equações apresentadas acima, a equação (2) apresenta a relação do estoque final e falta final com o nível de produção, previsão de demanda e estoque inicial no período. Com relação às equações (3) e (6) apresentadas, estas relacionam os níveis de produção com a utilização de Homens-hora e Homens-máquina (respectivamente), considerando a eficiência. Já as equações (4) e (5) têm como função definir a disponibilidade em Homens-hora, considerando hora normal e hora extra.

A seguir é apresentada a notação para o modelo de planejamento agregado:

i = índice de produtos $(i=1 \dots I)$

c = índice de centros produtivos $(c=1 \dots C)$

m = índice de centros de máquinas $(m=1 \dots M)$

t = índice de períodos no horizonte de planejamento $(t=1 \dots T)$

Hh = Homens hora

Hm = Horas máquina

- PRD_{it} = Nível de produção de i em t
- PVE_{it} = Previsão de venda de i em t
- EST_{it} = Estoque previsto de i no final de t
- FAL_{it} = Falta prevista de i no final de t
- TRA_{it} = Produção de i transportada no final de t
- HNO_{ct} = Previsão de utilização de Hh em hora normal, em c em t
- HEX_{ct} = Previsão de utilização de Hh em hora extra, em c em t
- DIS_{ct} = Disponibilidade total de Hh, em c em t
- DIS_{mt} = Disponibilidade total de Hm, em m em t
- t_{ic} = Hh padrão necessários para produzir uma unidade de i em t
- t_{im} = Hh padrão necessários para produzir uma unidade de i em m
- IEF_{ic} = Eficiência na operação de i em c (%)
- IEF_{im} = Eficiência na operação de i em m (%)
- IEF_c = Eficiência na utilização da disponibilidade total de c (%)
- IEF_m = Eficiência na utilização da disponibilidade total de m (%)
- IEX_c = Percentual aceitável de Hh em hora extra, em c em t (%)
- m_{it} = Custo unitário direto de produção (sem MOD)
- e_{it} = Custo de estoque de uma unidade de i em t
- f_{it} = Custo de falta de uma unidade de i em t
- tr_{it} = Custo de transporte de uma unidade de i em t
- n_{ct} = Custo de Hh em hora normal, em c em t

$$x_{ct} = \text{Custo de Hh em hora extra, em c em t}$$

4.3.1 Diferenças para o Modelo Genérico

Algumas diferenças se apresentam entre o modelo acima e um modelo genérico apresentado em Santoro (2001). A primeira grande diferença está na questão das admissões e demissões.

No modelo genérico, calcula-se os níveis de admissão e demissão para cada período, alterando as disponibilidades de mão-de-obra direta e também otimizando os custos associados à admissão e demissão. No caso da Kibon, o número de operários é sempre fixo durante um horizonte de 6 meses. No período de verão, são contratados operários temporários para aumentar a disponibilidade de mão-de-obra.

Desta forma será mantida esta disponibilidade fixa em cada mês, não utilizando no modelo variáveis de admissão e demissão. Portanto o modelo também não fica sujeito à seguinte restrição que se apresenta no modelo genérico:

$$DIS_{ct} - DIS_{ct-1} = ADM_{ct} - DEM_{ct} \quad (7)$$

Também, não serão consideradas as horas ociosas, pois por estratégia da empresa, não se verificou a necessidade de se punir com um valor de custo maior que o custo de hora normal, as horas ociosas.

Outro ponto diferente se refere à inclusão de uma variável de transporte de um determinado produto fabricado em Recife para o consumo de uma demanda de São Paulo. Assim, agregado a esta variável também existe seu custo associado. É importante salientar que é possível considerar as duas plantas da forma apresentada no modelo, já que é possível considerar o

produto acabado isolado das duas fábricas, seguindo a forma de trabalho da empresa estudada.

5. OBTENÇÃO DOS DADOS PARA O PLANEJAMENTO AGREGADO

5.1 Introdução

Para executar um eficiente planejamento, as informações referentes ao sistema de produção são de fundamental importância. Estes dados (produtos, centros produtivos, demanda, disponibilidade de recursos pior exemplo) fornecem subsídios necessários para o planejamento.

Com relação a estas informações, o seu nível de agregação depende do nível de planejamento requerido. A tabela a seguir, apresentada em Santoro (2001), apresenta as diferenças nos níveis de agregação das informações.

Nível Agregado	Nível Detalhado
• Famílias de produtos	• Produtos
• Centros Produtivos Máquinas	• Máquinas
• Centros Produtivos Humanos (qualificações e atividades diferentes)	• Centros Produtivos Humanos (qualificações e atividades iguais)
• Períodos grandes	• Períodos pequenos
• Roteiros e tempos das famílias pelos centros	• Roteiros e tempos dos produtos pelas máquinas
• Demanda das famílias nos períodos	• Demanda dos produtos nos períodos

Tabela 5.1 Níveis de Agregação das Informações

A seguir, será discutida a metodologia de coleta de dados na empresa estudada para a realização do planejamento agregado de produção. De uma forma geral, os dados foram obtidos diretamente com as áreas (e seus responsáveis) associadas ao tipo de cada informação. Estes dados foram analisados em planilhas de cálculo eletrônicas para prepará-los corretamente para o modelo a ser implantado.

5.2 Produtos

Como visto anteriormente, os sorvetes possuem diferenciação no processo de fabricação além da diferenciação de componentes. Esta variação no processo ocorre no envase do produto.

Os critérios adotados para formar as famílias de produtos foram sempre relativos ao seu processo de fabricação. Cada uma destas famílias tem certos centros de trabalho que podem passar para serem fabricadas.

Como apresentado anteriormente, as famílias de produtos da Kibon são as seguintes:



Figura 5.1 Famílias de produtos

Elaborado pelo autor¹⁰

A diferenciação estabelecida para as famílias de Extrudados e Extrudados Stickless, dividindo-as em duas partes se deve ao fato de apesar da tecnologia implantada para a produção dos Extrudados (1) e do (2), por exemplo, ser a mesma, existem produtos com margens de certa forma distante dentro destas famílias. Desta forma, dividiu-se em dois grupos para

¹⁰ Os nomes das famílias de produtos são os utilizados pela empresa estudada

que dentro deste dois grupos apresentassem semelhança também no custo de falta.

Para a escolha das famílias que farão parte do modelo de planejamento agregado, serão levados em consideração os centros de trabalho pelos quais as famílias terão que passar, aumentando a abrangência do modelo, e também a importância da família nas vendas da empresa.

5.2.1 Família de Produtos para o Planejamento Agregado

A participação do produto nas vendas da companhia é um fator muito importante para que se possa definir a escolha das famílias de produtos. Também, a margem financeira de um produto também pode ser considerada fator fundamental, pois interfere diretamente no resultado da empresa. Se um produto de grande venda e de uma boa margem falta no mercado o impacto é ainda maior para a companhia,

Para entender melhor esta abordagem, é apresentado abaixo uma figura¹¹ que representa o método de cálculo do resultado financeiro de um empresa de manufatura, com ênfase em venda de bens de consumo, como é o caso da Kibon.

