

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
E SISTEMAS**

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *JUST IN TIME* COMBINADOS
COM FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO A UMA INDÚSTRIA DE
CONFECÇÃO: O CASO FRÂNCOLE**

ARI FRANCO ROMEIRO ALVES QUEIROZ

2012



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SISTEMAS**

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *JUST
IN TIME* COMBINADOS COM
FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO A
UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO:
O CASO FRÂNCOLE**

Ari Franco Romeiro Alves Queiroz

**OUTUBRO
2012**



PUC GOIÁS

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *JUST IN TIME* COMBINADOS COM FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO A UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO: O CASO FRÂNCOLE

Ari Franco Romeiro Alves Queiroz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

**Orientador:
Marco Antonio Figueiredo Menezes, Dr.**

**GOIÂNIA
OUTUBRO - 2012**



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS

**APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *JUST IN TIME* COMBINADOS COM
FERRAMENTAS DE OTIMIZAÇÃO A UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO:
O CASO FRÂNCOLE**

Ari Franco Romeiro Alves Queiroz

Esta Dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em 26 de outubro de 2012.

Prof. Dr. Ricardo Luiz Machado
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marco Antonio Figueiredo Menezes
Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Orientador

Prof. Dr. Ricardo Luiz Machado
Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Coorientador

Prof. Dr. Carlos Rosano Peña
Universidade de Brasília

Prof^a. Dra. Maria José Pereira Dantas
Pontifícia Universidade Católica de Goiás

GOIÂNIA – GOIÁS
OUTUBRO – 2012

Queiroz, Ari Franco Romeiro Alves.
Q3a Aplicação dos princípios do *Just in Time* combinados com
ferramentas de otimização a uma indústria de confecções
[manuscrito] : o caso Frâncole / Ari Franco Romeiro Alves
Queiroz. – 2012.
115 f. : il. ; graf. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de
Goiás, MEPROS, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção e Sistemas, 2012.

“Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Figueiredo Menezes”.
Bibliografia: f. 99-101

1. Sistemas de produção. 2. *Just in Time*. 3. Confecção. I.
Título.

CDU: 658.5(043)

DEDICATÓRIA

À minha esposa Ana Cristina e às minhas filhas Isabella e Paolla, vocês são mais do que companheiras, são a minha felicidade. Gostaria de dedicar este trabalho, também, a todos aqueles que querem seguir a carreira empreendedora.

**GOIÂNIA – GOIÁS
OUTUBRO – 2012**

AGRADECIMENTOS

**Ao Grande Arquiteto do Universo - Deus
À Família
Ao MEPROS
Ao Professor Marco Antonio Figueiredo Menezes
Aos Colegas da PUC**

Agradeço, imensamente, a motivação, a ajuda nos estudos e trabalhos, o consolo nas horas difíceis, assim como as nossas comemorações, vosso apoio foi um gesto amigo e solidário que me fez produzir este trabalho. Acredito que incorporando conhecimentos e experiências, continuamente, todos nós iremos comemorar muitos passos e conquistas rumo a uma vida melhor e próspera.

Assim seja

Goiânia, 26 de outubro de 2012.

Ari Franco Romeiro Alves Queiroz .’.

RESUMO

Como antecedentes a Frâncole, desde sua fundação em 17 de maio de 2002, vinha crescendo no mercado com sua produção desorganizada, o aprendizado era lento e empírico, faltavam normas de conduta e atribuição de responsabilidades, faltavam ferramentas para otimização do sistema de produção. A empresa utilizava várias ferramentas com pouca integração. Em 2009 e 2010 as vendas da empresa sofreram estagnação em seu crescimento em torno de sete por cento (7%), determinando a busca de novas ferramentas antes que a empresa apresentasse prejuízo. As lideranças da empresa assumiram, então, o propósito de buscar a Universidade a fim de aprender tais ferramentas de trabalho.

Assim sendo, através do conhecimento adquirido, o esforço educacional resultou na concepção desta dissertação de mestrado cujo objetivo geral deste trabalho é determinar e evidenciar a aplicação dos princípios do *Just in Time* combinados com ferramentas de otimização de sistemas às práticas organizacionais de uma indústria do setor de confecções, localizada em Goiás, promovendo o seu crescimento.

A metodologia utilizada na pesquisa foi a pesquisa-ação, unindo o conhecimento adquirido na pesquisa a ação prática e vice-versa. A estruturação da produção na empresa foi principalmente baseada no programa de eliminação de desperdícios, no controle da qualidade total e na implantação de uma metodologia de programação e ordenamento da produção baseada em otimização linear. Através das iniciativas de melhorias implantadas na indústria a empresa gerou vários resultados e benefícios como: melhora no fluxo de produção, redução de custos, redução dos estoques de

matérias primas e produtos acabados, aumento da motivação, melhoria do aprendizado, aumento da qualidade e produtividade e aumento das vendas. Quanto às considerações finais deste trabalho destaca-se que os objetivos foram atingidos, a empresa está mais limpa, organizada, crescendo e melhorando continuamente segundo os princípios adotados.

PALAVRAS CHAVES: sistema de produção; *Just in Time*; indústria de confecção.

ABSTRACT

As the antecedents Frâncole, since its founding in May 17, 2002, had been growing in the market with its production disorganized, learning was slow and empirical lacked standards of conduct and accountability, lacked tools for optimization of production system. The company used various tools with little integration. In 2009 and 2010 the company's sales have suffered stagnation in growth of around seven percent (7%), determined to search for new tools that the company present before injury. The company's leaders have taken, then the purpose of seeking the University in order to learn these tools.

Thus, the knowledge acquired through the educational effort resulted in the design of this dissertation whose overall objective of this study is to determine and demonstrate the application of the principles of Just in Time combined with optimization tools systems to the organizational practices of an industry sector apparel, located in Goiás, promoting their growth.

The methodology used in the research was action research, combining the knowledge gained in research to practical action and vice versa. The structuring of the production company was mainly based on the program of eliminating waste, quality control and full implementation of a programming methodology and organization of production based on linear optimization. Through initiatives implemented improvements in the industry the company generated various results and benefits such as: improved production flow, reduced costs, reduced inventories of raw materials and finished products, increased motivation, improved learning, increased quality and

productivity and increased sales. As for the final considerations of this paper emphasizes that the objectives were achieved, the company is more clean, organized, growing and improving continuously according to the principles adopted.

KEYWORDS: system production, Just in Time; apparel industry.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS POR CAPÍTULO	NP
INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO I – SISTEMAS DE PRODUÇÃO	04
1.1. Administração da produção	04
1.2. Os sistemas de administração da produção	07
1.3. Características dos sistemas de administração da produção.....	09
1.4. Aplicações dos sistemas de administração da produção	11
1.4.1. O sistema de produção sob encomenda.....	12
1.4.2. O sistema de produção em lotes	14
1.4.3. O sistema de produção contínua.....	15
1.5. Os principais sistemas de administração da produção.....	16
1.6. O <i>Just in Time</i>	18
1.6.1. Comparação do <i>Just in Time</i> com a abordagem tradicional.....	19
1.6.2. O <i>Just in Time</i> definindo os sete (7) desperdícios e a melhoria contínua .	23
1.6.3. O <i>Just in Time</i> e a busca da qualidade total.....	26
1.6.4. A redução dos tempos envolvidos no processo de produção	28
1.6.5. O <i>Just in Time</i> e o suprimento de materiais	30
1.6.6. O <i>Just in Time</i> e o envolvimento dos trabalhadores.....	30
1.6.7. O planejamento e controle da produção	31
1.6.8. A programação da produção puxada pela demanda com o uso do <i>kanban</i>	34
1.6.9. As vantagens e desvantagens do <i>Just in Time</i>	37
1.7. A evolução dos sistemas de produção	39
CAPÍTULO II – UM POUCO DE OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS	42
2.1. Otimização linear.....	43
2.1.1. Programação linear.....	43
2.1.2. Programação linear inteira.....	48

CAPÍTULO III – METODOLOGIA DA PESQUISA	53
3.1. Caracterização da empresa e do seu ambiente de negócios.....	54
3.2. A pesquisa-ação	54
3.3. O método dedutivo	57
3.4. Identificação e justificação das variáveis com uso da PLI.....	58
3.5. Cronograma de ações ou intervenções	59
CAPÍTULO IV – A ESTRUTURAÇÃO DA PRODUÇÃO NA FRÂNCOLE.....	63
4.1. A Frâncole	64
4.2. Em busca de um sistema de produção estruturado.....	65
4.2.1. O sistema de produção estruturado a partir da Frâncole	65
4.2.2. Novas ferramentas	70
CAPÍTULO V – ANÁLISES E RESULTADOS.....	74
5.1. Um problema	75
5.2. Um modelo	86
5.3. Análises dos resultados da produção na Frâncole	88
5.4. As questões da pesquisa e suas respostas	93
5.5. Comparação com outros trabalhos	94
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS POR CAPÍTULO

CAPÍTULO I – SISTEMAS DE PRODUÇÃO	04
Figura 1.1 - Um processo produtivo simples.....	12
Figura 1.2 - Reduzir os estoques de modo que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados	20
Figura 1.3 - Células de manufatura formadas pelas máquinas ou equipamentos necessários para uma família de produtos, produzidos conforme o fluxo da seta.....	22
Figura 1.4 - Composição do lead time.....	29
Figura 1.5 - Projeto de manufatura segundo o Sistema Toyota de Produção.....	31
Figura 1.6 - Cartão do tipo kanban de produção	36
Figura 1.7 - Cartão do tipo kanban de transporte	36
CAPÍTULO II – UM POUCO DE OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS	42
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DA PESQUISA	53
Tabela 3.1 - Principais ações ou intervenções utilizadas na pesquisa-ação	61
CAPÍTULO IV – A ESTRUTURAÇÃO DA PRODUÇÃO NA FRÂNCOLE.....	63
Tabela 4.1 - Extrato do pedido da Frâncole (tipo de cartão de produção – (kanban).....	70
Gráfico 4.1 - Venda mensal e produção mensal méd. da Frâncole até set/2012.....	72
Tabela 4.2 - Tabela de otimização da produção e qualificação do estoque.....	73
CAPÍTULO V – ANÁLISES E RESULTADOS.....	74
Tabela 5.1 - Venda mensal e produção mensal média da Frâncole.....	76
Gráfico 5.1 - Venda mensal e produção mensal média da Frâncole	76
Tabela 5.2 - Produtos com menor e maior valor financeiro do lote de produção.....	79
Tabela 5.3 - Quantidade amostral de produtos vendidos em 2011 e 2012 pela Frâncole	82
Tabela 5.4 - Estatísticas das vendas amostrais de 2011 e 2012 da Frâncole.....	82

Tabela 5.5 - Tabela de pesos para otimização da produção da Frâncole.....	84
Tabela 5.6 - Tabela de análise dos pesos segundo o <i>Just in Time</i>	85
Tabela 5.7 - Crescimento anual das vendas brutas escrituradas da Frâncole em relação ao ano anterior.....	90
Tabela 5.8 - Comparação com outros trabalhos	94

INTRODUÇÃO

A Frâncole Confeccões Ltda., fundada em 17/05/2002, é uma indústria de vestuário, acessórios e utilidades para aventura, caça, pesca, motociclismo, pet-shop e náutica sediada em Goiânia, Goiás. Possui cerca de quinhentos (500) clientes em vinte e um (21) Estados brasileiros. Produz mais de cem (100) produtos em cores únicas ou camufladas como: calça, camiseta, colete, jaquetão, bermuda, capa de chuva/poncho, mochila, bernal, sacola, capa de motor, capa de espingarda, cama de cachorro, agasalho para cachorro, coldre, chapéu, estojo, etc. A Frâncole tem crescido com sua produção “puxada” pela demanda, porém, de forma desorganizada, o aprendizado é lento e empírico, faltam normas de conduta e atribuição de responsabilidades, faltam ferramentas para otimização do sistema de produção, visando fazer frente ao crescimento das demandas de mercado e percebe-se que a empresa está perdendo mercado por não conseguir atender as demandas.

Após o segundo ano de estagnação no crescimento da empresa, buscou-se aprender e adotar novas ferramentas, assim como, obter novas informações sobre o mercado da empresa, incluindo estratégias mercadológicas dos concorrentes, como exigências de uma economia cada vez mais globalizada, tudo isso de fundamental importância para a formulação de uma estratégia de vantagem competitiva. A inteligência de negócios é uma ferramenta ampla que vem ao encontro dessa necessidade, permitindo o monitoramento do ambiente da empresa com todos os seus atores, de modo a minimizar os riscos da tomada de decisão e promover o crescimento da empresa. Este trabalho apresenta um passo na busca da inteligência de negócios através da adaptação dos princípios do sistema de administração da produção (SAP) denominado *Just in Time*, combinados com outras ferramentas, para a gestão de uma

indústria de confecções. O crescimento da empresa nos últimos anos impôs uma necessidade de registro de sua estratégia de negócios, de educação de sua força de trabalho e parceiros e da otimização e padronização de alguns processos de produção.

Quanto ao desafio empreendedor na Frâncole, nas pequenas e médias empresas todas as estratégias, planos e conhecimentos do negócio estão centrados em suas poucas lideranças. Isso aumenta muito suas necessidades de capacitação. A atividade empreendedora é essencialmente desafiante e inovadora: desafiante porque exige conhecimento em várias áreas como: Matemática Financeira, Tecnologia da Informação, Estatística, Contabilidade Geral e de Custos, Administração, Economia, Direito (Empresarial, Comercial, Trabalhista, Tributário e Código de Defesa do Consumidor) e o que se fizer necessário ao nicho do negócio no mercado; paralelamente, é inovadora porque exige a capacidade, persistência ou perseverança, de adaptar-se rapidamente a novos cenários, novas oportunidades, novas tecnologias, novas contingências e muito mais. Tudo isso, agora, recebe a dosagem do que se chama de risco do negócio no mercado para, então, entender-se o que é capacidade empreendedora.

O objetivo geral deste trabalho é determinar e evidenciar a aplicação dos princípios do *Just in Time* e ferramentas de otimização de sistemas às práticas organizacionais da empresa, promovendo o seu crescimento. Neste trabalho, iniciado em março de 2011, serão apresentados os Sistemas de Produção no Capítulo I, Um pouco de Otimização de Sistemas (otimização linear) no Capítulo II, a Metodologia da Pesquisa será apresentada no Capítulo III; A estruturação da Produção na Frâncole será apresentada no capítulo IV e as Análises e Resultados e a comparação com outros trabalhos no Capítulo V, visando atingir os seguintes objetivos específicos: implantar um conjunto de ferramentas com o objetivo de melhorar a produção na Frâncole,

posicionando, estrategicamente, a empresa frente ao mercado atual e potencial; educar a força de trabalho e as partes interessadas, gradualmente, de modo a usarem efetivamente as ferramentas adotadas, com enquadramento, autodisciplina e comprometimento, visando o crescimento da organização como um todo; e implantar uma ferramenta matemática de otimização do sistema de produção de modo a aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos.

Algumas das tabelas apresentadas neste trabalho são compridas (extensas), pois representam a ordenação de vários produtos de acordo com sua classificação. Caso fossem separadas ou quebradas por famílias de produtos, isso possivelmente retiraria a visão do todo.

CAPÍTULO I

SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Este capítulo faz uma abordagem tradicional dos sistemas de produção, explicita algumas definições e aplicações, assim como, alguns dos principais sistemas de produção atuais, porém sem grande detalhamento. A partir daí, será abordado com maior profundidade o sistema de administração da produção *Just in Time*, desenvolvido pela Toyota Motor Company, e serão feitas algumas comparações desse sistema com a abordagem tradicional dos sistemas de produção, e ainda, explorar-se-á suas vantagens e desvantagens. Finalizando este capítulo, será apresentada a evolução dos sistemas de produção.

Este capítulo é baseado nos livros no estado da arte dos autores CHIAVENATO (2004), CORRÊA e GIANESI (2009), HARDING (1987) e SHINGO (1996), cujas obras estão relacionadas nas referências bibliográficas. Iniciando este propósito será abordada a seguir a administração da produção.

1.1. Administração da produção

O papel das organizações no mundo contemporâneo é formado por uma sociedade de organizações, que produzem uma infinidade de bens e serviços visando atender as necessidades humanas; assim como, a crescente inovação nessas demandas. As organizações são constituídas de recursos físicos, como edificações, máquinas, equipamentos, mais os recursos humanos. As organizações não são fruto do acaso, são criadas e organizadas para produzir sob alguma forma de administração.

As empresas são um tipo especial de organização, que funcionam como sistemas e exploram um determinado negócio com o objetivo de lucro ou outro que pode ser sua sustentabilidade ou, ainda, explorar uma necessidade social sem a preocupação com o lucro. As empresas reúnem e utilizam recursos físicos e humanos para atingir determinados objetivos produtivos. Quanto ao que produzem as empresas são classificadas em: a) empresas primárias - dedicam-se principalmente à obtenção de recursos naturais; b) empresas secundárias - dedicam-se principalmente à transformação de matérias primas em produtos acabados, onde a Frâncole é um exemplo; c) empresas terciárias - dedicam-se principalmente ao fornecimento de serviços à população; e d) empresas do terceiro setor: primeiro setor, público; segundo setor, privado; e terceiro setor, privado de ação ou interesse público.

Os economistas clássicos afirmavam que todo processo produtivo dependia de três fatores: natureza, capital e trabalho, todos integrados por um quarto fator denominado empresa. A Era Industrial teve o aumento da produção e produtividade pautado na exaustão dos recursos naturais. No início da década de 1990 surgiu, então, a Era da Informação, onde a riqueza das organizações passou a depender dos três fatores anteriores somados ao conhecimento, a habilidade e a competência, todos integrados pela ação administrativa.

Os fatores de produção são tratados, também, como ativos ou bens, pois possuem valor expresso em moeda, e são subdivididos, ainda, em: tangíveis, isto é, todos os bens que materialmente existem em forma física (máquinas, equipamentos, edificações, e etc.); e intangíveis, isto é, todos os bens que materialmente não existem em forma física, mas possuem valor agregado (conhecimento, inteligência corporativa, marca de mercado, etc.).