¹¹ O modelo foi desenvolvido pelo autor juntamente com a equipe Financeira da empresa

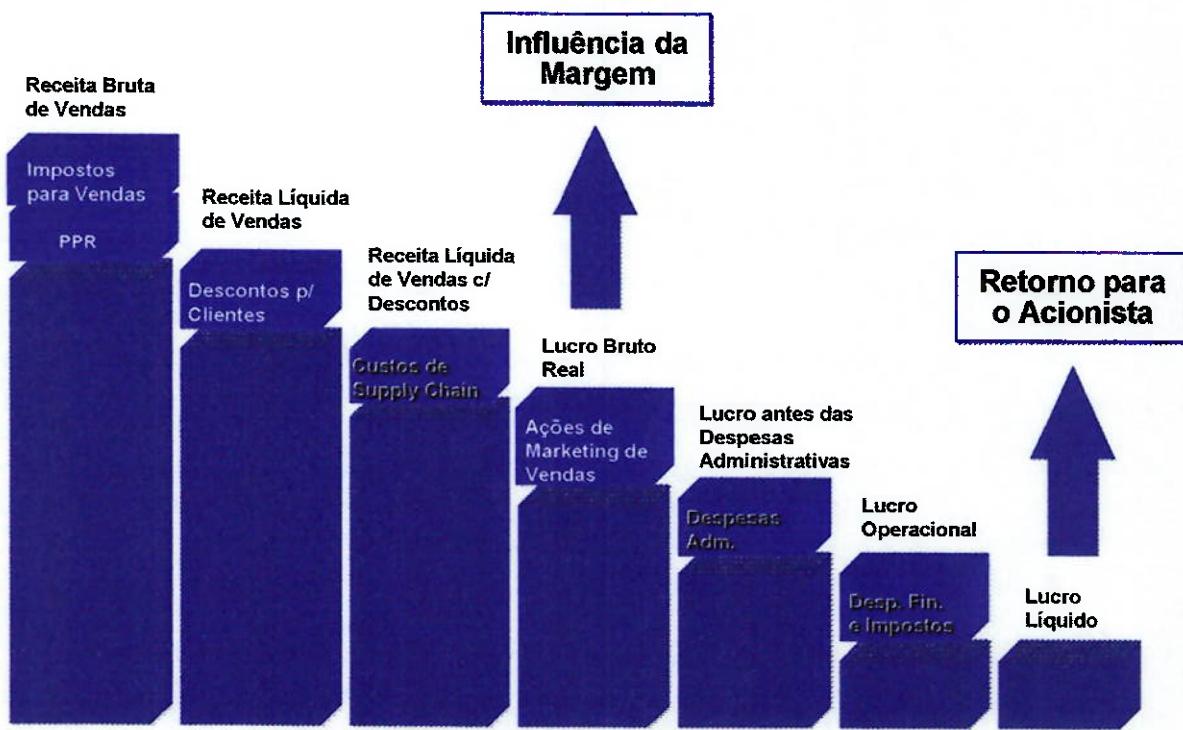


Figura 5.2 Modelo de Cálculo de Resultados

Elaborado pelo autor e pela empresa

O acionista da Unilever deseja o maior retorno do seu capital investido. Este retorno é consequência do lucro líquido do período. Para aumentar este lucro líquido é preciso buscar aumentar o lucro bruto real. Para tanto se busca diminuir os custos de produção e de distribuição e também maximizar os resultados das vendas. Portanto é importante diminuir as faltas (e consequentemente seu custo associado), principalmente dos produtos que proporcionam as maiores margens, para maximizar o lucro real bruto e assim também influenciar positivamente o retorno dos acionistas.

Sendo assim, considerando a porcentagem nas vendas e as margens dos produtos, definimos quais famílias iriam participar do modelo de planejamento agregado que será desenvolvido. Estas serão no total de 7 famílias e representam mais de 80% do resultado financeiro. No entanto, este modelo será desenvolvido de tal forma que permita atualizações e modificações que com tempo sejam julgadas como necessárias.

5.3.1 Obtenção dos Dados de Demanda

A base de dados utilizada pela empresa para que se realizem análises é aberta, ou seja, é possível utilizar ferramentas externas, como planilhas de cálculos do tipo *Microsoft Excel*®, para fazer as manipulações necessárias para a retirada de informações no formato desejado.

Para que fosse realizada uma análise da importância de implantação de um modelo de planejamento agregado, serão utilizados dados históricos de demanda. Com isso será possível comparar os custos antes e depois da implantação de um modelo.

Para o planejamento agregado, como já abordado anteriormente, não interessa a visão detalhada dos produtos, e sim uma visão de forma agregada. Esta visão agregada foi refletida na formação das famílias conforme discutido anteriormente neste capítulo.

A partir disto, foram obtidos os dados de previsão de demanda para cada uma das famílias, no horizonte de 6 meses. Estes dados podem ser visualizados na tabela abaixo:

Famílias	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
• Família A	4846,14	5097,70	6407,25	7934,71	6173,23	4844,84
• Família B	260,57	274,25	282,05	418,20	230,47	277,19
• Família C	309,91	321,52	371,83	410,11	289,01	398,35
• Família D	528,28	515,68	591,10	916,05	486,60	260,18
• Família E	514,28	464,21	362,88	412,77	362,88	354,80
• Família F	384,00	290,54	278,84	270,56	250,80	250,88
• Família G	375,00	398,00	398,00	415,25	398,00	382,75

Tabela 5.2 Dados de Demanda das Famílias

Elaborado pelo autor

O plano de produção sugerido através do planejamento agregado dará como resposta, a partir desta demanda, sinalizará o nível de falta e estoque, de modo que os custos sejam minimizados.

5.4 Centros de Trabalho

Os centros de trabalho definidos são as linhas de produção que podem ser utilizadas para a produção de cada uma das famílias determinadas. Foram utilizados um total de 10 centros de trabalho, que englobam todas as 7 famílias.

Para definir o consumo dos centros de trabalho foi considerado o dado de Homens-Hora. As estimativas das disponibilidades de tempo para o trabalho nos períodos mensais de planejamento foram fornecidas pela empresa, e sempre dado em disponibilidade normal, ou seja, é o tempo que realmente pode-se utilizar o centro de trabalho. Para tanto estão descontadas as paradas inerentes ao processo (falta de energia, quebras, etc).

Assim, os centros de trabalho que serão utilizados no modelo de planejamento agregado, e que contemplam o processo produtivo das famílias escolhidas, serão denominadas da seguinte forma:

- CT 1
- CT 2
- CT 3
- CT 4
- CT 5
- CT 6
- CT 7
- CT 8
- CT 9

- CT 10

O conjunto dos centros de trabalho e produtos possui atributos como roteiros, tempos de preparação de máquinas, consumo de disponibilidades das operações, e outros, que devem ser conhecidos para o planejamento de produção.