Atualmente os antigos fatores de produção tratados como recursos empresariais, denotando a ação de extrair, transformar ou produzir bens ou serviços são subdivididos nos seguintes: a) recursos físicos ou materiais: correspondem ao fator natureza, são as edificações, máquinas, equipamentos, matérias primas; b) recursos financeiros: correspondem ao fator capital da empresa, são suas receitas sejam em forma de dinheiro ou crédito; c) recursos humanos: correspondem ao fator trabalho, são as pessoas que laboram na empresa nas diversas atividades e níveis hierárquicos; d) recursos mercadológicos: não correspondem aos fatores tradicionais, são clientes, consumidores, fornecedores ou partes interessadas nos produtos e serviços ofertados pela empresa; e e) recursos administrativos: estes correspondem ao fator tradicional chamado empresa, são as atividades de integração de todos os recursos empresariais na busca dos objetivos organizacionais.

Aqui entende-se sistema produtivo conforme a definição a seguir.

Definição 1.1.1. *Um sistema é um conjunto de partes que se interagem de acordo com padrões estabelecidos sobre as entradas para produzir saídas.*

Os sistemas podem ser classificados em: sistema determinístico – aquele que é previsível em suas operações e trabalha de acordo com regras – como exemplos têm-se: um automóvel ou um eletrodoméstico; ou sistema probabilístico – aquele que suas operações somente podem ser previstas em termos probabilísticos – como exemplo tem-se o ser humano ou uma empresa, os quais representam sistemas probabilísticos muito complexos. Os sistemas podem ser subdivididos em subsistemas e, ainda, podem ser simples como um interruptor ou uma caneta; ou complexos como um avião ou navio. Finalmente, os sistemas podem ser fechados (não apresentam interação com o meio

ambiente) como uma máquina ou abertos como um organismo vivo, que interage com o meio-ambiente.

Dessa forma, definimos empresa como um sistema.

Definição 1.1.2. *A empresa é um sistema que possui um conjunto de partes: divisões, departamentos, equipes, unidades ou setores que devem interagir atuando de forma a ajudar uns aos outros a alcançar os objetivos organizacionais.*

Em seguida, será definido gestão a partir do conceito de sinergia e entropia. Chama-se de sinergia quando o efeito global produtivo do sistema faz com que o resultado do todo seja maior do que a soma dos resultados das partes individualmente; por outro lado, chama-se de entropia quando o efeito global produtivo do sistema faz com que o resultado do todo seja menor do que a soma dos resultados das partes individualmente.

Definição 1.1.3. *A gestão é um processo de integrar todos os recursos no sentido de obter a sinergia suficiente para agregar valor ao negócio e oferecer ao cliente o que ele realmente deseja e necessita, com a máxima eficiência de recursos e o menor custo possível.*

Na próxima seção serão estudados os sistemas de administração da produção.

1.2. Os sistemas de administração da produção

As empresas industriais, primárias ou secundárias, extrativas ou de transformação, proporcionam a conversão de um bem tangível em outro que tenha valor e utilidade maior ou mais específica. Suas atividades produtivas recebem o nome de produção. Já nas empresas terciárias ou do terceiro setor, prestadoras de serviços, estas utilizam recursos e competências para oferecer serviços de alta qualidade, suas

atividades de produção recebem o nome de operações. Sendo assim, será abordado o tema produção ora denotando a produção, ora denotando as operações.

A seguir será definido administração da produção.

Definição 1.2.1. *A administração da produção utiliza recursos físicos e matérias primas da empresa para que todos esses ativos tangíveis possam ser integrados em atividades conjuntas e coordenadas.*

Destaca-se que a ação administrativa das pessoas está implícita na organização da produção; assim sendo, será considerado ao longo desta dissertação as expressões sistemas de produção e sistemas de administração da produção como sinônimas e a seguir serão apresentadas as suas definições.

Definição 1.2.2. *Um sistema de produção é a atividade central na qual a administração da produção está relacionada com o processo de produção.*

O sistema de produção está relacionado com todas as decisões, atividades, processos, restrições, controles e planos que permitem que as entradas sejam convertidas em saídas. Pode constituir-se em um único sistema, vários sistemas interligados, subsistemas ou partes constituintes.

Definição 1.2.3. *Os sistemas de administração da produção são sistemas que provêm informações que suportam o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da utilização de mão de obra e dos equipamentos, a coordenação das atividades internas com as atividades dos fornecedores e distribuidores e a comunicação/interface com os clientes no que se refere a suas necessidades operacionais.*

Agora serão apresentadas as características dos sistemas de administração da produção.

1.3. Características dos sistemas de administração da produção

O conceito moderno de administração da produção, segundo HARDING (1987), atribui a interdependência de elementos quantitativos e qualitativos da administração. Os elementos quantitativos da administração da produção seriam: técnicas de estudo de trabalho, programação da produção, controle da qualidade, planos de amostragem para inspeção, custeio-padrão e outros métodos de contabilidade de custos, gestão de estoques, balanceamento de linhas e eficiência de máquinas. E, os elementos qualitativos da administração da produção, seriam a experiência das lideranças e as técnicas de suporte à decisão.

Tais elementos serão abordados nesta dissertação ora segundo a abordagem tradicional, ora segundo a filosofia *Just in Time*, ora segundo a sua realidade na França e podem ou não estar suportados pela tecnologia da informação.

Quanto aos objetivos dos sistemas de administração da produção, tem-se:

- A eficiência, que significa utilizar adequadamente os recursos empresariais, fazer as coisas corretamente, da melhor maneira possível, com a maior economicidade possível, visando atender ao padrão de qualidade necessário. A eficiência aceita uma pequena quantidade de erros ou desvios na produção quando comparada ao volume total da produção.
- A eficácia, que significa atingir os objetivos organizacionais ou do negócio. A eficácia não tolera erros: ou você atinge os objetivos ou não atinge.

Quanto aos desafios dos sistemas de administração da produção surgidos após 1990, tem-se:

- O conhecimento como principal recurso produtivo: o produto passa a ser resultado do conhecimento agregado e não mais das matérias primas transformadas.

- As mudanças cada vez mais rápidas e profundas: nada é para sempre, todo produto ou serviço é inovável e transitório.
- A globalização: os concorrentes e clientes estão em todas as partes do mundo, com estratégias e necessidades diferentes respectivamente.
- A tecnologia da informação: as redes mundiais de comunicação unem pessoas e organizações ao redor do mundo em questão de segundos.
- O foco no cliente: conhecer os clientes para oferecer cada vez mais produtos para satisfazê-lo, encantá-lo e fidelizá-lo com alta customização.
- O foco nos serviços: oferecer e prestar serviços através dos produtos vendidos, instalação, manutenção, pós-venda, etc.
- A ética e responsabilidade sociais: transparência e responsabilidade pelo nicho de mercado que atua.
- A qualidade de vida no trabalho: o trabalho deve ser saudável, agradável, divertido, educador, motivador e recompensador.
- A sustentabilidade: capacidade de estabelecer-se sem degradar o meio-ambiente, exaurir os recursos ou modificá-los, de modo a não prejudicar as gerações futuras.

Quanto às macro-atividades ou áreas componentes de um sistema de administração da produção, tem-se:

- A engenharia de produtos: é a área que cuida do desenvolvimento de produtos ou serviços.
- A engenharia industrial: é a área que cuida do layout, arranjo físico, tempos e movimentos do processo produtivo e estudos de eficiência e eficácia nos processos da empresa.
- O planejamento e controle da produção: é a área que cuida do planejamento e controle da produção de acordo com a capacidade produtiva da empresa.

- A produção: é a área que cuida da produção ou operação gerando os produtos e serviços ofertados aos clientes da empresa.
- A administração dos materiais: é a área que cuida da aquisição, alocação e abastecimento dos materiais e matérias primas necessárias à produção da empresa.
- O controle de qualidade: é a área que cuida da inspeção de todos os produtos e serviços produzidos na empresa.
- A manutenção: é a área que cuida da preservação de todos os recursos físicos e materiais da empresa.
- A pesquisa e desenvolvimento: é a área que cuida da prospecção, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos ou serviços, bem como de materiais, visando à melhoria contínua dos produtos da empresa.
- O marketing: é a área que cuida do mercado de produtos ou serviços da empresa.
- As finanças: é a área que define a capacidade de compra, financiamento, investimento e endividamento da empresa num determinado período.
- Os recursos humanos: é a área que cuida do recrutamento, seleção e educação de pessoas, condições de trabalho, ascensão e concessão de benefícios e, ainda, suporte na gestão de pessoas.

A seguir serão demonstradas as aplicações dos sistemas de produção de acordo com o tipo de produto, a organização da produção e o mercado de atuação da empresa.

1.4. Aplicações dos sistemas de administração da produção

De agora em diante, ao longo deste capítulo, será focada a produção – e não mais a empresa – como um sistema em funcionamento. Retornar-se-á a falar de empresa, especificamente sobre a Frâncole, no capítulo IV. Cada organização ou empresa adota um sistema de produção de acordo com suas necessidades de produção

ou operação dos produtos ou serviços, visando garantir a eficiência nos recursos e a eficácia dos objetivos. Um sistema de produção é a maneira pela qual uma empresa organiza seus recursos de modo a realizar as atividades de produção. Um processo produtivo simples pode ser resumido conforme a Figura 1.1, donde as matérias primas chegam à empresa (entradas), quando necessárias saem do depósito de matérias primas, são processadas e transformadas em produtos acabados (processamento) e depositadas novamente até que sejam vendidas (saídas).



Figura 1.1. – Um processo produtivo simples.

Pode-se considerar o depósito de matérias primas, a produção e o depósito de produtos acabados três subsistemas de um sistema de produção. Estes subsistemas devem trabalhar de forma organizada, coordenada, balanceada e ajustada entre as partes para que funcione. Existem três tipos de produção: a produção sob encomenda, a produção em lotes e a produção contínua, que será visto a seguir.

1.4.1. O sistema de produção sob encomenda

No sistema de produção sob encomenda, a produção só é iniciada quando a empresa recebe o pedido ou a encomenda de um cliente por seus produtos. A preparação para produzir ocorre após o pedido do cliente, sendo o contrato tácito ou explícito, visando atender ao prazo de entrega, a qualidade e a quantidade acordadas. Esse plano envolve a especificação dos seguintes aspectos necessários: a) as matérias primas: detalhamento de todos os materiais e matérias primas e quantidades necessárias

para atender ao pedido no prazo; b) a mão de obra: detalhamento de todas as especialidades de trabalho, horas trabalhadas e quantidades necessárias para atender ao pedido no prazo; e c) o processo de produção: detalhamento cronológico de todas as fases, sincronizando mão de obra, máquinas, materiais e matérias primas, qualidade e quantidades necessárias para atender ao pedido no prazo.

O sistema de produção sob encomenda é mais aplicável à produção feita por unidades ou pequenas quantidades, para produtos pouco padronizados e processos pouco automatizados. Os trabalhadores utilizam vários instrumentos e ferramentas quase que de forma artesanal. Como exemplo de produtos produzidos, tem-se: jóias, navios, aviões, geradores, motores, transformadores de grande porte, locomotivas, edificações da construção civil ou industrial, um serviço de propaganda e etc. O sistema de produção sob encomenda apresenta as seguintes características:

- O produto é único e específico: normalmente o produto é grande e complexo necessitando de longo tempo de produção, como exemplo pode-se dizer que é quase que impossível fazer dois prédios, navios ou aviões completamente iguais.
- O produto exige uma variedade de máquinas e equipamentos: necessidade de área adequada para comportar as máquinas e equipamentos, a produção de determinadas partes requer transporte até o produto final.
- O produto exige uma variedade de trabalhadores especializados: necessidade de trabalhadores especializados nas partes que envolvem o produto por um determinado período de tempo, pois os serviços de solda, carpintaria, eletricitista, mecânico, etc. não são constantes.
- O produto tem uma data definida de entrega: em função do grande capital investido os prazos devem ser cumpridos e a programação deve ser muito bem-feita.

- Há dificuldade de fazer previsões de produção: cada cliente especifica as suas necessidades que devem constar de um plano de produção específico, complexo e, às vezes demorado. Por causa da diferenciação não há como fazer planos prévios para determinadas atividades.

1.4.2. O sistema de produção em lotes

O sistema de produção em lotes é o sistema de produção utilizado por empresas que produzem uma quantidade limitada de um tipo de produto de cada vez. Essa quantidade padronizada e limitada de um determinado produto é denominada lote de produção. O lote de produção é dimensionado para atender às vendas em um determinado período, findo o período ou o lote a produção de um novo lote é iniciado. Diferentemente da produção por encomenda, na produção em lotes o planejamento de cada lote é feito de forma antecipada, permitindo a empresa aproveitar melhor os seus recursos, porém gerando estoques. A produção exige linhas de montagem padronizadas com trabalhadores especializados em determinadas atividades. Como exemplos de produtos produzidos tem-se: refrigerantes, sucos, cervejas, tecidos com diferentes padronagens, eletrodomésticos, etc. O sistema de produção em lotes apresenta as seguintes características:

- Produtos com diferentes características: uma fábrica de cerveja pode produzir vários lotes de cerveja envasados em latas ou garrafas de diferentes tamanhos, em seguida inicia-se a produção de refrigerantes que também serão envasados em latas e garrafas.

- Máquinas e equipamentos agrupados por função: ao se agrupar as máquinas em baterias do mesmo tipo deve-se zelar para que os lotes passem de uma bateria para outra de forma intermitente.

- Máquinas e equipamentos preparados por lote: necessidade de preparação e calibração de máquinas e equipamentos para cada lote de produto diferente.
- Mão de obra utilizada de forma estável: os trabalhadores laboram de forma regular e plana, não há grandes picos de produção.
- Grandes estoques: necessidade de grande estoque de matérias primas e materiais, muitos produtos em processamento e grande estoque de produtos acabados.
- Plano de produção com previsão dos próximos lotes: necessidade de um plano de produção prévio e bem feito de modo a evitar a parada das linhas de produção, só admitidas à preparação de máquinas, necessidade de constantes replanejamentos e atualizações.

1.4.3. O sistema de produção contínua

O sistema de produção contínua é o sistema de produção utilizado por empresas que produzem continuamente, sem modificações, por um longo período de tempo. A produção é acelerada sem interrupção ou mudanças. Como um único produto permanece na linha de produção por um longo tempo, o processo de produção é aperfeiçoado, também, continuamente. Como exemplos de produtos produzidos têm-se: motocicletas, automóveis, geladeiras, fogões, tecidos padronizados. O sistema de produção contínua apresenta as seguintes características:

- Produtos padronizados produzidos por longo tempo: sem necessidade de modificação dos produtos, a calibragem das máquinas e a especificação dos produtos devem ser bem planejadas, assim como as necessidades de suprimentos e de mão de obra.
- Plano detalhado de produção: a parada de qualquer máquina por falta de suprimentos impacta muito em função da velocidade de produção.

- Máquinas e equipamentos agrupados por especialização: necessidade de disposição sequencial e linear das máquinas com alto grau de preparação e métodos de trabalho.
- Mão de obra utilizada por hora de trabalho: com a produção contínua e por longo tempo os trabalhadores são facilmente dimensionados por hora de trabalho em cada máquina.
- Máquinas e equipamentos duráveis: permitindo sua depreciação em um período mais longo e permitindo a economia nos custos de produção.
- Produção contínua: facilita as ações corretivas para resolver problemas de produção, assim como, inventários de estoque, processamento e produtos acabados. Também, facilita a verificação da produtividade em todos os pontos do processo.
- Planejamento prévio de um novo produto: o sucesso da produção contínua depende fortemente da capacidade de planejar um novo produto a fim de preparar as máquinas e equipamentos antes de iniciar a produção. Uma linha parada por longo período de tempo pode inviabilizar o produto ou empresa.

A seguir serão os vistos principais sistemas de produção, algumas de suas características, e o detalhamento do *Just in Time*.

1.5. Os principais sistemas de administração da produção

As novas tecnologias têm necessitado de novas abordagens gerenciais e como consequência surge um novo papel estratégico da manufatura. Produzir melhor, mais rápido, atender prazos, gastar menos e mudar (customizar) de acordo com as necessidades do mercado. Tudo isso requer o uso de tecnologia da informação subsidiando a gestão dos recursos de produção, a estratégia e a tomada de decisão.

Serão citados a seguir alguns sistemas baseados em computadores, atualmente utilizados nas empresas, porém não serão apresentados em detalhes em função destes

serem sistemas proprietários comercializados no mercado, que exigem trabalhadores qualificados para lidar com a tecnologia da informação e, também, por não ser este o nosso objetivo. Nesse contexto, segundo CORRÊA e GIANESI (2009), ganham relevância os modernos sistemas de administração da produção, onde se destacam o MRP, o MRP II, o OPT e o *Just in Time*, conforme abaixo:

- MRP (Material Requirement Planning), que em português significa Planejamento das Necessidades de Material – é uma tecnologia de produção, planejamento e controle, baseada em computador, favorecendo a flexibilidade da manufatura e a rápida tomada de decisão.

- MRP II (Manufacturing Resources Planning), que em português significa Planejamento dos Recursos da Manufatura – é uma tecnologia de produção, um plano mestre de maior abrangência que o MRP, baseada em computador, favorecendo o controle de estoques, a flexibilidade da manufatura, os níveis de acesso e a rápida tomada de decisão.

- TBC (Time-Based Competition), que em português significa Competição Baseada no Tempo – é uma tecnologia de produção, estende os princípios do *Just in Time* a cada fase do ciclo de produção de um produto.

- EDI (Electronic Data Interchange), que em português significa Intercâmbio Eletrônico de Dados – é uma tecnologia de produção, permite enviar e monitorar pedidos, assim como todo o processo produtivo de cada pedido.

- CAD (Computer Aided Design), que em português significa Desenho Desenvolvido em Computador - é uma tecnologia de produção, permite desenhar e projetar produtos pelo computador.

- CAM (Computer Aided Manufacturing), que em português significa Manufatura Desenvolvida em Computador - é uma tecnologia de produção, permite o planejamento, execução e controle da manufatura em computador.
- OPT (Optimized Production Technology), que em português significa Tecnologia de Produção Otimizada – conhecida como Teoria das Restrições - é uma tecnologia de produção, que visa aumentar o fluxo de produtos diminuindo os estoques e as despesas operacionais.
- JIT (*Just in Time*), que em português corresponderia a uma expressão semelhante a “Pronto na Hora Exata”, ou de maneira mais flexível, “Produzido no Momento Certo”. É uma tecnologia de produção, inclui produção puxada pela demanda, administração de materiais, gestão da qualidade, gestão de recursos humanos, gestão de estoques e arranjo físico adequado.