A seguir, serão apresentadas na tabela¹² abaixo as disponibilidades de cada um dos centros de trabalho, além de associar o centro de trabalho à família que pode ser produzida neste centro.

É importante ressaltar que os tempos considerados nas operações foram sempre os tempos reais médios, isto é, o tempo padrão dividido pelo índice de eficiência.

Centro de Trabalho	Família A	Família B	Família C	Família D	Família E	Família F	Família G	Tons/Hora	Disponibilidade Normal (h)
• CT 1	X							6,3	6240
• CT 2	X	X						2,7	6720
• CT 3			X		X			0,79	6240
• CT 4				X				0,57	4800
• CT 5			X					0,64	3840
• CT 6				X				0,33	7200
• CT 7					X	X		0,35	6240
• CT 8					X		X	0,62	3840
• CT 9						X		0,89	5760
• CT 10							X	1,1	4320

Tabela 5.3 Famílias x Centros de Trabalho

Elaborado pelo autor

¹² Na tabela, a unidade de medida Tons, utilizada pela empresa, representa 1000 Litros

5.5 Custos

Como abordado anteriormente, para todas variáveis de decisão, que envolvem o planejamento agregado de produção, existem custos associados. Um modelo de Planejamento Agregado auxilia o gerenciamento da produção, buscando uma solução otimizada com relação aos custos associados às variáveis de decisão.

A seguir será apresentado o sistema de custos utilizado pela empresa e como serão utilizadas estas informações adequadas ao modelo.

5.5.1 Sistema de Custos na Kibon

5.5.1.1 Custos de Produção

A composição dos custos de Produção na Kibon é formada por três componentes básicos:

- Materiais Diretos (matéria-prima e material de embalagem)
- Mão-de-Obra Direta
- Gastos Gerais de Fabricação (Fixos e Variáveis)

As matérias-primas, as embalagens e outros componentes diretos utilizados no processo são apropriados aos produtos pelo seu valor histórico de aquisição. Todos os gastos incorridos para a colocação desses materiais em condições de uso incorporam o valor desse bem. A base de apropriação é o consumo padrão de insumos (fórmula de produção).

Os custos com mão-de-obra incluem salários do pessoal que trabalha diretamente na fabricação do produto, adicionados a eles os encargos sociais, trabalhistas e previdenciários. A base de apropriação é o volume de

homens-hora padrão. A tabela abaixo apresenta os custos de mão-de-obra direta:

Plantas	Custo de MOD para Hora Normal (\$/HH)	Custo de MOD para Hora Extra (\$/HH)
• São Paulo	\$ 11,46	\$ 20
• Pernambuco	\$ 7,64	\$ 15

Tabela 5.4 Custos de Mão-de-Obra Direta

Elaborado pelo autor

Os gastos de fabricação variáveis são classificados como custos indiretos de fabricação. Alguns exemplos são energia elétrica, água, materiais de manutenção de máquinas, etc. Já os gastos gerais de fabricação fixos são custos que não variam em função do volume de produção e são chamados pela empresa como Custos de Estrutura Operacional. Incluem gastos como mão-de-obra indireta de fabricação, engenharia, gastos com manutenção de prédios, etc. A base de apropriação para ambos os casos é o volume de produção.

A seguir apresentamos um modelo utilizado pela empresa para apresentar o custo de conversão (fabricação):



Figura 5.3 Custo de Conversão

Elaborado pelo autor

Assim, a tabela abaixo, apresenta os custos de produção sem os custos de mão-de-obra direta que será contabilizado em separado no modelo e foi definido anteriormente:

Famílias	Custo de Conversão em SP (\$/ton)	Custo de Conversão em PE (\$/ton)
• Família A	751	-
• Família B	1261	-
• Família C	2000	1500
• Família D	1560	1200
• Família E	1840	1670
• Família F	1540	1240
• Família G	1410	1150

Tabela 5.5 Custo de Conversão

Elaborado pelo autor

5.5.1.2 Custos de Estoque

Além dos custos de produção, outros custos importantes devem ser considerados. Um deles é o custo de estoque que considera tanto o custo de estocagem física quanto à imobilização de capital. Na Refrio, apresentada no Capítulo 2, o sistema de cobrança é bastante particular. O mês é dividido em duas quinzenas e, em cada uma delas, é apurado o dia em que houve maior armazenagem (pico de armazenagem). O custo é dividido entre as duas quinzenas proporcionalmente ao total de dias úteis em cada uma delas. O valor de cada quinzena é, então, multiplicado pelo pico de armazenagem de cada uma. Os dois valores são somados, obtendo-se o total gasto no mês.

Os dados dos custos de estoque foram fornecidos pelo setor de Finanças da empresa e estão definidos na tabela abaixo em conjunto aos dados de estoque inicial para o modelo:

Familias	Custo de Estoque (\$/Ton)	Estoque Inicial
• Família A	86	2673
• Família B	75	400
• Família C	81	150
• Família D	76	600
• Família E	76	550
• Família F	77	160
• Família G	82	137

Tabela 5.6 Custos de Estoque e Estoque Inicial

Elaborado pelo autor

5.5.1.3 Custos de Falta

Outro custo de grande relevância, considerando a estratégia da empresa, é o custo de falta. O mercado de sorvetes é muito guiado pelo impulso. Quando um consumidor não encontra o seu produto na prateleira, ele automaticamente recorre ao de uma concorrente. Com isto, a empresa pode perder este consumidor também para vendas futuras. Desta forma o custo de falta é uma variável extremamente estratégica para a empresa, tendo então um alto valor, tornando a falta como uma péssima opção de uso para o modelo matemático. Ele vai ser calculado a partir do valor que a empresa deixa de ganhar com a não venda de um produto que tenha uma previsão de demanda calculada.

Os custos de falta¹³ obtidos que serão utilizados pelo modelo desenvolvido estão apresentados na tabela abaixo:

¹³ Os valores do custo de falta foram calculados pelo autor auxiliado pelos setores de Finanças e Trade Marketing

Famílias	Custo de Falta (\$/Ton)
• Família A	4950
• Família B	7500
• Família C	16000
• Família D	17000
• Família E	16500
• Família F	11000
• Família G	8500

Tabela 5.7 Custos de Falta

Elaborado pelo autor

5.5.1.4 Custos de Transporte

Além destes custos apresentados, como para fins de modelo iremos considerar as duas plantas da Kibon apresentadas anteriormente para atender a demanda, um custo mais é adicionado que é o custo de transporte entre as plantas. Este custo de transporte é de aproximadamente \$160/ton.

5.6 Obtenção dos Dados

A forma de obtenção dos dados que foram apresentados neste capítulo está sistematizada e fácil de se obter devido à metodologia aplicada e ao simples uso dos sistemas para manipulação dos dados.

Desta forma, a atualização dos dados para uma utilização mensal no plano agregado de produção é certamente factível.

5.7 Implementação do Modelo no Software

Com base nos dados coletados e apresentados no capítulo 5, foi feita a implementação de modelo em uma planilha eletrônica de cálculo, que no caso foi o *Microsoft Excel®*. A forma com que a planilha foi disposta está apresentada na figura abaixo:

Centro de Trabalho	Famílias de Produtos							Custo das Horas				IEX	DIS
	Família A	Família B	Família C	Família D	Família E	Família F	Família G	Normal SP	Normal PE	Extra SP	Extra PE		
CT 1	3150	0	0	0	0	0	0	11,46	0	20	0	0,3	6240
CT 2	1350	2700	0	0	0	0	0	11,46	0	20	0	0,3	6720
CT 3	0	0	12640	0	7900	0	0	11,46	0	20	0	0,3	6240
CT 4	0	0	0	9690	0	0	0	11,46	0	20	0	0,3	4800
CT 5	0	0	10240	0	0	0	0	0	7,64	0	15	0,3	3840
CT 6	0	0	0	5610	0	0	0	0	7,64	0	15	0,3	7200
CT 7	0	0	0	0	3500	1945	0	0	7,64	0	15	0,3	6240
CT 8	0	0	0	0	6200	0	2215	0	7,64	0	15	0,3	3840
CT 9	0	0	0	0	0	4940	0	11,46	0	20	0	0,3	5760
CT 10	0	0	0	0	0	0	3930	11,46	0	20	0	0,3	4320
m [SP]	751	1261	2000	1560	1840	1540	1410	custo de produção SP					
m [PE]	-	-	1500	1200	1670	1240	1150	custo de produção PE					
a	86	75	81	76	76	77	82	custo de estoque					
f	4950	7500	16000	17000	16500	11000	8500	custo de falta					
tr	-	-	150	175	160	165	173	custo de transporte					
ESTOQUE	1100	100	150	600	550	160	137						
Previsão de Vendas													
i=1	4846,14	260,57	309,91	528,28	514,28	384,00	375,00						
i=2	5097,70	274,25	321,52	515,68	464,21	290,54	398,00						
i=3	6407,25	282,05	371,83	591,10	362,68	278,84	398,00						
i=4	7934,71	418,20	410,11	916,05	412,77	270,56	415,25						
i=5	6173,23	230,47	289,01	486,60	362,68	250,80	398,00						
i=6	4844,84	277,19	398,35	260,18	354,80	250,88	382,75						

Custo 1	0 Custo de Produção
Custo 2	0 Custo de Estoque
Custo 3	0 Custo de Falta
Custo 4	0 Custo de Transporte
Custo 5	0 Custo de Hora Normal
Custo 6	0 Custo de Hora Extra

Minímo 0 Máxima soma dos custos

Figura 5.4 Dados para o modelo de Planejamento

Elaborado pelo autor

A tela acima mostra a função objetivo¹⁴ que está desmembrada em 6 expressões a serem minimizadas, que são:

- Custo de Produção
- Custo de Estoque
- Custo de Falta
- Custo de Transporte
- Custo de Utilização de Horas Normais
- Custo de Utilização de Horas Extras

¹⁴ O números estão em tons, que para a empresa significa 1000 Litros.

Desta forma, a função objetivo de mínimo custo será a soma das parcelas listadas acima.

A seguir, é apresentada a disposição das variáveis de decisão na planilha que foi elaborada. Nesta parte, será possível visualizar os resultados de produção, estoque e falta.

Planilha Solução

Produtos	Estoque Inicial	t=1				t=2			
		PRD	DEM	EST	FAL	PRD	DEM	EST	FAL
Família A	2673	0	4846,14	0	0	0	5097,70	0	0
Família B	400	0	260,57	0	0	0	274,25	0	0
Família C	150	0	309,91	0	0	0	321,52	0	0
Família D	600	0	528,28	0	0	0	515,68	0	0
Família E	550	0	514,28	0	0	0	464,21	0	0
Família F	160	0	384,00	0	0	0	290,54	0	0
Família G	137	0	375,00	0	0	0	398,00	0	0

Centro de Trabalho	Disponibilidade			t=1		t=2		t=3	
	HNO	HEX	HNO+HEX	HNO	HEX	HNO	HEX	HNO	HEX
CT 1	6240	1872	8112	0	0	0	0	0	0
CT 2	6720	2016	8736	0	0	0	0	0	0
CT 3	6240	1872	8112	0	0	0	0	0	0
CT 4	4800	1440	6240	0	0	0	0	0	0
CT 5	3840	1152	4992	0	0	0	0	0	0
CT 6	7200	2160	9360	0	0	0	0	0	0
CT 7	6240	1872	8112	0	0	0	0	0	0
CT 8	3840	1152	4992	0	0	0	0	0	0
CT 9	5760	1728	7488	0	0	0	0	0	0
CT 10	4320	1296	5616	0	0	0	0	0	0

Figura 5.5 Planilha Solução

Elaborada pelo autor

A figura acima tem como função facilitar a visualização da implementação no software.

As células em azul são as variáveis de decisão (células variáveis definidas pelo *What's Best!*).

Com isto, é possível procurar a solução do problema através do software. Os resultados e as discussões estarão no próximo capítulo do trabalho.

6. RESULTADOS E ANÁLISES

6.1 Resultados

O modelo apresentado anteriormente gerou uma planilha de resultados que fornece a quantidade a ser produzida, de cada família de produto, em cada um dos seis períodos propostos para o planejamento, sugerindo os estoques e observando as faltas. Além disto, a planilha fornece o consumo das horas normais e extras em cada um dos dez centros de distribuição nos respectivos períodos de planejamento:

Os resultados¹⁵ obtidos estão apresentados a seguir:

Produtos	Estoque Inicial	t=1				t=2			
		PRD	DEM	EST	FAL	PRD	DEM	EST	FAL
Família A	1100	5455,29	4846,14	1709,15	0,00	5341,70	5097,70	1953,15	0,00
Família B	100	160,59	260,57	0,02	0,00	274,23	274,25	0,00	0,00
Família C	150	301,64	309,91	141,73	0,00	308,83	321,52	129,04	0,00
Família D	600	561,60	528,28	633,32	0,00	561,60	515,68	679,24	0,00
Família E	550	408,10	514,28	443,82	0,00	470,60	464,21	450,21	0,00
Família F	160	264,06	384,00	40,06	0,00	296,11	290,54	45,63	0,00
Família G	137	271,24	375,00	33,24	0,00	367,74	398,00	2,98	0,00

Tabela 6.1 Resultados para t=1 e t=2

Elaborado pelo autor

Produtos	Estoque Inicial	t=3				t=4				FAL
		PRD	DEM	EST	FAL	PRD	DEM	EST	FAL	
Família A	1100	5333,79	6407,25	879,69	0,00	5197,74	7934,71	0,00	1857,28	
Família B	100	282,05	282,05	0,01	0,00	418,20	418,20	0,01	0,00	
Família C	150	428,10	371,83	185,31	0,00	512,21	410,11	287,41	0,00	
Família D	600	561,60	591,10	649,74	0,00	380,13	916,05	113,82	0,00	
Família E	550	475,95	362,88	563,28	0,00	314,90	412,77	465,41	0,00	
Família F	160	309,53	278,84	76,32	0,00	331,84	270,56	137,60	0,00	
Família G	137	592,62	398,00	197,60	0,00	412,04	415,25	194,39	0,00	