Foi citado aqui o *Just in Time* não só por ser um dos mais importantes sistemas de administração da produção atuais; mas, também, porque a partir de agora, este será tomado como referência para o nosso trabalho, visando aprender seus princípios na próxima seção.

1.6. O *Just in Time*

No Japão, a Toyota Motor Company criou em meados da década de 1970, mais do que um conjunto de técnicas, um sistema de administração da produção, também, considerado uma filosofia de trabalho, o *Just in Time*.

Essa filosofia de trabalho denominada *Just in Time* transformou-se na principal ferramenta do Sistema Toyota de Produção (STP), a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, gestão de recursos humanos, gestão de estoques e arranjo físico adequado. Puxar a produção visando atender uma demanda,

produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no ocidente como sistema *kanban*. *Kanban* é uma expressão que na língua japonesa pode significar cartão. Baseia-se na utilização de dois tipos de cartão, um para produzir, e um para movimentar itens ao longo do processo produtivo, que será visto em maiores detalhes adiante neste capítulo. O sucesso do sistema de administração da produção *Just in Time* é, principalmente, atribuído às características culturais do povo japonês, porém, gerentes e acadêmicos ao redor do mundo têm-se convencido de que os pressupostos do *Just in Time* são aplicáveis a diversas culturas e processos produtivos, o que será mostrado no Capítulo III. Algumas expressões identificam os pressupostos da filosofia *Just in Time* e seus objetivos:

- produção sem estoques;
- eliminação de desperdícios;
- manufatura de fluxo contínuo;
- esforço contínuo na resolução de problemas; e
- melhoria contínua dos processos.

1.6.1. Comparação do *Just in Time* com a abordagem tradicional

Os sistemas tradicionais de produção não vêm a demanda, eles “empurram” a produção a partir do estoque de matérias primas, passando pela produção até o estoque final de produtos acabados. Esta prática acoberta problemas de qualidade, problemas de quebra de máquinas e problemas de preparação de máquinas. A principal característica do sistema *Just in Time*, talvez, seja de puxar a produção ao longo do processo de acordo com a demanda, os itens somente são processados em uma operação se foram requeridos na operação subsequente, visando a não formação de estoques na linha de produção.

À medida que os estoques vão baixando, problemas como refugos, quebras, defeitos e longos tempos de preparação de máquinas, começam a emergir como se fossem pedras no fundo de um rio, obstruindo o fluxo de navegação, conforme a Figura 1.2 abaixo. Enquanto os sistemas tradicionais são passivos, ou seja, estes aumentam os lotes produzidos visando ratear os custos de peças defeituosas, refugos, longos tempos de preparação de máquinas, quebras de máquinas e ainda visam o excesso de capacidade, o *Just in time*, contrariamente, é um sistema ativo, incentiva o questionamento, a correção e a melhoria contínua daqueles problemas aceitos como normais nos processos tradicionais.

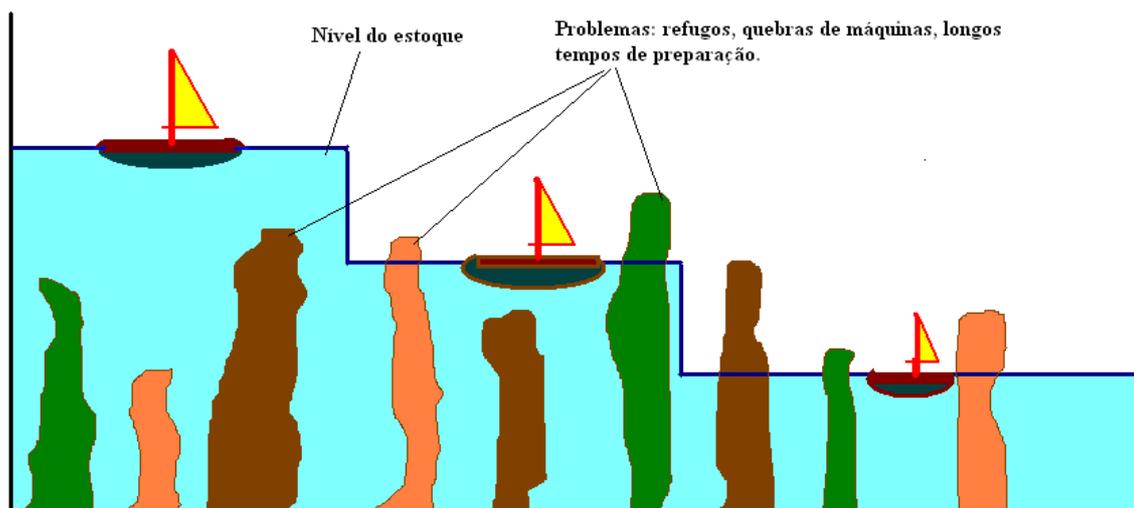


Figura 1.2. - Reduzir os estoques de modo que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados (CORRÊA e GIANESI, 1999).

Os estoques na filosofia *Just in Time* são considerados nocivos por ocuparem espaços, representarem altos investimentos de capital, pela probabilidade de esconderem os problemas de produção citados anteriormente e, principalmente, por tirarem a atenção da gerência para problemas sérios de qualidade, produtividade, confiabilidade e fornecimento que deveriam ser eliminados.

A redução dos tamanhos dos lotes de produção, também é um dos pilares do sistema *Just in Time*. A boa gestão de materiais manda que se determine o tamanho dos lotes de compra e produção, balanceando os custos com a manutenção de estoques e os custos fixos referentes à obtenção de um lote de produtos (custos de processamento do pedido mais custos de preparação dos equipamentos).

A abordagem tradicional aceita erros como inevitáveis, devendo ser absorvidos pelos planos de modo que o pedido seja processado e entregue no prazo. O sistema *Just in Time* prega que os erros não são inevitáveis, devem ser evitados e corrigidos no local e por quem os cometeu, assim como, os itens defeituosos devem ser retrabalhados no seu local de produção, de modo que esta correção reflita uma melhoria contínua, tornando os erros ou defeitos muito baixos.

A ênfase gerencial no fluxo de produção e não na alta utilização dos equipamentos é outro pilar, onde é comum que gerentes de empresas considerem que altas taxas de utilização de equipamentos são relevantes para o desempenho da produção na fábrica. Contudo, se os produtos fluem de forma suave e contínua através das diversas fases do processo produtivo, não há sentido em priorizar altas taxas de utilização de equipamentos, ou seja, o ideal é puxar a produção requerida pela demanda, disparando a produção de determinados itens, numa determinada célula de produção, onde as máquinas, simbolizadas por quadrados e retângulos, e os equipamentos, simbolizados por elipses e círculos, estão dispostos, conforme a Figura 1.3 a seguir, de acordo com as quantidades e especificações requeridas pelas operações subseqüentes, garantindo o fluxo necessário e a utilização necessária e adequada dos equipamentos.

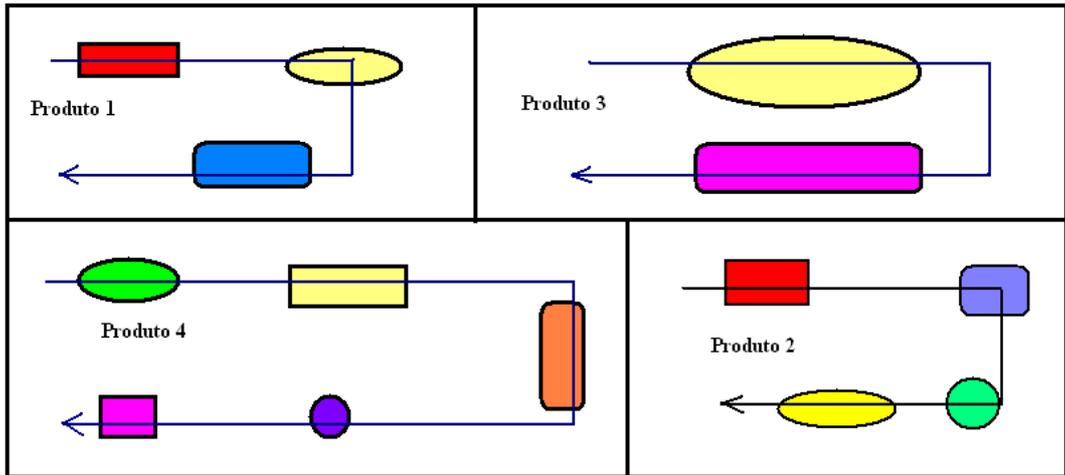


Figura 1.3. – Células de manufatura formadas pelas máquinas ou equipamentos necessários para uma família de produtos, produzidos conforme o fluxo da seta (MACHADO,2011).

O papel dos trabalhadores (mão de obra direta e indireta) também muda de forma expressiva. As atividades que antes eram atribuídas a áreas de apoio ou específicas, passam a ser responsabilidade dos trabalhadores diretos da fábrica, que fabricam, montam, testam, inspecionam e transportam os itens ou materiais, portanto, por conhecerem a fundo o funcionamento e especificações dos itens e seus problemas, eles devem fazer certo da primeira vez. Os trabalhadores indiretos (engenheiros, peritos, gerentes, supervisores, controladores, etc.) têm o papel de apoiar os trabalhadores diretos na solução dos problemas, na melhoria contínua dos processos, aprimoramento dos produtos e das práticas, ou seja, a identificação e solução dos problemas cabem aos trabalhadores diretos, apoiados pelos especialistas, trabalhadores indiretos, também chamados de colaboradores ou facilitadores. Um aspecto destacável deste método é que com o passar do tempo, os trabalhadores diretos passam a dominar técnicas de análise, controle e solução de problemas, dentre outras técnicas, aumentando suas responsabilidades exigidas pela filosofia *Just in time*.

A abordagem tradicional aceita a sujeira e a desordem como parte da atividade produtiva visando cumprir prazos, por outro lado, o sistema *Just in Time* tem na

organização e na limpeza itens fundamentais para o sucesso e para a ambiência. A confiabilidade depende também da limpeza dos equipamentos, pois a sujeira e a poeira prejudicam ou desgastam as máquinas afetando seu funcionamento, assim como a visibilidade dos problemas e a redução dos desperdícios. Itens e ferramentas guardados no devido lugar facilitam seu uso e diminuem a movimentação. O controle da qualidade, a disciplina e a moral dos trabalhadores aumenta quando os ambientes são limpos e bem arranjados, assim sendo, destaca-se mais uma vez uma novidade onde os trabalhadores são responsáveis pela limpeza e organização de suas baias ou células e não o pessoal da faxina.

1.6.2. O *Just in Time* definindo os sete (7) desperdícios e a melhoria contínua

Eliminar desperdícios implica analisar todas as atividades feitas no processo produtivo e eliminar aquelas que não agregam valor ao produto final. O *kaizen* (do japonês kai = modificar e zen = para melhor) é um conceito, introduzido pelo japonês Masaaki Imai (fundador e Presidente do *Kaizen* Institute), que está intimamente ligado à melhoria contínua. Porém, há uma variação deste conceito chamada *kaikaku* que significa melhoria radical. Esta prática foi utilizada por empresas estadunidenses com o objetivo de implantar e adaptar rapidamente os pressupostos do *Just in Time*, porém mostrou-se ineficaz, principalmente porque a mudança cultural deve ser contínua e não imediatista ou abrupta.

SHIGEO SHINGO, engenheiro da Toyota Motor Company, consultor de prestígio internacional e uma reconhecida autoridade em *Just in Time*, classifica em sete (7) categorias os desperdícios, conforme a seguir:

- Superprodução: produzir antecipadamente à demanda, produzir mais do que o necessário por longo tempo e gerar grandes estoques;

- Espera: demora no processamento do pedido e dos materiais, formação de filas nas máquinas visando alta taxa de utilização, longo tempo de preparação de máquinas, espera por suprimento e falta de balanceamento da linha de produção;
- Transporte: distâncias a serem percorridas pelos materiais e produtos acabados, leiaute inadequado, estoques longe da produção ou da entrega, meio de transporte inadequado e lento;
- Processamento: etapas ou atividades desnecessárias no processo de fabricação, ações ou práticas que não agregam valor ao produto final;
- Estoque: investimento de capital, produtos a mais acobertando falhas na produção e ocupação de espaço aumentando custos e riscos;
- Movimento: movimentos físicos inadequados (ergonomia) aumentando o tempo de produção e diminuindo a produtividade, falta de soluções simples e de baixo custo; e
- Produtos defeituosos: aumento do tempo gasto com inspeção de produtos, perda de tempo e mão de obra, desgaste de máquinas e matérias primas, falta de uso de dispositivos à prova de falhas (*bakayokes*, como são chamados em japonês).

Segundo WOMACK e JONES (2004), *muda* é uma palavra japonesa que não se pode deixar de conhecer. Ela significa desperdício, especificamente, qualquer atividade humana que absorva recursos, mas não crie valor: erros que exigem retificação, produção de itens indesejados, acúmulo de mercadorias nos estoques, etapas de processamento ou manufatura que na verdade não são necessárias, movimentação de funcionários ou transporte de mercadorias sem necessidade, pessoas em uma atividade posterior que ficam esperando porque uma atividade anterior não foi realizada dentro do prazo e bens e serviços que não atendem às especificações.

O pensamento enxuto baseia-se na forma de especificar o valor, alinhar da melhor forma possível as ações ou atividades que criam valor e realizar essas atividades

sem interrupção toda vez que alguém as solicita e, ainda, realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Logo, o pensamento enxuto é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles querem.

O ponto de partida do pensamento enxuto é especificar o valor, e este só pode ser definido pelo cliente final. É expresso em termos de um produto ou serviço final, que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico.

Ao especificar o fluxo de valor, as empresas quase sempre mostram três tipos de ação ou atividade ao longo de sua extensão: tipo (1), etapas que certamente criam valor ao produto ou serviço; tipo (2), etapas que não criam valor, mas são inevitáveis consideradas as tecnologias e ativos de produção; e tipo (3), etapas que não criam valor e devem ser eliminadas imediatamente.

Ao especificar o fluxo, precisa-se ter em mente que as etapas que criam valor fluam. Isso implica uma mudança de mentalidade. Ao preparar um lote de cartas; primeiro dobra-se todas, depois cola-se e depois aplica-se o selo. O conceito de fluxo muda tudo isso; primeiro dobra-se uma carta, cola-se e aplica-se o selo, fazendo-a retornar ao monte. Com isso elimina-se o desperdício de movimento de pegar uma carta, realizar uma atividade e devolvê-la ao monte de cartas.

Além do esforço para a eliminação de desperdícios, a filosofia *Just in Time* trás características de não aceitação da situação vigente ou mesmo de padrões arbitrários de desempenho. Na abordagem tradicional as metas costumam ser estáticas, geralmente para o ano fiscal, para depois serem aprimoradas. Por outro lado, no *Just in Time* o controle evita os afastamentos que ocorrem em relação aos padrões de forma

continuada. Isso mantém o processo estável e mantém os resultados dentro da faixa de tolerância. Em função disso as metas do *Just in Time* são ambiciosas, conforme abaixo:

- defeitos zero;
- tempos envolvidos no processo zero (*lead times*);
- estoques zero;
- movimentações zero;
- quebras de máquinas zero; e
- lote unitário.

Será apresentado a seguir os aspectos da qualidade total, uma das importantes ferramentas desta abordagem.

1.6.3. O *Just in Time* e a busca da qualidade total

A teoria da Gestão da Qualidade foi introduzida no Japão em meados dos anos 60 por Joseph M. Duran, W. Edwards Deming e A . V. Feigenbaum. O sistema *Just in Time* considera a qualidade, ao lado da busca pela flexibilidade, como um dos pressupostos para sua implementação, assim como o conjunto de conceitos da Gestão da Qualidade chamados de Controle da Qualidade Total.

A principal ideia de qualidade é a qualidade na fonte, ou seja, atribuída aos trabalhadores diretos da produção, fazendo-os responsáveis pela qualidade desde a produção dos itens e materiais, evitando inspecioná-los após a fabricação ou montagem.

Assim, o departamento de controle da qualidade passa a ter as seguintes funções:

- treinar os funcionários da produção em como controlar a própria qualidade;
- conduzir auditorias de qualidade aleatórias nos diversos setores da produção e nos fornecedores;

- dar consultoria aos funcionários da produção no tocante aos problemas de qualidade que estão enfrentando;
- supervisionar os testes finais de produtos acabados; e
- auxiliar a disseminação e implementação dos conceitos de controle de qualidade pela empresa como um todo.

Esta última tarefa está relacionada com uma inovação japonesa bastante difundida, atualmente, no mundo, denominada círculos de controle da qualidade; uma técnica que procura favorecer a participação dos trabalhadores na identificação e solução de problemas de qualidade.

Enquanto na abordagem tradicional as metas de controle da qualidade costumam ser estáticas, no *Just in Time* o controle da qualidade busca a perfeição através do aprimoramento contínuo.

O *Just in Time* tem os seguintes aspectos utilizados no controle da qualidade total:

- Controle de processo: controle de todas as fases de processo, sem a necessidade de uma quantidade enorme de inspetores, pois cada posto de trabalho é, também, um posto de inspeção e controle da qualidade.
- Visibilidade da qualidade: exposição da situação da produção em relação aos padrões de qualidade requeridos. Todos os trabalhadores ficam cientes da situação referente à qualidade.
- Disciplina da qualidade: desde a alta direção todos devem estar comprometidos com as metas de qualidade, não permitindo o relaxamento de esforços para a melhoria contínua ou valorização de objetivos que se desviem das metas de qualidade.
- Paralisação de linhas: as linhas de produção devem reduzir sua velocidade ou mesmo parar, caso a qualidade não seja atendida, para que os problemas sejam solucionados.

- Correção dos próprios erros: não devem existir linhas de produção paralelas para a correção de erros, estes, assim como os problemas de qualidade, devem ser solucionados por quem os cometeu.
- Inspeção 100%: os trabalhadores devem se esforçar para inspecionar todas as peças produzidas. Não é permitido o controle estatístico por amostragem: a meta é a perfeição.
- Lotes pequenos: a fabricação de lotes pequenos facilita a inspeção e o controle de qualidade, permite que os itens cheguem rapidamente ao posto subsequente e não geram estoques na linha de produção.
- Organização e limpeza da fábrica: a ambiência e a higiene causadas pela organização e limpeza melhoram a produtividade e a motivação dos trabalhadores.
- Excesso de capacidade: a programação da capacidade de produção inferior à capacidade máxima permite a operação suave das máquinas, evitando desgastes e quebras, assim como viabiliza o princípio da paralisação de linhas ou diminuição de sua velocidade.
- Verificação diária dos equipamentos: máquinas descalibradas ou desreguladas produzem peças defeituosas; assim sendo, todos os dias, antes do início da produção, as atividades de verificação, lubrificação, regulagem, ajustes e outras devem ser prioritariamente executadas.