Tabela 6.2 Resultados para t=3 e t=4

Elaborado pelo autor

¹⁵ Os resultados apresentados na planilha solução estão arredondados

Produtos	Estoque Inicial	t=5				t=6			
		PRD	DEM	EST	FAL	PRD	DEM	EST	FAL
Família A	1100	5385,34	6173,23	0,00	787,89	4948,46	4844,84	103,62	0,00
Família B	100	230,60	230,47	0,13	0,00	278,36	277,19	1,31	0,00
Família C	150	135,41	289,01	133,81	0,00	267,36	398,35	2,82	0,00
Família D	600	374,07	486,60	1,29	0,00	260,04	260,18	1,15	0,00
Família E	550	145,65	362,88	248,18	0,00	166,95	354,80	60,33	0,00
Família F	160	122,18	250,80	8,98	0,00	243,23	250,88	1,33	0,00
Família G	137	204,10	398,00	0,49	0,00	383,36	382,75	1,10	0,00

Tabela 6.3 Resultados para t=5 e t=6

Elaborado pelo autor

Centro de Trabalho	Disponibilidade			t=1		t=2		t=3	
	HNO	HEX	HNO+HEX	HNO	HEX	HNO	HEX	HNO	HEX
CT 1	6240	1872	8112	6240	1872	6240	1872	6240	1872
CT 2	6720	2016	8736	6720	2016	6720	2016	6720	2016
CT 3	6240	1872	8112	5772	0	6204	0	6183	0
CT 4	4800	1440	6240	4800	1440	4800	1440	4800	1440
CT 5	3840	1152	4992	2608	0	3776	0	3840	880
CT 6	7200	2160	9360	7200	2160	7200	2160	7200	2160
CT 7	6240	1872	8112	4056	0	5742	0	5976	0
CT 8	3840	1152	4992	5584	0	3727	0	5597	0
CT 9	5760	1728	7488	2088	0	1908	0	2004	0
CT 10	4320	1296	5616	882	0	756	0	1845	0

Tabela 6.4 Ocupação dos Centros de Trabalho para t=1, t=2 e t=3

Elaborado pelo autor

Centro de Trabalho	Disponibilidade			t=4		t=5		t=6	
	HNO	HEX	HNO+HEX	HNO	HEX	HNO	HEX	HNO	HEX
CT 1	6240	1872	8112	6240	1872	6240	1872	6240	1872
CT 2	6720	2016	8736	6720	2016	6720	2016	6720	0
CT 3	6240	1872	8112	5003	0	2271	0	2415	0
CT 4	4800	1440	6240	3182	0	4189	0	2310	0
CT 5	3840	1152	4992	3840	335	1552	0	3192	0
CT 6	7200	2160	9360	7200	1835	6150	0	5835	0
CT 7	6240	1872	8112	6240	481	2158	0	2522	0
CT 8	3840	1152	4992	6240	786	702	0	1196	0
CT 9	5760	1728	7488	2034	0	864	0	2364	0
CT 10	4320	1296	5616	1439	0	297	0	774	0

Tabela 6.5 Ocupação dos Centros de Trabalho para t=4, t=5 e t=6

Elaborado pelo autor

6.2 Análise dos Resultados

Para realizar uma análise dos resultados obtidos é necessário considerar a estratégia da empresa. Como abordado anteriormente, a principal preocupação atual da empresa estudada é a redução de custos.

Com a modelagem do problema, foi possível detectar que o principal custo associado é o custo de falta. Desta forma, a principal análise de resultados a ser realizada deve ser relacionada a esta importante variável. Além disto, os níveis de ocupação, como por exemplo, as utilizações de horas extras devem ser consideradas.

Como abordado, um subsídio importante fornecido por este modelo de planejamento agregado de produção é relacionado aos custos associados às variáveis de decisão. Os resultados dos mínimos custos para o atendimento da demanda no período estudado foram os seguintes:

Custo 1	35.237.154	<i>Custo de Produção</i>
Custo 2	857.575	<i>Custo de Estoque</i>
Custo 3	13.093.592	<i>Custo de Falta</i>
Custo 4	616.693	<i>Custo de Transporte</i>
Custo 5	2.670.092	<i>Custo de Hora Normal</i>
Custo 6	503.645	<i>Custo de Hora Extra</i>
Mínimo	52.978.751	<i>Mínima soma dos custos</i>

Tabela 6.6 Resultado dos mínimos custos

Elaborado pelo autor

Para uma análise mais adequada destes resultados apresentados acima, a seguir, serão examinados separadamente, os níveis de produção, estoque e falta, e a ocupação no período de planejamento.

6.2.1 Produção, Estoque e Falta

Os níveis de produção atendem a demanda estimada de uma forma adequada para a maioria das famílias de produtos, como é possível observar nas tabelas abaixo, que apresentam os níveis de produção e de faltas:

Produtos	PRODUÇÃO					
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
Família A	5455,29	5341,70	5333,79	5197,74	5385,34	4948,46
Família B	160,59	274,23	282,05	418,20	230,60	278,36
Família C	301,64	308,83	428,10	512,21	135,41	267,36
Família D	561,60	561,60	561,60	380,13	374,07	260,04
Família E	408,10	470,60	475,95	314,90	145,65	166,95
Família F	264,06	296,11	309,53	331,84	122,18	243,23
Família G	271,24	367,74	592,62	412,04	204,10	383,36
Total	7422,52	7620,81	7983,64	7567,06	6597,35	6547,76

Tabela 6.7 Níveis de Produção

Elaborado pelo autor

Produtos	FALTAS					
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
Família A	0,00	0,00	0,00	1857,28	787,89	0,00
Família B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	0,00	0,00	0,00	1857,28	787,89	0,00

Tabela 6.8 Níveis de Faltas E

laborado pelo autor

Como é possível detectar, a demanda de Família A não foi atendida, ocasionando grandes faltas de produtos nos períodos t=4 e t=5. Como explorado anteriormente, esta falta propicia um grande ônus para a empresa, pois como a compra é feita por impulso, o cliente e sua compra são perdidos imediatamente.

Esta falta ocorre porque os centros de trabalho utilizados para a produção dos itens da Família A não têm capacidade suficiente para a produção da demanda apresentada para estes itens. Isto faz com que ocorram estas faltas nos picos de demanda do período de planejamento.

Esta tendência já vem sendo observada na empresa, pois nos últimos períodos, os itens da Família A têm apresentado aumento em sua demanda, o que faz com que ultrapasse a capacidade produtiva dos centros de

trabalho, nos períodos de pico de demanda. Devido a este constatação, é urgente a elaboração de uma estratégia para aumentar esta capacidade e diminuir o custo de falta apresentado.