A seguir será visto como o *Just in Time* trata a redução dos tempos envolvidos no processo de produção (manufatura).

1.6.4 A redução dos tempos envolvidos no processo de produção

As abordagens tradicionais tendem a tratar o projeto de produto e o projeto do processo de produção separadamente. Por outro lado, a filosofia *Just in Time* tem um enfoque sistêmico reconhecendo a interdependência destas atividades. Para reduzir os

tempos envolvidos no processo de produção (*lead times*), os produtos, o processo de produção e o sistema de manufatura, como um todo, devem ser projetados de forma a facilitar o fluxo das ordens de produção. O *lead time* é o tempo que decorre desde que a ordem de produção é colocada até o momento em que o item é disponibilizado para uso, e é composto pela soma de cinco tempos conforme a Figura 1.4. abaixo.

a) Tempo de tramitação da ordem de produção	b) Tempo de espera em fila	c) Tempo de preparação de máquinas	d) Tempo de processamento	e) Tempo de movimentação
---	----------------------------	------------------------------------	---------------------------	--------------------------

Figura 1.4. – Composição do lead time (CORRÊA e GIANESI, 1999).

a) Tempo de tramitação da ordem de produção: trata-se da burocracia na tramitação da ordem de produção, normalmente de um a dois dias, podendo ser piorada nos sistemas de processamento centralizado como o MRP II. Na filosofia *Just in Time* o uso dos cartões *kanban*, como será visto adiante, reduz este tempo a praticamente zero.

b) Tempo de espera em fila: este tempo corresponde a mais de 80% do *lead time* na abordagem tradicional. Este tempo depende, também, dos tempos subsequentes. Para reduzir este tempo além de reduzir os subsequentes, deve-se balancear o fluxo de produção, reduzir os estoques em processamento e melhorar a coordenação entre os estágios de produção, o que é feito pelo *kanban*.

c) Tempo de preparação de máquinas: também chamado de *setup*, tem sua redução pautada em inúmeras atividades de acordo com os equipamentos e máquinas.

d) Tempo de processamento: conforme a filosofia *Just in Time*, é o único que agrega valor ao negócio. Deve ser utilizado e reduzido produzindo-se com qualidade e sem erros e retrabalhos.

e) Tempo de movimentação: este tempo pode ser reduzido com o uso do leiaute celular diminuindo as distâncias a serem percorridas, ergonomia de trabalho adequada, e lotes pequenos permitindo sua rápida movimentação.

A redução dos tempos envolvidos no processo depende muito do suprimento de materiais e da educação dos trabalhadores, é o que será visto a seguir.

1.6.5. O *Just in Time* e o suprimento de materiais

As abordagens tradicionais tendem a criar uma grande base de fornecedores de modo a evitar falhas de suprimentos, por outro lado, a filosofia *Just in Time* prega a redução da base de fornecedores, limita os esforços no desenvolvimento e treinamento, estabelece o compromisso de longo prazo e o compartilhamento de informações comerciais e de projeto pertinentes e, ainda, exige a localização aproximada de fornecedores. Os elementos mais importantes a serem acordados são: lotes de fornecimento pequenos, recebimentos pequenos e confiáveis, tempos de fornecimento reduzidos (*lead times*) e altos níveis de qualidade.

A seguir destaca-se a necessidade de educação e comprometimento dos trabalhadores.

1.6.6. O *Just in Time* e o envolvimento dos trabalhadores

O elemento humano é a essência da filosofia *Just in Time*. O compromisso com a qualidade, a correção dos próprios erros, a limpeza e organização dos próprios postos de trabalho, a busca na solução de problemas, a melhoria contínua dos processos de produção, a multifuncionalidade e a flexibilidade, a proatividade nas preparações, o trabalho em células, e muito mais, todas requerem o espírito do trabalho em equipe. O *Just in Time* exige uma cultura de educação, motivação e comprometimento que não é

alcançada no curto prazo, logo as empresas que adotam essa filosofia não conseguirão resultados imediatistas do tipo *kaikaku*.

Será discutido a seguir o planejamento e o controle da produção no *Just in Time*.

1.6.7. O planejamento e o controle da produção

Conforme MACHADO (2011), a filosofia do sistema Toyota também consiste no projeto inteligente de produto, contemplando as considerações sobre o processo durante o estágio de projeto. Considere um processo de produção representado por um retângulo, que produz uma variedade de produtos de um lado e tem uma variedade de processo do outro lado. Na abordagem tradicional, para aumentar os produtos eu também tenho que aumentar a variedade do processo; e caso eu diminua a variedade de produtos eu posso também diminuir a variedade do processo. Assim sendo, contrariando a abordagem tradicional, o *Just in Time* busca aumentar a variedade de produtos produzidos, mantendo, ou até diminuindo, a variedade e complexidade dos processos existentes, transformando este retângulo em um trapézio, conforme a Figura 1.5 abaixo.

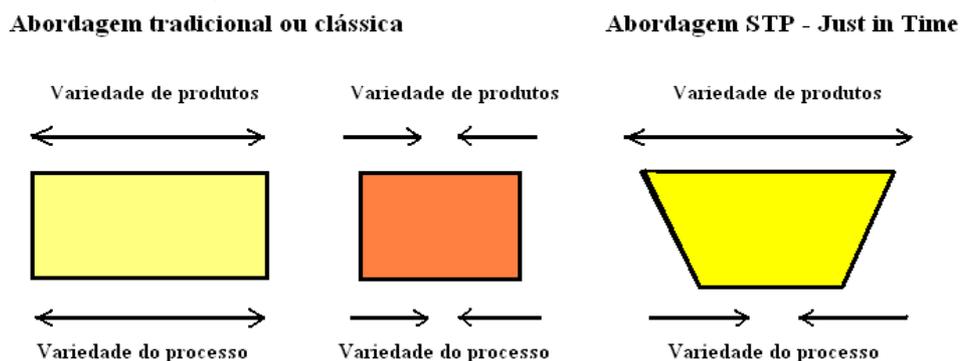


Figura 1.5. – Projeto de Manufatura segundo o Sistema Toyota de Produção – STP (MACHADO,2011)

Embora o mercado exija cada vez mais a variedade e adequação dos produtos e serviços, o que chama-se de customização, o *Just in Time* procura utilizar técnicas de projeto adequado à fabricação e à montagem, de modo que o mercado perceba uma certa variedade de produtos, enquanto a fábrica percebe uma gama restrita de componentes fabricados. Ao fabricarmos três tipos de motores, três tipos de quadros e três tipos de tanques de combustível para motocicletas, pode-se ter vinte e sete combinações de motocicletas. Logo, o *Just in Time* também se preocupa com a restrição de componentes de produção, utilizando o mesmo item ou componente aplicado na montagem de vários modelos, conforme a seguir.

Heijunka ou nivelamento da produção é um conceito relacionado à programação da produção. É um programa nivelado e obtido pelo sequenciamento dos pedidos. O Heijunka converte a instabilidade da demanda dos clientes em um nivelado e previsível processo de manufatura, e é geralmente usado em combinação com outras técnicas do pensamento enxuto (lean) de produção para estabilizar o fluxo de valor. É o principal conceito que ajuda a trazer estabilidade para o processo de manufatura. De acordo com SHINGO (1996), há três maneiras de nivelar quantidades: 1) padronizar processos numa linha de produção, a partir da capacidade de processamento mais alta; 2) padronizar processos numa linha de produção, a partir da capacidade de processamento mais baixa; e 3) equilibrar quantidades de produção no nível necessário para que satisfaçam as exigências determinadas pelos pedidos.

Conforme o Heijunka, a redução de tempo de configuração de máquinas (setup), obviamente, proporciona ganhos no tempo disponível das máquinas para a produção. Porém, gera desperdícios com produção antecipada e aumento de estoques intermediários. Além disso, a perda de qualidade também poderá ser maior, pois quando for detectada uma não conformidade, muitas peças já terão sido produzidas.

Além disso, existe a probabilidade do último pedido ser entregue com atraso devido aos pequenos atrasos acumulados nos pedidos anteriores, produzidos na sequência. Outro agravante são as variações de demanda, ou seja, caso esteja em máquina o pedido de um produto “C”, por exemplo, e entrar um pedido complementar de última hora do produto “A”, produzido primeiro, este não poderá ser atendido, pois já foi produzido e saiu da máquina.

Pelo modelo tradicional Fordista (CANTIDIO, 2009), toda a produção de um determinado produto “A” deveria ser fabricada. Depois, toda a produção de um produto “B” e, por fim, toda a produção de um determinado produto “C”. Para o *Just in Time*, deve-se haver intervalos de fabricação entre os produtos, de forma que os produtos “A”, “B” e “C” sejam produzidos de forma intercalada, em pequenos lotes, a fim de que atendam não somente a demanda solicitada, como permita que a linha possua flexibilidade para absorver pedidos de última hora de qualquer um destes produtos. Além disso, se houver atrasos em qualquer um dos intervalos de fabricação destes produtos, apenas algumas entregas serão feitas fora do prazo.

Portanto, para que seja possível a produção intercalada (ou lotes de tamanho unitário em um sistema altamente flexível) é necessário que o tempo de configuração de máquinas (setup) seja cada vez menor, onde os ajustes sejam mínimos e rápidos. Para trocas excessivamente demoradas, o sistema perde sua flexibilidade e causa atrasos de produção e entrega.

1.6.8. A programação da produção puxada pela demanda com o uso do *kanban*

Segundo TARDIN e LIMA (2000), um processo de produção envolve numerosas etapas, que devem estar todas bem escalonadas e sincronizadas, de modo que, os materiais produzidos em determinados estágios do processo cheguem nas quantidades necessárias e nos instantes corretos nas etapas subsequentes que os utilizarão. Os processos de produção com vários estágios podem ser classificados em dois tipos: sistemas de empurrar e sistemas de puxar a produção.

Alguns objetivos e benefícios do *Just in Time* ao puxar a produção são reduzir continuamente os custos, obter níveis crescentes de qualidade e dar flexibilidade ao processo para que possa adaptar-se às variações da demanda. À medida que se reduz os tempos envolvidos no processo, melhora-se a flexibilidade do sistema e se reduz os estoques. O *Just in Time* também se preocupa em restringir a variedade de produtos (mix de produção), aumentando a quantidade destes através do aumento do fluxo, utilizando técnicas adequadas de fabricação, montagem e submontagem e não admitindo grandes variações de volume no curto prazo. Contudo, a fim de ajudar a produção de modo que pequenas variações de demanda, em curto prazo, possam ser aceitas sem muitos transtornos para o sistema de produção, o *Just in Time* utiliza a técnica conhecida como amaciamento da produção, utilizada em suas linhas de produção.

Através do amaciamento da produção, as linhas de produção podem produzir vários produtos diferentes diariamente de modo a atender a demanda de mercado. A redução dos tempos envolvidos (principalmente, os tempos de fila e preparação) é fundamental. Há ainda duas fases importantes para se realizar o balanceamento da produção: a programação mensal e a programação diária da produção. A programação diária adapta a produção diária às variações da demanda ao longo do mês. A

programação mensal adapta a produção mensal às variações da demanda ao longo do ano. É efetuada a partir do processo de planejamento mensal da produção e resulta em um Programa Mestre de Produção, que expressa a quantidade de produtos finais a serem produzidos em cada mês. Fornece, também, os números médios de produção diária de cada célula e de cada estágio do processo. Por fim, garante que haja recursos necessários para a execução desse programa mestre, considerando ainda uma capacidade de folga. Estabelecido o Programa Mestre de Produção, a produção com modelos mesclados pode apresentar benefícios em termos de produtividade e oferecer maior flexibilidade ao sistema de produção, permitindo algumas mudanças de curto prazo na demanda e balanceando a linha de montagem a fim de atingir os objetivos; mas, ainda é necessário puxar a produção dos itens ou produtos necessários à montagem final; é o papel do *kanban*.

O planejamento da produção no sistema *Just in Time* deve garantir um fluxo contínuo de materiais, uma carga diária estável de trabalho e baixos estoques na produção, principalmente, através de uma programação e controle que é baseada no uso de cartões. O *kanban* puxa a produção do início para o fim de modo a atender determinado pedido final. O sistema *kanban* mais conhecido mundialmente é o da Toyota Motor Company, que é baseado no uso de dois cartões: o *kanban* de produção e o *kanban* de transporte.

O *kanban* de produção dispara a produção de um lote de itens e contém: sua denominação, a descrição do produto, quantidade em lotes, centro de produção ou célula e seu local de armazenamento, conforme exemplo abaixo, através da Figura 1.6.

KP – Kanban de Produção

Código da peça: 125463- A

Descrição do produto: Bomba de óleo.

Lote: 20 peças.

Centro de produção: Célula 13.

Armazenamento: Contêiner 24.

Figura 1.6. – Cartão do tipo kanban de Produção.

O *kanban* de transporte autoriza a movimentação ou o transporte de materiais ou produtos acabados, entre centros de produção ou para dentro e fora da fábrica. Este cartão em geral contém: sua denominação, descrição do produto, quantidade em lotes, centro de produção de origem e centro de produção de destino, conforme exemplo abaixo, através da Figura 1.7.

KT – Kanban de Transporte

Código da peça: 125463- A

Descrição do produto: Bomba de óleo.

Lote: 20 peças.

Centro de produção de origem: Célula 13.

Centro de produção de destino: Célula 16.

Figura 1.7. – Cartão do tipo kanban de Transporte.

Conforme MURIS e MOACIR (2008), *kanban* é um subsistema do Sistema Toyota de Produção (STP) usado para controlar os estoques em processo, a produção e o suprimento de componentes e, em determinados casos, de matérias primas. Sua

tradução literal é anotação visível ou sinal, porém, vem-se empregando na literatura esta palavra com o significado de cartão. O sistema de dois cartões: o *kanban* de produção e *kanban* de transporte ajudaram a Toyota a aperfeiçoar o seu sistema de produção, porém, as transformações recentes no sistema produtivo impuseram transformações no ambiente produtivo. Há, também, outros tipos de *kanban*: *kanban* contenedor (carrinho *kanban*), quadrado *kanban*, painel eletrônico, *kanban* informatizado, e outras abordagens sobre o uso do *kanban*.

Os consumidores buscam pontualidade, variedade, baixo custo, alta qualidade e flexibilidade, para que as companhias possam sobreviver e prosperar nesse ambiente. Foram criados sistemas adaptados do *kanban*, como o da Frâncole, diferentes do original, porém mais apropriados à realidade da empresa.

Será visto a seguir as vantagens e desvantagens ou limitações do sistema *Just in Time*.

1.6.9. As vantagens e desvantagens do *Just in Time*

As vantagens do sistema de administração da produção *Just in Time* podem ser mostradas através da análise dos principais critérios competitivos:

- Custos: a redução dos estoques, a redução dos tempos do processo (*lead time* e *setup*), a redução da quebra de máquinas e equipamentos, a redução dos desperdícios e o sistema *kanban* melhorando o fluxo de produção, todos geram uma redução contínua dos custos.
- Qualidade: a meta de “defeitos zero” evita que os erros fluam ao longo da linha de produção.

- Flexibilidade: a redução dos tempos envolvidos no processo aumenta a flexibilidade de resposta de todo o sistema. Embora o sistema não seja favorável a grandes variações de produtos, ele favorece as combinações de um produto.
- Velocidade: a produção de lotes pequenos padronizados e de rápida movimentação permite que o ciclo de produção seja curto e o fluxo veloz.
- Confiabilidade: As regras do sistema *kanban* e o princípio da visibilidade da qualidade permitem identificar e solucionar rapidamente os problemas, aumentando a confiabilidade.

As desvantagens ou limitações do sistema de administração da produção *Just in Time* podem ser mostradas, também, segundo alguns critérios competitivos como:

- Flexibilidade: O sistema não é favorável a grandes variações de produtos, nem a grandes variações nas quantidades produzidas.
- Estoques: caso a demanda de produção de lotes seja muito instável haverá a necessidade de formação de estoques em um nível tal que permita estabilizar a demanda.
- Transporte: como as células de produção são direcionadas a determinadas famílias de produtos, caso a combinação de produtos seja grande, ocorreria como consequência roteiros de produção longos e com certa complexidade.
- Parada do fluxo de produção: a redução dos suprimentos com fornecimentos pequenos e regulares pode falhar causando a parada de máquinas e subutilização dos trabalhadores, assim como a quebra de máquinas aumenta o risco de paralisação.

Na próxima seção será tratado sobre a evolução e as contribuições dos novos sistemas de produção.

1.7. A evolução dos sistemas de produção

A tecnologia da informação trouxe enormes contribuições aos sistemas de produção. O trabalho individual ou em equipe passou a utilizar programas (softwares) com acessos em rede mundial, vinte e quatro horas a qualquer dia, de qualquer lugar, com níveis de acesso por autoridade, senhas e certificados criptografados, delimitação de seções e muito mais. Tais tecnologias propiciam, ainda, a monitoração e o agendamento de tarefas e compromissos, monitoramento de pedidos, monitoramento de linhas de produção e estoques, diversas formas de comércio eletrônico, prospecção de mercados e clientes, pesquisas de opinião, votações secretas ou não, banco de soluções e inovações, banco de melhores práticas, banco de manuais, armazéns de dados, universidade corporativa para treinamento de trabalhadores e partes interessadas e muitas outras funcionalidades criadas ou em desenvolvimento de acordo com as necessidades de cada organização.

A visão de todas as operações da empresa, incluindo o ambiente externo e interno, fez evoluir o conceito de sistema de produção para o conceito de sistema de inteligência de negócios, ou seja, agora é possível ter um amplo banco de dados com detalhamento explícito de todo o ambiente interno e externo da empresa, facilitando a gestão, a tomada de decisão, o seu planejamento estratégico, a produção ou operação, a definição e prospecção de cenários e as adequações legais com a participação de todas as partes interessadas.

Os sistemas comercializados, atualmente, se tornaram tão amplos e cada vez mais completos, incorporando informações estratégicas, de tal forma, que os sistemas de administração da produção tornaram-se apenas um dos seus módulos ou sub-rotinas.

WANDERLEY (1999) em seu artigo para esclarecer um sistema de inteligência de negócios, embora existam muitas definições para inteligência de negócios, adotou o

conceito de TYSON (1997), conforme descrito a seguir: sistema de inteligência de negócios (SIN) é um processo que envolve a coleta, análise e validação de informações estratégicas sobre: a produção, os concorrentes, os clientes, os fornecedores, os candidatos potenciais à aquisição, os candidatos a consórcios (*joint-ventures*) e as alianças estratégicas. Essas informações também podem incluir, ainda, eventos econômicos, reguladores e políticos que tenham impacto potencial sobre os negócios da empresa. O processo de inteligência de negócios analisa e valida todas essas informações e as transforma em conhecimento estratégico e tendências de atuação dos demais atores no mercado. Ainda, um processo formal de inteligência de negócios pode propiciar à empresa o seguinte:

- antecipar mudanças no mercado global;
- entrar em novos negócios;
- rever e melhorar suas próprias práticas de negócio, trabalhadores e colaboradores;
- conhecer sobre novas tecnologias, produtos ou processos de produção que tenham impacto no seu negócio;
- antecipar ações dos competidores;
- descobrir novos ou potenciais competidores;
- conhecer melhor as empresas que possam vir a ser adquiridas ou parceiras (redes de cooperação empresarial);
- conhecer sobre sustentabilidade, política, legislação, ou mudanças regulamentais que possam afetar o seu negócio;
- aprender com os sucessos e as falhas dos outros (comparação = *benchmarking*); e
- auxiliar na implantação de novas ferramentas gerenciais.

Nesse momento, será feita uma pausa na abordagem dos sistemas de produção, seu desdobramento e evolução, para que se possa entender a seguir o modelo de

ferramenta matemática para a otimização de alguns setores da produção da Frâncole. No capítulo IV, consolidando os princípios do *Just in Time* aplicados à produção da Frâncole, serão apresentadas a otimização de seu sistema de produção, por uso dessa ferramenta dinâmica, e as melhorias alcançadas pela empresa.

No próximo capítulo, será apresentada a otimização linear, buscando aplicar seus conceitos em alguns processos da Frâncole.

CAPÍTULO II

UM POUCO DE OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS

Neste capítulo será estudado um pouco de Pesquisa Operacional revendo a otimização linear, a programação linear e a programação linear inteira. O trabalho aqui é uma revisão de conteúdo para que se possa entender o processo de modelagem que será apresentado nos capítulos seguintes.

A Pesquisa Operacional é uma ciência aplicada e voltada para a resolução de problemas reais que, tendo como foco a tomada de decisão, aplica conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, no planejamento ou na operação de sistemas. A influência da Segunda Guerra Mundial foi decisiva para o ressurgimento da Pesquisa Operacional. Os desenvolvimentos surgidos nas décadas subsequentes ao grande conflito foram principalmente devidos à difusão do computador nas universidades e empresas.

A dissertação aqui será baseada, principalmente, nos livros no estado da arte dos autores DANTZIG (1963), ARENALES, ARMENTANO, MORABITO E YANASSE (2007) e ALVES e MENEZES (2010) e no artigo, também no estado da arte, de DANTZIG (1951), conforme as referências bibliográficas.

Na seção seguinte será iniciado o propósito com o estudo da otimização linear.

2.1. Otimização linear

O problema de otimização é o problema de encontrar possíveis minimizadores ou maximizadores de uma função definida em uma determinada região.

Nesta seção será apresentado um estudo sobre a programação linear (PL) e a programação linear inteira (PLI)). O texto aqui apresentado está fortemente baseado em ALVES e MENEZES (2010).

2.1.1. Programação linear

Denota-se $N = \{1,2,\dots\}$ o conjunto dos números naturais, Z o conjunto dos números inteiros, Z_+ o conjunto dos números inteiros não negativos, Z^n o conjunto cartesiano de n conjuntos dos números inteiros, \mathfrak{R} o conjunto dos números reais, \mathfrak{R}^n o conjunto cartesiano de n conjuntos dos números reais, $\{0,1\}$ o conjunto de zeros e uns, e $\{0,1\}^n$ o conjunto cartesiano de n conjuntos de zeros e uns.

Considere os números inteiros m e n tais que $0 < m < n$. Dados uma matriz numérica com coeficientes reais A , $m \times n$, e vetores $b \in \mathfrak{R}^m$ e $c \in \mathfrak{R}^n$, o problema de programação linear no formato padrão é o seguinte problema de otimização, usualmente denominado problema primal:

$$\begin{aligned} (P_1) \quad & \text{minimizar} && c^T x \\ & \text{sujeito a:} && Ax = b \\ & && x \geq 0. \end{aligned}$$

Seguem-se algumas definições acerca do problema (P_1) .

Definição 2.1. Considere o problema de PL (P_1) .

(a) A função linear $x \mapsto c^T x$ é chamada função objetivo, e $c^T x$ é chamado o valor da função objetivo.

(b) O conjunto

$$X = \{x \in \mathfrak{R}^n; Ax = b, x \geq 0\}$$

é chamado conjunto viável e um ponto $x \in X$ é denominado ponto viável.

(c) O conjunto

$$X(P_1) = \{x^* \in X; c^T x^* \leq c^T x, \text{ para todo } x \in X\}$$

é chamado conjunto de soluções ótimas e um ponto $x \in X(P_1)$ é denominado solução ótima.

(d) O problema (P_1) chama-se problema ilimitado quando existe uma sequência

(x^k) tal que $x^k \in X$ e $c^T x^k \rightarrow -\infty$, quando $k \rightarrow \infty$.

(e) O problema (P_1) chama-se problema inviável quando X é vazio.

O problema de PL (P_1) pode ser interpretado da seguinte maneira: dada uma matriz tecnológica com números reais A , $m \times n$, dados um vetor do lado direito $b \in \mathfrak{R}^m$ e um vetor custo $c \in \mathfrak{R}^n$, encontrar, se existir, um vetor de variáveis de decisão $x^* \in X$ tal que, $c^T x^* = \min\{c^T x; x \in X\}$. Caso não exista, certificar que o problema (P_1) é um problema ilimitado ou um problema inviável.

O problema de otimização é um problema de PL quando as funções envolvidas – a função objetivo e as restrições do problema – são afins (lineares) e contínuas e, além disso, as variáveis do problema são contínuas.

A seguir, definimos poliedro como um poliedro convexo fechado.

Definição 2.2. Sejam dados um vetor não nulo $a \in \mathfrak{R}^n$, denominado vetor normal, e um escalar $\delta \in \mathfrak{R}$.

(a) O conjunto

$$H = \{x \in \mathfrak{R}^n; a^T x = \delta\}$$

é denominado um hiperplano.

(b) Os conjuntos

$$H_l = \{x \in \mathfrak{R}^n; a^T x \leq \delta\} \text{ e } H_u = \{x \in \mathfrak{R}^n; a^T x \geq \delta\}$$

são denominados semiespaços fechados.

(c) Um poliedro é um conjunto formado pela interseção de um número finito de semiespaços fechados.

Agora, será definido ponto extremo para, por exemplo, tratar-se do teorema fundamental da PL adiante.

Definição 2.3. Sejam dados q vetores $x^1, x^2, \dots, x^q \in \mathfrak{R}^n$.

(a) Diz-se que $x \in \mathfrak{R}^n$ é uma combinação linear de $x^1, x^2, \dots, x^q \in \mathfrak{R}^n$, quando existirem q escalares $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q \in \mathfrak{R}$, tais que

$$x = \lambda_1 x^1 + \lambda_2 x^2 + \dots + \lambda_q x^q.$$

- (b) Diz-se que $x \in \mathfrak{R}^n$ é uma combinação convexa de $x^1, x^2, \dots, x^q \in \mathfrak{R}^n$, quando x for uma combinação linear,

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_q = 1 \text{ e } \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_q \in [0,1].$$

- (c) Seja S um subconjunto do \mathfrak{R}^n . Diz-se que S é um conjunto convexo, quando todas as combinações convexas de quaisquer dois pontos de S pertencerem a S .
- (d) Seja S um subconjunto convexo do \mathfrak{R}^n . Um ponto x em S é denominado ponto extremo de S , quando não for uma combinação convexa de quaisquer dois outros pontos distintos em S .

A seguir definimos solução básica viável através de outras definições importantes.

Definição 2.4. Sejam dados uma matriz A , $m \times n$, $0 < m < n$, e um vetor b em \mathfrak{R}^m . Considere um sistema de equações lineares $Ax = b$, tal que $\text{posto}(A) = m$.

- (a) Uma matriz quadrada B , $m \times m$, obtida de A , com m vetores coluna linearmente independentes denomina-se matriz base de A . Uma matriz N , $m \times (n - m)$, obtida de A , com os $n - m$ vetores coluna restantes denomina-se matriz não base.
- (b) Considere uma matriz base B , $m \times m$. O conjunto de índices correspondentes a esta matriz base B , no sistema $Ax = b$, chama-se conjunto de índices base. O conjunto com os demais $n - m$ índices chama-se conjunto de índices não base. Denota-se o conjunto de índices base por I_B e o conjunto de índices não base por I_N .

- (c) Considere uma matriz base B , $m \times m$. As variáveis correspondentes a esta matriz base B , no sistema $Ax = b$, chamam-se variáveis básicas. As demais $n - m$ variáveis chamam-se variáveis não básicas. Denota-se o vetor de variáveis básicas por x^B e o vetor de variáveis não básicas por x^N .
- (d) Anulando as $n - m$ variáveis não básicas, obtém-se um sistema compatível determinado, constituído de m equações e m incógnitas. Determinando o valor das variáveis básicas, obtém-se uma solução básica. Ou seja, $x \in \mathfrak{R}^n$ é uma solução básica, quando $x^N = 0$ e x^B é a solução do sistema linear $Bx^B = b$.
- (e) Uma solução básica em que as variáveis básicas são não negativas denomina-se solução básica viável.
- (f) Uma solução básica viável onde existe ao menos uma variável básica nula denomina-se solução básica viável degenerada.

No teorema a seguir, será apresentado ponto extremo de uma maneira mais operacional.

Teorema 2.1. Considere o problema de PL (P_1) . Um ponto viável $x \in X$ é um ponto extremo se, e somente se, x for uma solução básica viável.

O próximo teorema caracteriza o conjunto viável de um PPL, formalizando a sua geometria.

Teorema 2.2. Considere o problema de PL (P_1) . Todo conjunto viável X é um poliedro com um número finito de pontos extremos e, quando não vazio, possui ao menos um ponto extremo.

O teorema fundamental da programação linear será enunciado agora.

Teorema 2.3. Considere o problema de PL (P_1) . Se (P_1) admite solução ótima, então uma solução ótima é atingida em ao menos um ponto extremo do conjunto viável.

Finalmente, caracteriza-se o conjunto de soluções ótimas $X(P_1)$.

Teorema 2.4. Considere o problema de PL (P_1) . O conjunto de soluções ótimas é um poliedro e, quando não vazio, possui uma única ou uma infinidade de soluções ótimas. Além disso, quando existir, ao menos uma solução ótima é um ponto extremo.

Na próxima seção será estudada a programação linear inteira.

2.1.2. Programação linear inteira

Considere, ainda, os números inteiros m e n tais que $0 < m < n$. Dados uma matriz numérica com coeficientes reais A , $m \times n$, e vetores $b \in \mathfrak{R}^m$ e $c \in \mathfrak{R}^n$, uma formulação para o problema de programação linear inteira é o seguinte problema de otimização:

$$\begin{aligned} (P_2) \quad & \text{minimizar} && c^T x \\ & \text{sujeito a:} && Ax = b \\ & && x \geq 0 \\ & && x \in Z^n. \end{aligned}$$

Por outro lado, uma formulação para o problema de programação linear inteira 0-1 (binário) é o seguinte problema de otimização:

$$\begin{aligned} (B) \quad & \text{minimizar} && c^T x \\ & \text{sujeito a:} && Ax = b \\ & && x \in \{0,1\}^n. \end{aligned}$$

Em ambos os problemas (P₂) e (B), a função objetivo é definida pela função linear $x \mapsto c^T x$; o valor da função objetivo definido pelo número $c^T x$; o conjunto viável definido pelo conjunto

$$XI = \{x \in Z^n; Ax = b, x \geq 0\},$$

ou

$$XB = \{x \in \{0,1\}^n; Ax = b\};$$

um ponto viável definido como um elemento do conjunto viável; o conjunto de soluções ótimas definido pelo conjunto

$$X(P_2) = \{x^* \in XI; c^T x^* \leq c^T x, \text{ para todo } x \in XI\};$$

ou

$$X(B) = \{x^* \in XB; c^T x^* \leq c^T x, \text{ para todo } x \in XB\};$$

uma solução ótima definida como um elemento do conjunto de soluções ótimas; o problema (P₂) é inviável quando XI é vazio, e o problema (B) é inviável quando XB é vazio; e o problema (P₂) é ilimitado quando existe uma sequência (x^k) tal que $x^k \in XI$ e, quando $k \rightarrow \infty$, $c^T x^k \rightarrow -\infty$.

Seguem-se as definições de minimizador global e minimizador local.

Definição 2.5. Sejam dados um conjunto $D \subset Z^n$ e uma função $f : D \rightarrow \mathfrak{R}$.

- (a) Diz-se que um ponto $\bar{x} \in D$ é um minimizador global de f em D quando, para todo $x \in D$,

$$f(\bar{x}) \leq f(x).$$

(b) Diz-se que um ponto $\bar{x} \in D$ é um minimizador local de f em D quando, existe $\varepsilon \geq 1$ tal que, para todo $x \in \{x \in D; \|x - \bar{x}\|_\infty \leq \varepsilon\}$,

$$f(\bar{x}) \leq f(x).$$

A proposição a seguir mostra que o problema de PLI (P_2) pode ser reduzido ao problema (B), conforme SALKIN (1975).

Proposição 2.1. Suponha que no problema de PLI (P_2) cada $x_j \leq u_j$, com $u_j > 0$, $j = 1, \dots, n$. Então, este novo problema de PLI pode ser reduzido ao problema de PLI 0-1 (B).

A definição a seguir nos auxilia a olhar para a resolução de um problema de PLI através de métodos de programação linear (contínua).

Definição 2.6. Uma matriz quadrada com coeficientes inteiros B é chamada matriz unimodular, quando seu determinante é igual a -1 ou igual a 1. Uma matriz com coeficientes inteiros A é chamada matriz totalmente unimodular, quando qualquer submatriz quadrada não singular de A é unimodular.

O teorema a seguir mostra que em um problema de PLI pode ser melhor resolvê-lo como um problema de programação linear, dependendo da matriz A satisfazer a condição de unimodularidade total. Veja PAPADIMITRIOU e STEIGLITZ (1998).

Teorema 2.5. Se A é uma matriz totalmente unimodular, então todos os pontos extremos de

$$X = \{x \in R^n; Ax = b, x \geq 0\}$$

são vetores com coordenadas inteiras para qualquer vetor de inteiros b .

A recíproca deste teorema é falsa. Por exemplo, defina

$$X = \{x \in R^n; Ax = b, x \geq 0\}$$

com

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ e } b = \begin{bmatrix} 5 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Com efeito, os pontos extremos

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 5 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 3 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

são todos vetores com coordenadas inteiras, todavia a submatriz quadrada não singular

$$B = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

possui $\det(B) = -2$; que é diferente tanto de -1 quanto de 1 .

A seguir será demonstrado porque o arredondamento nem sempre funciona. Esse exemplo pode ser encontrado na página 169 em GOLDBARG e LUNA (2000).

Considere o problema maximizar $x_1 + 21x_2$

$$\text{sujeito a: } x_1 + 20x_2 \leq 50$$

$$x_1 + x_2 \geq 20$$

$$x_1, x_2 \in Z_+,$$

cuja solução ótima aproximada do problema relaxado é $\hat{x}_1 = 18,42$, $\hat{x}_2 = 1,57$ com $c^T \hat{x} = 51,39$. Aplicando uma estratégia de arredondamento, obteve-se $x_1 = 18$ e $x_2 = 1$,

ponto inviável; $x_1 = 18$ e $x_2 = 2$, ponto inviável; $x_1 = 19$ e $x_2 = 1$, com $c^T x = 40$; e $x_1 = 19$ e $x_2 = 2$, ponto inviável; ou seja, o erro é aproximadamente 22% no arredondamento para $x_1 = 19$ e $x_2 = 1$, pois a solução ótima inteira é $x_1^* = 30$, $x_2^* = 1$ com $c^T x^* = 51$. Com um número maior de variáveis e com essa margem de erro a técnica de arredondamento pode resultar em uma derrocada completa no esforço de modelagem e solução, impondo-se outros métodos de solução.

Na próxima seção será apresentada a metodologia da pesquisa para que sejam determinados e evidenciados os princípios do *Just in Time* e identificado o problema de otimização que é o desafio proposto a se resolver na Frâncole.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DA PESQUISA

Metodologia é a ciência que estuda os métodos utilizados no processo de conhecimento. É, portanto, uma disciplina que se relaciona com a epistemologia (estudo das ciências no que cada uma ou o seu conjunto têm de valor para o espírito humano) e consiste em estudar e avaliar os vários métodos disponíveis, identificando suas limitações, ou não, no âmbito das implicações de suas escolhas e aplicações.

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho será usada a pesquisa-ação como principal metodologia, mas será acrescentada, também, a esta metodologia o método dedutivo para combinar os princípios do *Just in Time* com uma ferramenta de otimização, visando programar e ordenar a produção, e principalmente, reduzindo os estoques e aumentando a produtividade. A aplicação dos princípios do *Just in Time* a uma indústria de confecção não é uma atividade pioneira como será visto no final do Capítulo V, porém aplicar estes princípios combinados com uma ferramenta de otimização fazem deste trabalho um desafio de coordenação e aprendizado confrontando o próprio trabalho, tal qual explicita a metodologia da pesquisa-ação. Esta seção está baseada nos artigos no estado da arte sobre metodologia da pesquisa do MORESI (2003), sobre pesquisa-ação do ENGEL (2000) e sobre modelagem e simulação, BERTRAND e FRANSOO (2002) e no livro Técnicas de Pesquisa, LAKATOS e MARCONI (2003), conforme as referências bibliográficas.