Outro ponto a ser analisado é a quantidade de estoques das famílias de produtos para cada período do planejamento. O resultados obtidos podem ser visualizados abaixo:

Produtos	ESTOQUE					
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
Família A	1709,15	1953,15	879,69	0,00	0,00	103,62
Família B	0,02	0,00	0,01	0,01	0,13	1,31
Família C	141,73	129,04	185,31	287,41	133,81	2,82
Família D	633,32	679,24	649,74	113,82	1,29	1,15
Família E	443,82	450,21	563,28	465,41	248,18	60,33
Família F	40,06	45,63	76,32	137,60	8,98	1,33
Família G	33,24	2,98	197,60	194,39	0,49	1,10
Total	3001,34	3260,25	2551,95	1198,64	392,88	171,66

Tabela 6.9 Níveis de Estoque

Elaborado pelo autor

Como o produto vendido pela empresa apresenta uma visível sazonalidade, o modelo preocupa-se em pré-estocar em períodos de demanda menor, para que sejam evitadas faltas nos períodos de pico de demanda, que ultrapassam a capacidade fabril.

Desta forma, a quantidade produzida nos primeiros períodos é maior que sua demanda, e com isto gera-se um estoque a ser consumido no pico, situado no problema em t=4.

Com relação à Família A, mesmo utilizando esta estratégia de pré-estocagem, não foi possível evitar as faltas. Com isto os estoques apresentados para estas famílias em t=4 e t=5 ficam zerados. Com isto, qualquer variação na demanda pode ocasionar faltas ainda maiores.

Ainda, é possível observar que o estoque inicial era insuficiente. Por isto é utilizado um horizonte rolante, que irá melhor adequar a pré-estocagem que buscará evitar faltas.

Como os itens da Família B são produzidos em um dos centros de trabalho no qual também são produzidos os itens da Família A, não fica caracterizada a pré-estocagem devido a problemas de capacidade, fazendo com que para a Família B seja produzida para cada período uma quantidade muito próxima à demanda.

6.2.2 Horas Normais e Extras

Os resultados dos consumos de horas normais e de horas extras para o cumprimento do plano de produção estão apresentados nas tabelas abaixo:

Centro de Trabalho	HORA NORMAL						
	Disp.	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
CT 1	6240	6240	6240	6240	6240	6240	6240
CT 2	6720	6720	6720	6720	6720	6720	6720
CT 3	6240	5772	6204	6183	5003	2271	2415
CT 4	4800	4800	4800	4800	3182	4189	2310
CT 5	3840	2608	3776	3840	3840	1552	3192
CT 6	7200	7200	7200	7200	7200	6150	5835
CT 7	6240	4056	5742	5976	6240	2158	2522
CT 8	3840	5584	3727	5597	6240	702	1196
CT 9	5760	2088	1908	2004	2034	864	2364
CT 10	4320	882	756	1845	1439	297	774

Tabela 6.10 Consumo de Horas Normais

Elaborado pelo autor

Centro de Trabalho	HORA EXTRA						
	Disp.	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
CT 1	1872	1872	1872	1872	1872	1872	1872
CT 2	2016	2016	2016	2016	2016	2016	0
CT 3	1872	0	0	0	0	0	0
CT 4	1440	1440	1440	1440	0	0	0
CT 5	1152	0	0	880	335	0	0
CT 6	2160	2160	2160	2160	1835	0	0
CT 7	1872	0	0	0	481	0	0
CT 8	1152	0	0	0	786	0	0
CT 9	1728	0	0	0	0	0	0
CT 10	1296	0	0	0	0	0	0

Tabela 6.11 Consumo de Horas Extras

Elaborado pelo autor

Estes resultados mostram que os centros de produção 1 e 2 estão na sua capacidade máxima de utilização, tanto de horas normais quanto de horas extras, causando até, como apresentado anteriormente, faltas dos produtos da Família A.

Também, os centros de trabalho 4 e 6, nos primeiros períodos, para atender ao pico de demanda, utilizam sua capacidade máxima, inclusive de horas extras. Com isto, pequenas variações na demanda podem ocasionar algumas faltas nos produtos das famílias produzidas por estes centros de trabalho.

6.3 Comparação de Custos

Para realizar uma análise das vantagens de aplicação deste modelo de planejamento agregado de produção, é interessante comparar os resultados obtidos com o modelo em relação aos custos incorridos sem a utilização deste.

Os níveis de produção, estoque e falta para o caso real forma os seguintes:

Produtos	Estoque Inicial	t=1				t=2			
		PRD	DEM	EST	FAL	PRD	DEM	EST	FAL
Família A	1100	5031,62	4846,14	1285,48	0,00	5158,40	5097,70	1346,18	0,00
Família B	100	180,59	260,57	20,02	0,00	274,23	274,25	20,00	0,00
Família C	150	270,38	309,91	110,47	0,00	308,83	321,52	97,78	0,00
Família D	600	489,95	528,28	561,67	0,00	506,08	515,68	552,07	0,00
Família E	550	410,10	514,28	445,82	0,00	468,50	464,21	450,11	0,00
Família F	160	266,53	384,00	42,53	0,00	270,00	290,54	21,99	0,00
Família G	137	267,68	375,00	29,68	0,00	383,29	398,00	14,97	0,00

Tabela 6.12 Níveis reais para t=1 e t=2

Elaborado pelo autor

Produtos	Estoque Inicial	t=3				t=4					
		PRD	DEM	EST	FAL	PRD	DEM	EST	FAL		
Família A	1100	5333,79	6407,25	272,72	0,00	5197,63	7934,71	0,00	2464,36		
Família B	100	282,05	282,05	20,01	0,00	418,20	418,20	20,01	0,00		
Família C	150	428,80	371,83	154,75	0,00	514,21	410,11	258,85	0,00		
Família D	600	570,40	591,10	531,37	0,00	378,32	916,05	0,00	6,36		
Família E	550	474,34	362,88	561,57	0,00	314,90	412,77	463,70	0,00		
Família F	160	333,53	278,84	76,68	0,00	332,93	270,56	139,05	0,00		
Família G	137	488,45	398,00	105,42	0,00	412,04	415,25	102,21	0,00		

Tabela 6.13 Níveis reais para t=3 e t=4

Elaborado pelo autor

Produtos	Estoque Inicial	t=5				t=6					
		PRD	DEM	EST	FAL	PRD	DEM	EST	FAL		
Família A	1100	5385,34	6173,23	0,00	787,89	4999,78	4844,84	154,94	0,00		
Família B	100	230,60	230,47	20,13	0,00	278,36	277,19	21,31	0,00		
Família C	150	135,41	289,01	105,25	0,00	303,36	398,35	10,26	0,00		
Família D	600	418,64	486,60	0,00	67,96	255,72	260,18	0,00	4,46		
Família E	550	142,15	362,88	242,97	0,00	158,74	354,80	46,91	0,00		
Família F	160	118,18	250,80	6,43	0,00	244,70	250,88	0,25	0,00		
Família G	137	281,90	398,00	0,00	13,89	395,20	382,75	12,45	0,00		

Tabela 6.14 Níveis reais para t=5 e t=6

Elaborado pelo autor

Para estes níveis de produção, estoque e falta apresentados, os custos totais associados obtidos foram de:

Custo 1	34.825.049 Custo de Produção
Custo 2	668.810 Custo de Estoque
Custo 3	17.555.963 Custo de Falta
Custo 4	618.373 Custo de Transporte
Custo 5	2.674.021 Custo de Hora Normal
Custo 6	451.267 Custo de Hora Extra
Mínimo	56.793.483 Minima soma dos custos

Tabela 6.15 Custos reais associados

Elaborado pelo autor

Comparando os dois resultados obtidos, com a utilização do modelo e sem a utilização, é possível perceber que existe uma clara vantagem na aplicação deste, já que se uso propiciou uma redução de custos de aproximadamente 7,2%.