3.1. Caracterização da empresa e do seu ambiente de negócios

A Frâncole Confecções Ltda. é uma indústria de vestuário, acessórios e utilidades para aventura, caça, pesca, pet-shop, náutica e militar sediada em Goiânia, Goiás. A empresa não vende no varejo e possui cerca de quinhentos (500) clientes em vinte e um (21) Estados brasileiros que são atendidos por representante, por tele vendas ou por correio eletrônico. Produz mais de cem (100) produtos em cores únicas ou camufladas como: calça, camiseta, colete, jaquetão, bermuda, capa de chuva/poncho, mochila, bernal, sacola, capa de motor, capa de espingarda, cama de cachorro, agasalho para cachorro, coldre, chapéu, estojos e etc. A Frâncole é uma das poucas empresas brasileiras neste nicho de mercado que, embora pequeno em volume de capital, é um dos maiores do mundo. O Brasil tem, principalmente pela sua exuberante fauna e flora, uma forte atratividade para esse público e este mercado tem crescido com a melhoria da fiscalização e da conscientização ambiental. Está aí a justificativa para a busca da Universidade e concepção deste trabalho, este mercado é nosso, dos brasileiros, então, a Frâncole deve crescer com responsabilidade e eficiência, preterindo a estagnação que a empresa estava sofrendo em 2009 e 2010. A missão da Frâncole é produzir vestuário, utilidades e acessórios seguros, confortáveis e adequados à moda contemporânea, respeitando e valorizando as expectativas humanas e o meio-ambiente; e sua visão de futuro é ser referência mundial na qualidade de produtos, eficiente, rentável, socialmente responsável e com permanente capacidade de inovação.

3.2. A pesquisa-ação

Segundo ENGEL (2000), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa participante engajada, diferentemente da pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não-reativa” e “objetiva”. A pesquisa-ação surgiu da necessidade de

superar a lacuna entre teoria e prática. Uma das características deste tipo de pesquisa é que através dela se procura intervir ou realinhar a prática, de modo inovador, já no decorrer do próprio processo de pesquisa e não apenas como possível consequência de uma recomendação na etapa final do projeto.

A pesquisa-ação demonstra que também se aprende com o trabalho prático e como o próprio nome já diz, a pesquisa-ação procura unir ou confrontar a pesquisa à ação ou prática e vice-versa, isto é, desenvolver o conhecimento e a compreensão como parte da prática. É, portanto, uma maneira de se fazer pesquisa em situações em que também se é uma pessoa da prática e se deseja melhorar a compreensão desta.

ENGEL destaca, ainda, que um dos pioneiros da pesquisa-ação foi o psicólogo alemão Kurt Lewin (1890-1947). Na década de 1960, na área de Sociologia, rapidamente ganhou terreno a ideia de que o cientista social deveria sair de seu isolamento, assumindo as consequências dos resultados de suas pesquisas e colocá-los em prática, para interferir no curso dos acontecimentos. Neste contexto, a pesquisa-ação é o instrumento ideal para uma pesquisa relacionada à prática. Além da área educacional, a pesquisa-ação pode ser aplicada em qualquer ambiente de interação social que se caracterize por um problema, no qual estão envolvidos pessoas, tarefas e procedimentos.

A pesquisa-ação tem as seguintes características essenciais:

- O processo de pesquisa deve tornar-se um processo de aprendizagem para todos os participantes e a separação entre sujeito e objeto de pesquisa deve ser superada.
- Como critério de validade dos resultados da pesquisa-ação sugere-se a utilidade dos dados para os clientes: as estratégias e produtos serão úteis para os envolvidos se forem capazes de apreender sua situação e de modificá-la. O pesquisador parece-se, neste contexto, a um praticante social que intervém numa situação com o fim de verificar se

um novo procedimento é eficaz ou não.

- No ensino, a pesquisa-ação tem por objeto de pesquisa as ações humanas em situações que são percebidas pelo professor como sendo inaceitáveis sob certos aspectos, que são suscetíveis de mudança e que, portanto, exigem uma resposta prática. Já a situação problemática é interpretada a partir do ponto de vista das pessoas envolvidas, baseando-se, portanto, sobre as representações que os diversos atores (professores, alunos, diretores etc.) têm da situação.

- A pesquisa-ação é situacional: procura diagnosticar um problema específico numa situação também específica, com o fim de atingir uma relevância prática dos resultados. Não está, portanto, em primeira linha interessada na obtenção de enunciados científicos generalizáveis (relevância global). Há, no entanto, situações em que se pode alegar alguma possibilidade de generalização para os resultados da pesquisa-ação: se vários estudos em diferentes situações levam a resultados semelhantes, isto permite maior capacidade de generalização do que um único estudo.

- A pesquisa-ação é auto-avaliativa, ou seja, as modificações introduzidas na prática são constantemente avaliadas no decorrer do processo de intervenção e o realinhamento (feedback) obtido do monitoramento da prática é traduzido em modificações, mudanças de direção e redefinições, conforme necessário, trazendo benefícios para o próprio processo, isto é, para a prática, sem ter em vista, em primeira linha, o benefício de situações futuras.

- A pesquisa-ação é cíclica: as fases finais são usadas para aprimorar os resultados das fases anteriores.

3.3. O método dedutivo

Segundo LAKATOS e MARCONI (2003), o método dedutivo é a modalidade de raciocínio lógico que faz uso da dedução para obter uma conclusão a respeito de determinada(s) premissa(s). A indução normalmente se contrasta à dedução. Esta parte de algo particular para uma questão mais ampla, ou seja, generalizando uma particularidade; aquele, contrariamente, parte de uma generalização para uma questão particularizada.

Essencialmente, os raciocínios dedutivos se caracterizam por apresentar conclusões que devem, necessariamente, ser verdadeiras caso todas as premissas sejam verdadeiras. O método dedutivo possui base racionalista e pressupõe que apenas a razão pode conduzir ao conhecimento verdadeiro. Partindo de princípios reconhecidos como verdadeiros e inquestionáveis (premissa maior), o pesquisador estabelece relações com uma proposição particular (premissa menor) para, a partir de raciocínio lógico, chegar à verdade daquilo que propõe (conclusão).

O método dedutivo surgiu na Grécia antiga, com o silogismo do filósofo Aristóteles e também foi desenvolvido por Descartes, Spinoza e Leibniz. Entretanto, é importante frisar que a dedução (e, conseqüentemente, o método dedutivo) não oferece conhecimento novo, uma vez que sempre conduz à particularidade de uma lei geral previamente conhecida. A dedução apenas organiza e especifica o conhecimento que já se possui. Ela tem como ponto de partida o plano do inteligível (ou seja: da verdade geral, já estabelecida) e converge para um ponto interior deste plano.

3.4. Identificação e justificação das variáveis com uso da PLI

Pelo que foi dito até aqui, pode-se dizer que a pesquisa-ação com o auxílio do método dedutivo são metodologias que combinam muito bem com a cultura de melhoria contínua do *Just in Time* (kaizen) e com o desenvolvimento e amadurecimento de uma ferramenta de otimização dinâmica. Atualmente, com a globalização as ferramentas que dão suporte aos processos de produção devem ser dinâmicas, ou seja, adaptáveis às rápidas mudanças do mercado.

Para a concepção de tal ferramenta, visando a programação e ordenamento da produção na Frâncole, há cerca de dois anos são medidas as quantidades de produtos fabricados em um determinado período, normalmente um dia de produção. Os produtos são identificados por nome (calça, jaquetão, capa de motor, colete, etc.) e por cor (preta, bege, camuflado verde-marrom, camuflado cinza-preto, etc.), pois há cores que vendem mais. Em alguns casos o tamanho também é importante, então, atribuiu-se diferencial no nome (capa de espingarda 1,35m, capa de carretilha G, etc.). A precificação dos produtos segue principalmente a técnica de custos e, em alguns casos, segue também o balanceamento pelos preços do mercado. Assim sendo, nosso objetivo aqui é um problema de maximização, visando a seleção ou ordenação dos produtos produzidos com maior valor financeiro, e que também reduza os estoques de matérias primas e produtos acabados. Como passos dessa metodologia, primeiramente, será formulado o problema, em seguida, será deduzido um modelo, por fim interpretado os resultados obtidos e realinhados se necessário, de modo a atingir os objetivos da pesquisa.

Algumas das tabelas montadas neste trabalho representam a ordenação de vários produtos de acordo com sua classificação. Caso fossem separadas ou quebradas por famílias de produtos, isso possivelmente retiraria a visão do todo. Foram escolhidos para compor a amostra de ordenação de produtos sessenta e nove (69) produtos que

sempre possuem venda anual dentre os mais de cem (100) produtos fabricados pela empresa. Como já foi dito, após cerca de dois anos fazendo medições de produção, comprovou-se que o preço de um produto, a dificuldade para produzi-lo e seu giro de venda eram os fatores que mais se destacavam, visando a formação do resultado de vendas brutas da empresa (indicador real utilizado na Frâncole). Logo, foram eleitos (identificados) os seguintes pesos com valores inteiros: GR - giro do produto: 1 a 4, sendo este o maior giro de venda mensal ou anual; IP - Impacto na produção do produto: 1 a 5, sendo este o de maior dificuldade de produção. Como fatores foram eleitos (identificados): PV - Preço final de venda unitário do produto, QD - Quantidade de produtos produzidos em um dia de produção exclusivo, e por fim a multiplicação $QD \times PV$ – Multiplicação dos fatores QD e PV para verificar o valor (contribuição bruta) para um lote diário. Utilizar a maximização significa a multiplicação dos pesos e valores atribuídos a cada produto selecionado por ordem decrescente de valor, que é uma forma de otimização linear. Os problemas de otimização linear com números inteiros estão no campo da programação linear inteira (PLI), abordada no capítulo II, que será usada para auxiliar na formulação do nosso modelo.

A coleta dos dados deu-se da seguinte forma: os dados para classificar o giro de vendas vieram dos valores dos lotes de venda de cada produto, conforme será demonstrado no próximo capítulo; e os dados para classificar o impacto na produção foram obtidos de uma amostra real das vendas de 2011 e 2012, submetidos a uma metodologia estatística, que também será apresentada no próximo capítulo.

3.5. Cronograma de ações ou intervenções

Para o desenvolvimento deste trabalho foi organizado um cronograma de ações iniciais, porém aprendendo com o próprio trabalho outras ações surgiram e, ainda,

algumas ações foram realinhadas ou corrigidas. As principais ações que permaneceram estão listadas na Tabela 3.1 a seguir, como: previstas ou iniciadas e executadas ou finalizadas, por data na pesquisa.

Nº	Ação ou intervenção	Data prevista ou iniciada	Data executada ou finalizada
1	Medição dos processos de produção, visando buscar uma solução para tirar a Frâncole da estagnação ocorrida em 2009 e 2010.	Jan/2010	Mar/2012
2	Escolha da metodologia de pesquisa-ação	Fev/2011	Mar/2011
3	Planejamento do trabalho de Dissertação: um capítulo sobre sistemas de produção, um capítulo sobre otimização de sistemas, um capítulo sobre a Frâncole e o trabalho operacional na empresa.	Fev/2011	Abr/2011
4	Planejamento do trabalho operacional prático na Frâncole através do registro das estratégias, planos e responsabilidades através de manuais.	Fev/2011	Mai/2011
5	Redação do Manual de Recursos Humanos – MRH.	01/03/2011	01/05/2011
6	Redação do Manual da Estratégia de Produção – MEP.	01/03/2011	01/05/2011
7	Redação do Manual de Produção e Qualidade – MPQ.	01/03/2011	01/10/2011
8	Implantação do Programa de Eliminação de Desperdícios segundo a filosofia <i>Just in Time</i> .	01/04/2011	01/05/2011
9	Implantação do Controle da Qualidade Total segundo a filosofia <i>Just in Time</i> .	01/04/2011	01/05/2011
10	Queda de vendas, em função das implantações e dos treinamentos, de R\$20.190,00 em maio de 2010 para R\$8.557,00 em maio de 2011.	01/05/2011	31/05/2011
11	Início do aumento das vendas, em função das implantações e dos treinamentos, de R\$9.042,00 em junho de 2010 para R\$19.290,00 em junho de 2011.	01/06/2011	30/06/2011
12	Redação do Trabalho de Dissertação: Aplicação dos Princípios do <i>Just in Time</i> Combinados com Ferramentas de Otimização a uma Indústria de Confecção: O Caso Frâncole..	Mar/2011	Ago/2012
13	Montagem da tabela e do gráfico de venda mensal e produção média mensal da Frâncole	Mar/2011	Mar/2011
14	Montagem da Tabela de Pesos para Otimização da Produção na Frâncole com pesos tomados empiricamente, visando maximizar os valores.	Mar/2011	Ago/2011
15	Montagem da Tabela de Otimização da Produção e Qualificação do Estoque.	Ago/2011	01/10/2012
	Continua ...		Continua ...

Nº	Ação ou intervenção	Data prevista ou iniciada	Data executada ou finalizada
16	Fechamento do ano de 2011 com crescimento vendas registradas brutas de 27,78%.	01/01/2011	31/12/2011
17	Redação do capítulo sobre Sistemas de Produção.	Jan/2012	Mar/2012
18	Redação do capítulo sobre Otimização de Sistemas	Ago/2011	Abr/2012
19	Redação do capítulo sobre a Estruturação da Produção na Frâncole.	Mar/2012	Mai/2012
20	Redação do Artigo Aplicação dos Princípios do <i>Just in Time</i> Combinados com Ferramentas de Otimização: O Caso Frâncole.	Mai/2012	Jun/2012
21	Submissão do Artigo Aplicação dos Princípios do <i>Just in Time</i> Combinados com Ferramentas de Otimização: O Caso Frâncole.	Jun/2012	Jun/2012
22	Aceitação como Pôster do Artigo Aplicação dos Princípios do <i>Just in Time</i> Combinados com Ferramentas de Otimização: O Caso Frâncole.	Ago/2012	Ago/2012
23	Venda recorde histórica da Frâncole no valor de R\$30.279,00 em função da adoção da mesma configuração de máquinas para uma família de produtos com maximização da pontuação.	01/08/2012	31/08/2012
24	Apresentação no XVI CLAIO/ XLIV SBPO no Rio de Janeiro do Artigo Aplicação dos Princípios do <i>Just in Time</i> Combinados com Ferramentas de Otimização: O Caso Frâncole.	24/09/2012	28/09/2012
25	Qualificação do trabalho: Aplicação dos Princípios do <i>Just in Time</i> Combinados com Ferramentas de Otimização a uma Indústria de Confecção: O Caso Frâncole.	Ago/2012	11/09/2012
26	Montagem da Tabela de Pesos para Otimização da Produção na Frâncole com pesos tomados por análise estatística de uma amostra real e não mais empiricamente, por sugestão da banca.	11/09/2012	25/09/2012
27	Correção Tabela de Otimização da Produção e Qualificação do Estoque.	25/09/2012	30/09/2012
28	Fechamento até setembro de 2012, com crescimento das vendas registradas brutas de 25,42% sobre o ano anterior (27,78%), para defesa da dissertação.	01/01/2012	30/09/2012
29	Defesa da dissertação: Aplicação dos Princípios do <i>Just in Time</i> Combinados com Ferramentas de Otimização a uma Indústria de Confecção: O Caso Frâncole.	Set/2012	26/10/2012
30	Aprovação da Dissertação e inclusão de dois capítulos: um de metodologia, com o cronograma de ações e outras solicitações da banca; outro de análises e resultados.	26/10/2012	09/11/2012

Tabela 3.1 – Principais ações ou intervenções utilizadas na pesquisa-ação

A seguir será abordada a estruturação da produção na Frâncole de modo a demonstrar e entender os fundamentos do *Just in Time* adotados neste trabalho e, em seguida, serão apresentadas as análises e resultados da pesquisa.

CAPÍTULO IV

A ESTRUTURAÇÃO DA PRODUÇÃO NA FRÂNCOLE

Neste capítulo, inicialmente, será apresentada a Frâncole, suas origens e as ferramentas utilizadas até maio de 2011. Comentar-se-á o “como” tem sido adaptar os princípios do *Just in Time* na empresa e o porquê de sua escolha, será demonstrada a pesquisa-ação de fato, ou seja, a ferramenta pesquisada adaptada e implantada e os resultados obtidos a cada passo a partir de maio de 2011. Serão feitas, também, algumas comparações e por fim, será destacada a evolução alcançada. Este último capítulo da dissertação é baseado nos argumentos discutidos até aqui, nos autores e obras já citados e, também, em sítios de pesquisa da Internet conforme as referências bibliográficas.

Conforme CORRÊA e GIANESI (2009), os sistemas de administração da produção (SAP) são o coração dos processos produtivos. Eles têm o objetivo básico de planejar e controlar o processo de manufatura em todos seus níveis, incluindo materiais, equipamentos, pessoas, fornecedores e distribuidores. Como um primeiro passo rumo à estruturação da produção na Frâncole, este capítulo apresenta a empresa como um sistema de partes constituído pelas instalações, máquinas, ferramentas, mercados atual e potencial, normas, planos e estratégias de produção e principalmente pelas pessoas, suas crenças e valores institucionais que se interagem na busca dos objetivos estratégicos (organizacionais); sendo, assim, sua sinergia é uma filosofia de vida que envolve todas as partes interessadas.

4.1. A Frâncole

A Frâncole Confecções Ltda., fundada em 17/05/2002, é uma indústria de vestuário, acessórios e utilidades para aventura, caça, pesca, pet-shop e náutica sediada em Goiânia, Goiás. A Frâncole não vende no varejo, vende apenas no atacado para lojas e produz mais de cem (100) produtos em cores únicas ou camufladas como: calça, camiseta, colete, jaquetão, bermuda, capa de chuva/poncho, mochila, bernal, sacola, capa de motor, capa de espingarda, coldre, chapéu, estojos, cama de cachorro, etc.

A Frâncole é regida pelo Estatuto da Micro e Pequena Empresa, teve sua origem no curso para novos empreendedores sob a coordenação do SEBRAE/GOIÁS em outubro de 2001, possui desde 2004 o registro de sua marca mista no Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI, também possui desde 2006 o registro de seu domínio na Internet; é uma empresa informatizada e normatizada.

O Brasil é um dos maiores paraísos de aventura, caça e pesca do mundo e tem poucas indústrias especializadas neste ramo. O Estado de Goiás, na Região Centro-oeste, tem uma situação privilegiada por ser banhado por duas bacias: a Bacia Amazônica, rios que correm para o norte, exemplos: Rio Araguaia, Rio Claro, Rio Crixás, Rio Paranã, Rio Tocantins, Rio Maranhão, Rio Vermelho e etc. A Bacia do Prata, rios que correm para o sul, exemplos: Rio Turvo, Rio Verde, Rio Meia Ponte, Rio Corumbá, Rio Paranaíba e etc. e ,ainda, há grandes lagos, exemplos: Lago de três Ranchos (Lago Azul), Lago de Cachoeira Dourada, Lago de Caldas Novas (Corumbá), Lago de Britânia, Lago de São Simão, Lago de Serra da Mesa e etc. Nossa exuberante fauna e flora nos trás uma grande tradição, principalmente, em aventura e pesca esportiva.

A Frâncole completou dez (10) anos em 17 de maio de 2012, possui cerca de quinhentos (500) clientes em vinte e um (21) Estados brasileiros. O maior concorrente

da Frâncole tem cerca de vinte (20) anos de mercado, possui mais de cinco mil (5.000) clientes em todos os Estados Brasileiros e em vários países.

Para o propósito deste trabalho, na próxima seção, será tratado o tema sistema de produção, a partir do que a Frâncole já tem e através de novas ferramentas. Na seção 4.3 será apresentado o modelo de sistema produtivo proposto para a empresa estudada e, na última seção, serão apresentadas as considerações finais deste trabalho.

4.2. Em busca de um sistema de produção estruturado

A Frâncole já utilizava em suas práticas organizacionais desde 2004 o estoque mínimo, o cartão de produção, os times de aprendizagem, o controle de qualidade, os trabalhadores multifuncionais, a redução de custos e a produção puxada pelo cliente, de forma empírica, sem saber que eram práticas oriundas do *Just in Time*. Após a realização de pesquisa sistemática sobre o assunto em 2011, e a partir desta, entendendo as ferramentas da filosofia *Just in Time* de forma mais estruturada, foi possível interligar aspectos como organização, limpeza, correção de erros e ganhos de produtividade com boa aceitação por parte dos trabalhadores envolvidos no processo. Deve-se ponderar, contudo, que a filosofia *Just in Time* é um processo lento e de evolução contínua (*kaizen*). Então, será verificado a seguir como isso tem acontecido.

4.2.1. O sistema de produção estruturado a partir da Frâncole

A estrutura de produção da Frâncole é constituída desde 2008 de uma gerência geral, uma gerência de apoio, uma supervisão de produção, uma supervisão de qualidade e de cargos técnicos e auxiliares. Por força da legislação trabalhista e acordo coletivo de trabalho, a força de trabalho é segmentada em cargos e salários, dificultando a formação multifuncional e flexível, conforme orienta o *Just in Time* (CORRÊA e

GIANESI, 1999). Porém, os cargos mais elevados são orientados desde 2008 a realizar quaisquer tarefas de modo a auxiliar os cargos mais baixos na hierarquia da organização. Por ocasião da divulgação da meta de produção semanal, em reunião, procura-se debater os problemas gerais, assim como os ensinamentos dos manuais e suas ferramentas, de modo a melhorar a educação dos recursos humanos. Desde maio de 2010, a Frâncole passou a adotar reuniões educadoras, testes de habilidade de produção, com medições de tempo, e avaliações periódicas da força de trabalho, para verificar a evolução do aprendizado e da produtividade.

Em 2011, para melhorar ainda mais este processo de educação, padronização, qualidade, conformidade e segurança, conforme orienta a filosofia *Just in Time* (ANTUNES, 2008), foram desenvolvidos e implantados três manuais de produção, em via digital, com linguagem clara e objetiva e atualização periódica, visando o aprendizado, o controle, a padronização, a segurança, o relacionamento, a manufatura, a qualidade, o suprimento, a conformidade, o mercado e tudo o que se relaciona à melhoria contínua da empresa. Dois manuais foram implantados em maio e um foi implantado em outubro conforme a seguir.

Os manuais criados são: a) Manual da Estratégia de Produção (MEP): implantado em 01/05/2011, tem como objetivo o posicionamento estratégico da empresa frente ao mercado atual e potencial, prospectados pelo sistema de produção da Frâncole; b) Manual de Recursos Humanos (MRH): implantado em 01/05/2011, tem como objetivo a segurança e a melhoria das relações de convivência, conduta, produção e trabalho entre todas as pessoas participantes do sistema de produção da Frâncole e; c) Manual de Produção e Qualidade (MPQ): implantado em 01/10/2011, tem como objetivo detalhar o processo de produção dos produtos e serviços, visando o

aprendizado, a padronização, a qualidade, o suprimento e o aperfeiçoamento contínuo da manufatura pela Frâncole.

Conforme HARDING (1987), a qualidade de um produto é composta pela qualidade do projeto e pela qualidade da conformação. A qualidade do projeto é especificada em detalhes pela alta administração aos projetistas do produto. A cultura da empresa em relação à qualidade do projeto é que estabelecerá sua tendência futura de conformidade com foco na qualidade. A empresa ou sua marca é associada à qualidade de um produto, afetando sua imagem no mercado. Na Frâncole, desde 2004, o controle da qualidade começa no suprimento, corte e montagem de pequenas peças. Qualquer anormalidade detectada impede seu encaminhamento ao processo seguinte, eliminando, assim, quase que por completo os problemas de rejeição do produto final.

A qualidade deve ser total, ou seja, atingir todas as áreas e atividades da empresa, desde o atendimento ao cliente até o empacotamento do pedido final para despacho. São fatores importantes no controle da qualidade total, melhorados pelo *Just in Time*, a partir de 2011: o controle de processo, em que se atribuem responsabilidades normativas e com ênfase na segurança, inspeção e controle; a visibilidade da qualidade, com a redução de reclamações de clientes e a diminuição de produtos rejeitados.

Outra iniciativa ampla do programa de melhoria da empresa em 2011 consistiu em desenvolver um sistema de produção que incorporou diversos fundamentos da filosofia *Just in Time* (CORRÊA e GIANESI, 1999), como os seguintes: a) disciplina da qualidade, enfatizando que os padrões não podem retroagir; b) paralisação de linhas, preconizando que a linha de produção deve reduzir a velocidade ou parar caso haja inconformidade com o padrão; c) correção dos próprios erros (no início alguns trabalhadores achavam que estavam delatando o mau serviço de alguém, fazendo retornar o item, posteriormente, os trabalhadores assimilaram que se o item não atender

os padrões de qualidade, voltará ao processo para ser corrigido); d) inspeção 100%, que sustenta que o produto deva ser inspecionado por todos que laboram nele e que qualquer inconformidade deve ser imediatamente informada e corrigida; e) lotes pequenos, que favorecem a inspeção, o transporte e a conferência das especificações; f) organização e limpeza da fábrica, em que cada trabalhador é também responsável pela limpeza e organização de seu local de trabalho; g) excesso de capacidade, em que se passa a aceitar a existência de máquinas ociosas, dando ênfase no fluxo de produção em detrimento da busca da eficiência isolada de recursos produtivos (WOMACK e JONES, 2004); desenvolvimento da polivalência dos trabalhadores e; h) verificação diária dos equipamentos, prevendo regulagens, lubrificações e limpezas das máquinas diariamente, sendo cada trabalhador responsável por uma ou mais máquinas.

Desde a sua criação em 2002, a produção diversificada fez a taxa de utilização das máquinas não ser um dos índices mais importantes. A Frâncole tem mais máquinas do que empregados, ou seja, há ociosidade, porém, o importante é o fluxo de processamento no nível da demanda necessária. Em maio de 2011, ao compreender melhor a filosofia *Just in Time*, a gerência de produção deixou de se preocupar com máquinas paradas ou ociosas e passou a se preocupar mais com o fluxo da produção e a agregação de valor ao produto. Outro aspecto importante foi a necessidade de treinamento dos trabalhadores para operar mais de uma máquina, permitindo a formação de células de produção.

Desde o início de sua produção (2002), em função de sua estratégia de vendas com alta customização, a produção inicia-se com o pedido do cliente, raramente com a formação do estoque mínimo ou a reutilização das sobras. Até o ano de 2011, a organização trabalhou praticamente com a produção sob encomenda dos clientes, porém, conforme o Heijunka, a partir de agosto de 2011, verificou-se que mesclar a

produção sob encomenda com a produção em lotes também favoreceria a redução de estoques.

No início da produção, os itens eram anotados em uma agenda por ordem de produção, porém a partir de 2004, foi adotado um modelo de *kanban* (MACHADO, 2011), intitulado de Extrato do Pedido, conforme a Tabela 4.1. Este extrato age como disparador da produção, iniciando pela baixa no estoque, verificação da necessidade de suprimentos, preparação de máquinas, corte, costura, acabamento final, embalagem e caixa de destino. É único para todas as operações, inclusive transporte e produção e é retirado da planilha eletrônica do Simulador de Pedido de Mercadoria, implantado em 2006 e melhorado em 2011.

Produtos						
			Quantidade por Tamanho			
Produto:	Cor:	Tipo:	P	M	G	GG
Capa de ESPINGARDA	Pressão 5.5 até Cartucheira		Longa 1,35m		4	2p2v
Capa de ESPINGARDA	Pressão 5.5 até Cartucheira		1,25		12	3v3p
Capa de ESPINGARDA	Pressão 5.5 até Cartucheira		1,1		6	3v3cp
Capa chuva tipo poncho/rede/barraca	Camuflada	Impermeável			2	
Capa motor popa 8 a 25hp	preta/camufl almof	Impermeável			2	2v
Continua ...			Continua ...			

Produtos			Quantidade por Tamanho			
Produto:	Cor:	Tipo:	P	M	G	GG
Camiseta camuflada Masc.	Verde marrom	Manga longa	2	2	2	2
Chapéu camufl. Brim	Verde marrom	aba destacável	Tamanho único			6
Boné camufl. Brim	Verde marrom	aba destacável	Tamanho único			10
Chapéu camuflado Tactel	Verde marrom	aba destacável	Tamanho único			6
Bermuda Brim	Verde marrom	6 bolsos		2	2	
Calça compr Rip stop	Verde marrom	6 bolsos		2	2	2
Calça compr Rip stop	Preta	6 bolsos		2	2	
Jaquetão rip stop	Verde marrom	10 bolsos		1	1	1
Estojo de churrasco	Camuflado/preto	Completo				2
Rede de selva	Camuflado/preto	Completa				1

Tabela 4.1. – Extrato do Pedido da Frâncole (tipo de cartão de produção - kanban).

Nesta seção foram apresentadas as práticas organizacionais a partir do que a Frâncole já utilizava. Na seção seguinte será apresentado o que foi implantado.

4.2.2. Novas ferramentas

Segundo BOYSEN e BOCK (2011), com o aumento da competição, dos custos e da variedade de produtos, a busca de sistemas de administração da produção (SAP), com a eficiência do *Just in Time*, tornou-se um caminho para muitas empresas; porém, o uso de um modelo misto de montagem de sistemas de produção em que o *Just in Time* é

combinado com uma ferramenta, não original do modelo, tem resultado não só num grande desafio, mas, também, em novas experiências e aprendizados, como o que é apresentado na Frâncole.

O programa de eliminação de desperdícios da Frâncole foi implantado em maio de 2011. Segue o modelo de SHINGO (1996), que classifica em sete as categorias de desperdícios que não agregam valor ao produto final e devem ser eliminados ou minimizados: desperdício de superprodução, que sugere que se deve produzir somente o necessário, no tempo necessário, evitando grandes estoques, com redução do capital empregado e do risco de sinistro; desperdício de espera, em que se preconiza a realização de preparações de máquinas pela manhã ou no final da tarde, mantendo-se uma reserva de suprimento e balanceando-se a linha de produção com o lote ideal diário de produção; desperdício de transporte, que sugere que os suprimentos devam estar próximos à produção e o *layout* seja adequado; desperdício de processamento, em que se adota o conceito de fluxo de valor e passa-se a dar ênfase na finalização dos produtos; desperdício de estoque, que sugere que o estoque é fonte de geração de diversas perdas (o estoque da Frâncole em 2011 girou em um volume equivalente a menos da metade do estoque de 2010); desperdício de movimento, (a Frâncole está adotando melhores práticas para execução das atividades, evitando movimentos físicos inadequados) e; desperdício de produtos defeituosos (a Frâncole está conseguindo evitar que uma parte errada do conjunto de um produto se torne um produto rejeitado, não deixando que os erros passem na cadeia de produção).

Com o crescimento da empresa e de suas vendas, conforme o Gráfico 4.1, e conseqüentemente da produção, saber o que produzir tornou-se uma questão baseada nos seguintes fatores: produtos com baixo e alto giro de venda (quantidade vendida), produtos com baixo e alto impacto na produção (dificuldade de produção e suprimento),

diferentes preços e, ainda, a quantidade de um dia de produção em função do tempo de preparação de máquinas e corte girar em torno de quarenta e cinco (45) minutos.

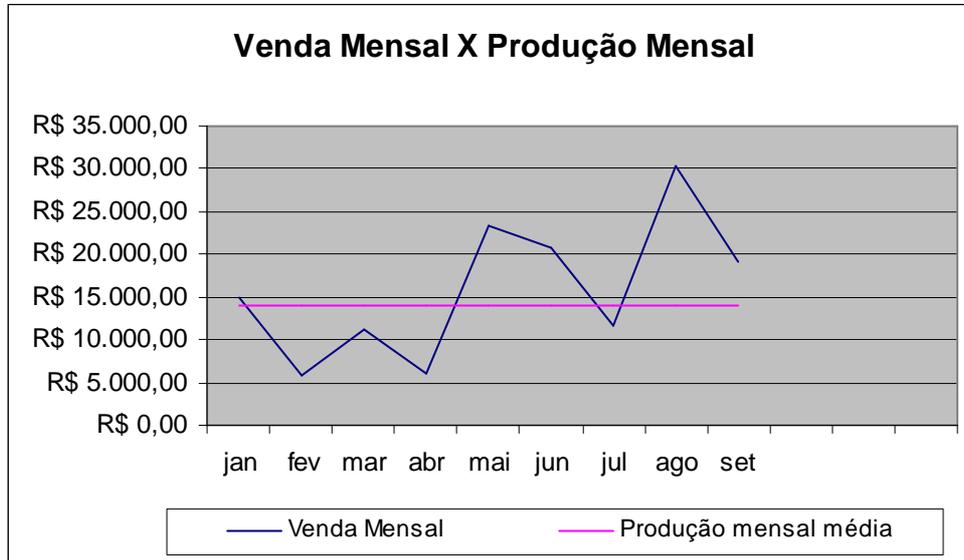


Gráfico 4.1. Venda mensal e produção mensal média da Frâncole até setembro/2012.

Assim sendo, tornou-se necessário a criação de um modelo matemático para ordenar a produção de modo que os produtos a serem produzidos fossem selecionados com base no critério de maior pontuação. Dessa forma, o modelo matemático de otimização do sistema de produção desenvolvido consistiu em estruturar uma tabela de pesos para otimização da produção e criar uma planilha de ordenamento da produção, implantada em 1º de outubro de 2011, conforme a Tabela 4.2 a seguir.

22 dias	Código	Produto	Cor	Tipo	GR	IP	QD	PV	QDxPV	Maximizar
1	X20	Calça-berm. Cmfl.Rip-Stop	Verde marrom	10 bolsos	4	5	12	R\$ 86,00	R\$1.032,00	20640
2	X56	Mochila Completa grande	Cuflada/preto	Impermeável	4	5	12	R\$ 85,00	R\$1.020,00	20400
3	X49	Jaquetão rip stop	Verde marrom	10 bolsos	4	4	12	R\$ 100,00	R\$1.200,00	19200
4	X32	Capa motor popa 8 a 25hp	preta/camufl almof	Impermeável	4	5	10	R\$ 95,00	R\$950,00	19000
5	X55	Mochila Completa Ex.grde	Camuflada/preto	Impermeável	3	5	12	R\$ 100,00	R\$1.200,00	18000
6	X48	Jaquetão camufl. brim	Verde marrom	10 bolsos	4	4	12	R\$ 86,00	R\$1.032,00	16512
7	X68	Rede de selva c/sacola	Camuflado/preto	Completa	4	5	4	R\$ 200,00	R\$ 800,00	16000
8	X19	Calça-berm. Cmfl. Tactel	Verde marrom	10 bolsos	4	5	12	R\$ 66,00	R\$792,00	15840
9	X51	Macacão Rip Stop	Preto	4 bolsos	2	5	10	R\$ 148,00	R\$1.480,00	14800
10	X54	Macacão camufl. Rip Stop	Verde marrom	4 bolsos	2	5	10	R\$ 148,00	R\$1.480,00	14800
11	X38	Colete camuflado Rip Stop	Verde marrom	10 bolsos	4	5	10	R\$ 72,00	R\$720,00	14400
12	X40	Colete cor única Rip Stop	Preto	10 bolsos	4	5	10	R\$ 72,00	R\$720,00	14400
13	X41	Colete cor única Rip Stop	Bege	10 bolsos	4	5	10	R\$ 72,00	R\$720,00	14400
14	X50	Jaquetão rip stop	Cinza preto	10 bolsos	3	4	12	R\$ 100,00	R\$1.200,00	14400
15	X12	Calça compr Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	4	3	16	R\$ 70,00	R\$1.120,00	13440
16	X13	Calça compr Rip stop	Preta	6 bolsos	4	3	16	R\$ 70,00	R\$1.120,00	13440
18	X26	Capa de espingarda 1,35 m	Pressão 5.5 até Cartucheira		4	2	50	R\$ 33,00	R\$1.650,00	13200
19	X25	Capa de espingarda 1,20 m	Pressão 5.5 até Cartucheira.		4	2	50	R\$ 30,00	R\$1.500,00	12000
20	X10	Calça cmpr cmufl Brim	Verde marrom	6 bolsos	4	3	16	R\$ 60,00	R\$960,00	11520
21	X57	Mochila completa Média	Camuflada/preto	Impermeável	3	4	14	R\$ 64,00	R\$896,00	10752
22	X31	Capa motor popa 25 a 40hp	preta/camufl almof	Impermeável	2	5	10	R\$ 100,00	R\$1.000,00	10000
22	X52	Macacão camufl. Brim	Verde marrom	4 bolsos	1	5	10	R\$ 128,00	R\$1.280,00	6400

Tabela 4.2. – Tabela de otimização da produção e qualificação do estoque.