Assim, a utilização do modelo de planejamento agregado de produção fica coerente com a estratégia estabelecida pela alta administração da empresa estudada.

6.4 Análise com Variação da Demanda

O mercado de sorvetes vem sofrendo algumas variações nos últimos anos, apresentando um aumento de consumo, acentuando cada vez mais os picos de demanda. Além disto, é cada vez maior a sensibilidade das vendas em relação ao clima. Por exemplo, a correlação entre as vendas dos sorvetes de base água e um índice que mede os dias de sol em um mês chega a ser de 99% em alguns casos.

Tendo em vista este cenário, adicionado ao fato do clima atualmente estar sujeito a constantes variações, é necessário estudar um cenário de variação da demanda e através desta ferramenta de suporte à decisão, definir estratégias de atuação no mercado e de adequação de capacidade em função das necessidades do mercado.

Para efeito de análise, foi realizada uma simulação com um aumento de demanda de 10% sobre a necessidade real, mantendo-se fixos todos os outros dados. O resultado do nível de falta decorrente deste aumento está apresentado a seguir:

Produtos	FALTAS					
	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
Família A	0,00	0,00	837,20	3572,41	1428,22	18,29
Família B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família D	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família F	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Família G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 6.16 Nível de Faltas com aumento da demanda

Elaborado pelo autor

Na tabela acima, é possível perceber que um aumento de 10% na demanda afeta somente a Família A com relação às faltas. Neste caso, as faltas já aparecem no t=3, agravando ainda mais a situação de falta de capacidade dos centros de trabalho para atender a demanda pelos produtos desta família.

Porém, apesar das outras famílias não terem apresentado faltas com o aumento da demanda, é necessário também analisar a nova ocupação dos centros de trabalho, apresentada nas tabelas abaixo:

Centro de Trabalho	Disponibilidade			t=1		t=2		t=3	
	HNO	HEX	HNO+HEX	HNO	HEX	HNO	HEX	HNO	HEX
CT 1	6240	1872	8112	6240	1872	6240	1872	6240	1872
CT 2	6720	2016	8736	6720	2016	6720	2016	6720	2016
CT 3	6240	1872	8112	6101	0	6204	0	5690	0
CT 4	4800	1440	6240	4800	1440	4800	1440	4800	1440
CT 5	3840	1152	4992	2858	0	3775	0	3840	1130
CT 6	7200	2160	9360	7200	2160	7200	2160	7200	2160
CT 7	6240	1872	8112	4056	0	6240	245	5976	0
CT 8	3840	1152	4992	5584	0	3727	0	5597	0
CT 9	5760	1728	7488	2088	0	1935	0	2004	0
CT 10	4320	1296	5616	917	0	1102	0	1845	0

Tabela 6.17 Ocupação com aumento de demanda para t=1, t=2 e t=3

Elaborado pelo autor

Centro de Trabalho	Disponibilidade			t=4		t=5		t=6	
	HNO	HEX	HNO+HEX	HNO	HEX	HNO	HEX	HNO	HEX
CT 1	6240	1872	8112	6240	1872	6240	1872	6240	1872
CT 2	6720	2016	8736	6720	2016	6720	2016	6720	2016
CT 3	6240	1872	8112	5167	0	3423	0	4883	0
CT 4	4800	1440	6240	4800	1440	4800	738	2556	0
CT 5	3840	1152	4992	3840	460	1677	0	3192	0
CT 6	7200	2160	9360	7200	2160	7200	996	6398	0
CT 7	6240	1872	8112	6240	481	6240	375	3636	0
CT 8	3840	1152	4992	6240	786	3302	0	3127	0
CT 9	5760	1728	7488	2034	0	864	0	2364	0
CT 10	4320	1296	5616	1439	0	989	0	836	0

Tabela 6.18 Ocupação com aumento da demanda para t=4, t=5 e t=6

Elaborado pelo autor

Nas tabelas acima, é possível constatar que com o aumento de 10% da demanda, aumentou a utilização de horas extras nos centros de trabalho. Em alguns centros de trabalho, por exemplo, utilizou-se o máximo da disponibilidade.

Um centro de trabalho que chegou quase ao seu limite foi o centro de trabalho 4, que produz a Família D de produtos. Caso a variação na demanda seja um pouco maior, necessariamente algumas faltas dos produtos desta família serão observadas, aumentando ainda mais o custo de falta.

Desta forma, caso a empresa tenha como intenção aumentar as suas vendas, se faz necessário um planejamento em relação à disponibilidade dos centros de trabalho. Caso contrário, a esforço de captação de mais clientes não será compensado, já que a fábrica não terá capacidade de atender esta demanda crescente.

6.5 Melhoria de Atendimento da Demanda

Ao analisar os resultados apresentados anteriormente, se faz necessário um desenvolvimento de um projeto visando aumentar a capacidade de produção dos itens da Família A. Não adianta realizar uma análise de sensibilidade de

aumento da disponibilidade sem antes avaliar em quais condições este aumento poderia realmente ocorrer.

Como a estratégia da empresa está pautada na redução de custos, não existe uma mobilização inicial para adquirir uma nova linha de produção para esta família, pois o tempo de retorno de investimento neste caso seria alto e o risco de variação nas condições de mercado é considerado alto.

Assim, outras alternativas devem ser buscadas como intuito de atender melhor à demanda da Família A. Ao analisar as demais linhas de produção, é possível perceber semelhanças tecnológicas no processo produtivo de algumas delas em relação as que produzem os itens da família com problema de faltas.

Tendo isto em vista, é possível utilizar especificamente o centro de trabalho 3 para procurar diminuir os níveis de falta existentes. Esta abordagem foi apresentada à empresa e está em discussão sua viabilidade tecnológica, porém em algumas reuniões já começou a ser bem aceita, principalmente devido à gravidade do problema de falta.

Com isto, utilizando as disponibilidades destes centros de trabalho, será possível calcular quanto destas faltas podem ser diminuídas. No total, em termos de disponibilidade, na soma de horas normais e horas extras, não estão sendo utilizadas no centro de trabalho 3, 20.824 horas durante o período de planejamento.

Considerando as saídas da linha de produção deste centro, durante o período de planejamento, com estas horas seria possível produzir aproximadamente 1.265 tons de sorvete. Com isto as faltas seriam reduzidas em até 48%.

Em relação aos custos, esta estratégia permitiria uma redução no custo de falta de aproximadamente \$6.264.019, enquanto os custos de horas normais

e extras trabalhadas seriam acrescidos em \$334.564, fornecendo então uma considerável redução nos custos.

6.6 Interface com o Sistema MPS

O processo de implantação do modelo de planejamento agregado de produção deve considerar a interface com o módulo MPS apresentado anteriormente. O sistema já foi implantado, sendo utilizado no processo de planejamento de produção.

O planejamento agregado de produção, apesar de fornecer os níveis de produção para cada período de planejamento, não é suficiente para preencher os requisitos em termos de produtos individuais, devido a sua natureza de agregação de produtos. Ao mesmo tempo, o MPS apesar de considerar as capacidades da fábrica, não considera os custos associados para cada variável de decisão.

Assim, para estabelecer a interface entre o modelo desenvolvido e o módulo MPS, é necessário estabelecer um critério de desagregação dos resultados obtido com o planejamento agregado. Um critério adequado para desagregar seria o histórico de vendas. A partir da porcentagem de vendas de cada produto na família, seria então definida a proporção de cada item para ser utilizado no módulo MPS (*Master Production Schedule*).

Com este critério, a interface seria estabelecida e será dada a seqüência em todo o processo de planejamento logístico da empresa, considerando os custos, restrições e necessidades de pré-estocagem.

A implantação do modelo e de sua interface com o MPS será iniciada pela empresa no começo do próximo ano quando serão executados alguns testes.

7. CONCLUSÕES

7.1 Conclusões Finais

Segundo Drucker (1998) por comandar o mercado, a empresa líder tende a cair na sonolência; os monopólios decaem mais devido ao próprio desleixo do que à oposição popular. A dominação do mercado tende a gerar uma forte resistência interna contra qualquer inovação, dificultando, perigosamente, a adaptação às mudanças.

Tendo isto em vista, fica claro que toda empresa que deseja sobreviver e/ou continuar liderando o mercado tem que melhorar continuamente, buscando o aprimoramento, mesmo que gradual. As melhorias nascem do conhecimento do processo, e não necessariamente precisam alterar profundamente a lógica produtiva, mas sim, através de aperfeiçoamentos atingir grandes reduções de número de defeitos, redução de custos, diminuir desperdícios, etc.

Desta forma, o modelo desenvolvido neste trabalho surge como uma importante alternativa na busca deste constante aprimoramento dos processos visando retornar maior lucratividade à empresa.

Este modelo matemático desenvolvido mostrou-se extremamente eficaz na resolução do problema. Além disto, é possível utilizá-lo também para efetuar diversos tipos de simulações em relação aos dados do modelo, como variações na demanda ou nas disponibilidades dos centros de trabalho, a fim de analisar possíveis cenários e assim auxiliar na tomada de decisões estratégicas.

A sua utilização de forma sistemática na empresa é muito viável, pois todos os dados considerados para o modelo de planejamento agregado de produção podem ser facilmente atualizados. Além disto, o trabalho apresenta facilidade e rapidez de implantação, bem como um baixo custo

para a concretização deste projeto, o que está coeso com o objetivo deste trabalho.

Este trabalho apresenta-se também como uma importante alternativa na busca da redução de custos, que vem a ser atualmente a estratégia máxima da empresa. O método atual de planejamento de produção leva em conta as restrições de capacidade, porém não os custos associados às variáveis relevantes. Com a introdução do modelo de planejamento agregado, estes custos são considerados na sua função objetiva, que busca minimizá-los.

Tendo isto em vista, a partir das análises realizadas no capítulo anterior, é possível perceber que a implantação do modelo proporcionaria uma real redução nos custos, ponderando mais eficazmente as faltas e os estoques baseados na demanda estipulada, comparando-se com o método utilizado atualmente.

Também, com as análises, é possível definir quais os centros produtivos que necessitam de uma definição de estratégia que viabilize o aumento de capacidade, devido às limitações apresentadas (como apresentado pelo centro produtivo 1), além de outras alternativas que, ao serem desenvolvidas, permitam o atendimento da demanda.

Desta forma, fica clara a importância deste projeto para a área de Planejamento Logístico, que deve, junto à Organização, buscar melhorar os seus processos no desejo de melhor atender seus clientes externos e internos.

7.2 Possíveis Trabalhos Futuros

A área de Planejamento Logístico tem buscado nos últimos anos melhorar alguns de seus processos, tornado-os mais profissionais e mais adaptados às constantes mudanças das necessidades do mercado. Com a implantação de modelos quantitativos de Previsão de Demanda e com o atual projeto de

um modelo de Planejamento Agregado de Produção, iniciou-se um processo contínuo de melhoria.

A partir destes projetos, alguns outros trabalhos podem desenvolvidos. Um possível trabalho pode ser a racionalização do portfólio de produtos, em conjunto aos departamentos de Marketing e Trade Marketing. Este projeto pode proporcionar uma maior lucratividade à empresa além de amenizar problemas de capacidade, o que seria coerente com o projeto de Planejamento Agregado.

Outro possível trabalho é relacionado ao processo de requisição de materiais, que também faz parte das funções de Planejamento Logístico. Este processo pode ser melhorado através de um estudo mais profundo dos *lead times* dos fornecedores, estudo das safras, além de um modelo que unifique os resultados do planejamento com os estoques de materiais e os *lead times* com a programação de produção e suas possíveis alterações.

Outros possíveis projetos podem ainda ser implantados, porém com a principal intenção de melhorar continuamente os processos internos.

8. BIBLIOGRAFIA

8.1 Referências Bibliográficas

BUFFA, E.S. **Modern Production / Operations Management.** 7^a edição. Los Angeles: John Wiley & Sons, 1983

BUFFA, E.S.; MILLER, J.G. **Production – Inventory Systems: Planning and Control.** Illinois: Richard D. Irwin Inc, 1979.

DRUCKER, P.F. **Introdução à Administração.** 3^a edição. São Paulo: Pioneira, 1998.

EVANS, J.R. **Production / Operations Management: Quality, Performance, and Value.** 5^a Edição. Cincinnati: West Publishing Company, 1997.

FACULDADE DE ECONOMIA E ADMINISTRAÇÃO DA USP. **Manual de Economia.** São Paulo: Saraiva, 1992.

KOTLER, P. **Marketing.** São Paulo: Atlas, 1980.

KIYUZATO, L. **Aplicações de Modelos de Previsão de Demanda em Empresa com Vendas Sazonais.** 2001. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

MORTON, T.E. **Production Operations Management.** Ohio: South-Western College Publishing, 1999.

NETO, P.R.B. **Modelos Matemáticos para PPCP.** Apostila, São Paulo.

PORTR, M. **Estratégia Competitiva.** 9^a edição. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

QUAST, D.G. **Propriedades Térmicas dos Alimentos.** Trabalho Apresentado a Funcionários da Kibon. São Paulo, 1979.

SANTORO, M. C. **Planejamento, Programação e Controle da Produção.** Apostila do Curso de Graduação de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP, 2001.