Conforme observa-se no campo “Maximizar” da Tabela 4.2, a maximização significa a multiplicação dos pesos e valores atribuídos a cada produto selecionado por ordem decrescente. Isso nos trouxe uma tabela decrescente por ordem de prioridade variada, apontou algumas surpresas, qualificou o estoque e otimizou a produção segundo os princípios do *Just in Time*. Sem essa metodologia, ainda estaria-se produzindo com foco somente no giro de venda e atrasando ou perdendo pedidos nos períodos de alta demanda. A seguir serão apresentadas as principais análises e os resultados mais importantes da pesquisa.

CAPÍTULO V

ANÁLISES E RESULTADOS

Neste capítulo, será desenvolvido e aplicado um método matemático para otimizar a produção na manufatura da Frâncole. Inicialmente será feita a formulação, será identificado o problema e deduzido um modelo e estabelecido um método de solução e, ao mesmo tempo, verificada, analisada e interpretada sua aplicação prática como afirmado na pesquisa-ação.

No processo de modelagem científica, segundo ALVES e MENEZES (2010), os responsáveis pela tomada de decisões nos mais variados campos da atividade humana defrontam-se com a necessidade de resolver algum problema específico de Pesquisa Operacional. A compreensão e a definição do problema são de fundamental importância para o processo de modelagem.

O primeiro passo para a resolução de um problema de PO é a formulação, que consiste em traduzir a realidade empírica para sentenças lógicas e dados objetivos, a partir dos quais é possível o estabelecimento de um modelo matemático. É aí que deve-se decidir – julgamento humano – os aspectos do sistema real que será incorporado ao modelo e os que podem ser ignorados, as suposições que podem ser consideradas e as que podem ser descartadas. Essa tradução está sujeita a erros e falhas de comunicação. Também não existem técnicas precisas, capazes de permitir o estabelecimento do modelo de um problema. O segundo passo é a dedução do modelo, isto é, a sua análise e resolução através de algoritmos específicos. Essa solução, atenta aos métodos numéricos em computação, sugere uma tomada de decisão. Para a sua sustentação, recorre-se ao terceiro passo, que é a interpretação de uma solução do modelo para a

solução do problema real. Se não for validado, o modelo deve ser reformulado, e assim por diante. A esse processo dá-se o nome de modelagem. Para maiores detalhes sobre o processo de modelagem, recomenda-se o livro no estado da arte de RAVINDRAN, PHILLIPS e SOLBERG (1987).

Esta seção está baseada, também, nas obras no estado da arte sobre metodologia da pesquisa do MORESI (2003), sobre pesquisa-ação do ENGEL (2000) e sobre modelagem e simulação, BERTRAND e FRANSOO (2002) e sobre aplicação do *Just in Time* a uma indústria de confecção do SANTIAGO, MACEDO, e VILLAR (2008), conforme as referências bibliográficas. Na seção seguinte será apresentada a formulação do problema da Frâncole.

5.1. Um problema

Nesta seção aplicar-se-ão tabelas e gráficos em uma tentativa de identificar um problema na Frâncole com possível solução através da otimização linear.

Na Tabela 5.1, abaixo, será tomada a média mensal de vendas de 2006 a 2011 (seis anos) e corrigida pela inflação do período, em seguida toma-se a produção mensal média da empresa considerando empregado/máquina. Será assumida esta produção mensal acima dos custos da empresa, visando pequena margem de lucro, e como fixa em março de 2011, visando facilitar a análise, embora ela possa variar um pouco ao longo dos meses, em função dos produtos produzidos, de ausências no trabalho, falta de suprimentos, quebra de máquinas e etc.

No Distrito Federal e nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, São Paulo e Tocantins a temporada de pesca, normalmente, abre em primeiro de março e fecha em primeiro de outubro de cada ano, assim sendo pode-se verificar a alta demanda por produtos para aventura, caça e pesca nesse período. No

final do ano há um aumento das vendas em função dos presentes de Natal. Deve ser lembrado, que a produção e venda de indústria é antes da venda de varejo, apesar de agosto e setembro ainda serem temporada de pesca as lojas não fazem mais compras e procuram liquidar seus estoques. O mesmo acontece com janeiro e fevereiro.

Meses	Venda Mensal	Produção mensal média
Janeiro	R\$ 8.071,36	R\$ 14.000,00
fevereiro	R\$ 12.262,73	R\$ 14.000,00
Março	R\$ 15.855,20	R\$ 14.000,00
Abril	R\$ 14.438,24	R\$ 14.000,00
Maio	R\$ 17.794,67	R\$ 14.000,00
Junho	R\$ 16.676,99	R\$ 14.000,00
Julho	R\$ 17.098,40	R\$ 14.000,00
Agosto	R\$ 15.747,83	R\$ 14.000,00
setembro	R\$ 9.031,73	R\$ 14.000,00
Outubro	R\$ 12.928,32	R\$ 14.000,00
novembro	R\$ 15.094,67	R\$ 14.000,00
dezembro	R\$ 17.317,87	R\$ 14.000,00

Tabela 5.1. – Venda mensal e produção mensal média da Frâncole

O Gráfico 5.1, abaixo, demonstra de forma mais clara os meses em que a demanda e a venda superam a produção. Aqui, então, infelizmente, tem-se que aceitar que a empresa perde venda por não conseguir atender aos pedidos dos clientes.

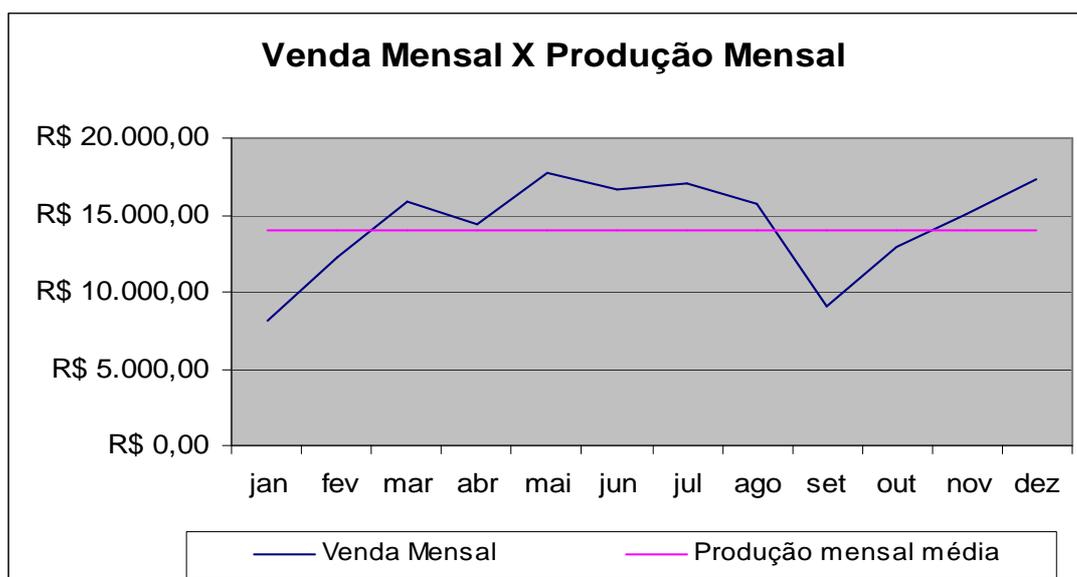


Gráfico 5.1. – Venda mensal e produção mensal média da Frâncole.

Através da Tabela 5.1 e do Gráfico 5.1, verifica-se os seguintes aspectos do problema:

- Deve-se utilizar os meses de baixa demanda para produzir um estoque mínimo (ótimo) de modo a amenizar o período de alta demanda? Quais produtos produzir e manter no estoque mínimo?
- Deve-se terceirizar parte da produção de modo a desafogar a produção nos períodos de alta demanda? Quais produtos terceirizar e em que percentual ou quantidade?
- Um pedido, por exemplo, pede apenas quatro calças de um determinado tecido e de uma determinada cor. Deve-se produzir somente o pedido ou há uma quantidade mínima de um produto a ser produzido?
- Quais os produtos têm maior giro, ou seja, quais são os mais vendidos mensalmente?
- Quais os produtos têm maior impacto na produção, ou seja, quais exigem suprimento diversificado, muita mão de obra ou máquinas, ou são muito complexos dificultando em um certo grau a sua produção?
- Considerando um tempo de preparação de máquinas de trinta a sessenta minutos (média de 45 minutos) qual o intervalo ideal para troca de produtos na produção?
- Quais produtos têm maior contribuição bruta financeira por lote vendido?
- O que fazer com as sobras da produção nos períodos de grande demanda?
- Como maximizar o resultado da produção como um todo?

A seguir será buscada uma solução para essas questões.

Há cerca de dois anos fazendo medições de produção de produtos, chegou-se à conclusão de que fazendo a limpeza, manutenção, regulagem e preparação das máquinas, principalmente pela manhã, enquanto procedia-se o corte das peças, era mais produtivo, e sendo assim, durante todo o resto do dia produzia-se um lote daquele produto até a embalagem final para o estoque ou caixa do pedido. Logo, dimensionou

os lotes médios diários de cada produto de modo que ocupasse um dia de produção e denominou-se de Quantidade de Produtos produzidos em um dia de produção exclusivo (QD).

Em seguida procurou-se classificar os produtos que têm maior impacto na produção, ou seja, por exigir suprimento diversificado, muita mão de obra ou máquinas, ou ser muito complexo, gerar perdas de produção inicial, ou dificultar em um certo grau a sua produção, chamando este critério ou peso de Impacto na Produção (IP). Para tanto fez-se a seguinte análise para dimensionar os pesos: observou-se, na Tabela 5.2, dois produtos cujos lotes possuem o menor e maior valor financeiro, coerentemente, um produto fácil de ser feito é feito em quantidades maiores e permite maior rateio de custos, tornando-o mais barato; por outro lado, um produto difícil de ser feito é feito em pequenas quantidades e seu rateio de custos o torna mais caro.

Inicialmente, foram feitas várias tentativas empíricas para classificar os pesos giro do produto (GR) e impacto na produção (IP), atribuindo amplitudes, tanto com números inteiros, como com números decimais; daí a amplitude de números inteiros mostrou-se mais clara e entendível pelas partes interessadas. Por fim, buscou-se atribuir a ambos os pesos a amplitude de 1 a 5, sendo este o de maior giro de vendas ou maior impacto na produção, para que fosse gerada a primeira tabela de otimização da produção e qualificação do estoque.

Após a qualificação do trabalho, foi solicitado aplicar uma metodologia para a definição dos pesos de maneira técnica ou científica. Esta metodologia foi concebida através de análise estatística, conforme a seguir: primeiramente, será ignorado o giro de vendas (GR), e será dividido o maior valor de lote pelo menor valor de lote de produção diário ($R\$3.000,00 / R\$720,00 = 4,16$); ou seja, se para um mesmo giro de vendas (GR) deseja-se produzir o produto com maior impacto na produção (IP), visando algum

objetivo, a amplitude (distância entre as posições mínimo e máximo) de peso a ser adotada, considerando números inteiros, é de 1 a 5 para classificar os produtos da Frâncole, segundo o impacto na produção (IP), em relação ao valor do lote de produção diário. Sendo assim, ao multiplicarmos: $5 \times R\$720,00 = 3.600$, enquanto $1 \times R\$3.000,00 = 3.000$, logo o produto escolhido seria aquele com maior pontuação (maximização), no caso, 3.600 correspondendo ao produto X38.

Código	Produto	Cor	Tipo	GR	IP	QD	PV	QDxPV
X 38	Colete camuflado Rip Stop	Verde marrom	10 bolsos		5	10	R\$72,00	R\$720,00
X 24	Capa de carretilha G	Preta: uso com e sem Vara			1	250	R\$12,00	R\$3.000,00

Tabela 5.2. – Produtos com menor e maior valor financeiro do lote de produção.

Em seguida, outro aspecto muito importante são os produtos mais vendidos ao longo do ano, sendo assim, procurou-se classificar os produtos quanto ao que denominou-se de Giro de Venda Mensal ou Anual (GR). Quando se fala dos produtos mais vendidos e menos vendidos se está falando da sobrevivência da empresa. A produção visa atender ao pedido do cliente dentro do prazo e com alta qualidade, conforme os princípios do *Just in Time*, quando fala-se em venda, se está falando de um aspecto de alta criticidade para qualquer empresa mercantil. Assim sendo, para iniciar a análise, foi construída uma Tabela 5.3, a seguir, com uma amostra de todas as vendas da Frâncole, quantidades por produto, retiradas dos pedidos dos clientes, do ano de 2011 até setembro do ano de 2012, para, a partir daí, avançarmos em nossas análises e resultados conforme a pesquisa-ação. Nota-se que a Tabela 5.3 já inclui produtos de lançamentos que não foram vendidos em 2011, mas que podem interferir na formulação da classificação e dos pesos para a Tabela 5.5 adiante.

Descrição do Produto	Especificação de		QTDE		Preços	
	Cor	Tipo	2011	2012	Unitário	Total
Capa de espingarda 1,2 m	Pressão 5.5 até Cartucheira		258	208	R\$30,00	R\$13.980,00
Rede de selva c/sacola	Camuflado/preto	Completa		61	R\$200,00	R\$12.200,00
Jaquetão rip stop	Verde marrom	10 bolsos	59	37	R\$100,00	R\$9.600,00
Capa de espingarda 1,35m	Pressão 5.5 até Cartucheira		173	116	R\$33,00	R\$9.537,00
Calça compr Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	59	29	R\$70,00	R\$6.160,00
Colete cor única Rip Stop	Bege	10 bolsos	50	32	R\$72,00	R\$5.904,00
Calça compr Rip stop	Preta	6 bolsos	34	49	R\$70,00	R\$5.810,00
Calça compr Brim	Verde marrom	6 bolsos	67	20	R\$60,00	R\$5.220,00
Calça-berm. Rip-Stop	Preta	10 bolsos	10	47	R\$86,00	R\$4.902,00
Calça-berm. Rip-Stop	Bege	10 bolsos	18	39	R\$86,00	R\$4.902,00
Jaquetão rip stop	Preto	10 bolsos	7	40	R\$100,00	R\$4.700,00
Capa motor popa 8 a 25hp	preta/camufl almof	Impermeável	25	24	R\$95,00	R\$4.655,00
Jaquetão camufl. Brim	Verde marrom	10 bolsos	43	7	R\$86,00	R\$4.300,00
Colete cor única Rip Stop	Preto	10 bolsos	37	21	R\$72,00	R\$4.176,00
Calça-berm. Cmfl.Rip-Stop	Verde marrom	10 bolsos	10	37	R\$86,00	R\$4.042,00
Colete camuflado Rip Stop	Verde marrom	10 bolsos	27	20	R\$72,00	R\$3.384,00
Calça-berm. Cmfl. Tactel	Verde marrom	10 bolsos	39	12	R\$66,00	R\$3.366,00
Capa de espingarda 1,1 m	Pressão 5.5 até Cartucheira		59	50	R\$30,00	R\$3.270,00
Mochila Completa grande	Camuflada/preto	Impermeável	26	9	R\$85,00	R\$2.975,00
Calça compr Rip stop	Bege	6 bolsos	8	32	R\$70,00	R\$2.800,00
Mochila Completa Ex.grde	Camuflada/preto	Impermeável	15	7	R\$100,00	R\$2.200,00
Jaquetão rip stop	Cinza preto	10 bolsos	8	13	R\$100,00	R\$2.100,00
Porta garrafa térmico	Camuflada/preto	Impermeável	90	44	R\$15,00	R\$2.010,00
Jaquetão rip stop	Verde Oliva	10 bolsos		20	R\$100,00	R\$2.000,00
Colete camuflado Rip Stop	Cinza preto	10 bolsos	12	15	R\$72,00	R\$1.944,00
Mochila completa Média	Camuflada/preto	Impermeável	22	6	R\$64,00	R\$1.792,00
Capa motor popa 25 a 40hp	preta/camufl almof	Impermeável	2	13	R\$110,00	R\$1.650,00
Macacão camufl. Rip Stop	Verde marrom	4 bolsos	8	2	R\$148,00	R\$1.480,00
Colete cor única Rip Stop	Verde Oliva	10 bolsos		20	R\$72,00	R\$1.440,00
Calça compr Rip stop	Cinza preto	6 bolsos	8	12	R\$70,00	R\$1.400,00
Macacão Rip Stop	Preto	4 bolsos	6	3	R\$148,00	R\$1.332,00
Mochila completa pequena	Camuflada/preto	Impermeável	19	6	R\$52,00	R\$1.300,00
Pochete c/cinto/alça perna	Camuflada/preta	Impermeável	66	19	R\$15,00	R\$1.275,00
Jaquetão rip stop	Bege	10 bolsos		12	R\$100,00	R\$1.200,00
Cojunto multifuncional	Camuflado/preto	Bús.lant.Alicate	7	5	R\$90,00	R\$1.080,00
Estj. de churrasco e pescaria	Camuflado/preto	Duas paixões	1	1	R\$500,00	R\$1.000,00
Capa motor popa 8 a 15hp	preta/camufl almof	Impermeável	4	6	R\$95,00	R\$950,00
Capa de carretilha GG	Preta: uso com e sem Vara		32	47	R\$12,00	R\$948,00
Capa de espingarda 1,0 m	Pressão 5.5 até Cartucheira		12	19	R\$30,00	R\$930,00
Sacolão completo 200L Ex.grde	Camuflado/preto	Zíper retrátil	2	8	R\$90,00	R\$900,00
Calça-berm. Cmfl.Rip-Stop	Cinza preto	10 bolsos	2	8	R\$86,00	R\$860,00
Continua ...						Continua ...

Descrição do Produto	Especificação de		QTDE		Preços	
	Cor	Tipo	2011	2012	Unitário	Total
Calça compr Rip stop	Verde Oliva	6 bolsos		12	R\$70,00	R\$840,00
Bermuda Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	7	9	R\$48,00	R\$768,00
Calça infantil cmufl Brim	Verde marrom	6bol.6/8/10/12an	19	6	R\$30,00	R\$750,00
Bornal tiracolo-porta lancheira	Camuflada/preto	Impermeável	32	16	R\$15,00	R\$720,00
Colete camuflado Tactel	Verde marrom	8 bolsos	12	6	R\$40,00	R\$720,00
Mochila Completa grande	Lona dura verde	Impermeável		6	R\$120,00	R\$720,00
Bermuda fem. Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	7	9	R\$44,00	R\$704,00
Calça-berm. Rip-Stop	Verde oliva	10 bolsos		8	R\$86,00	R\$688,00
Calça infantil cmufl Rip stop	Verde marrom	6 bol.6/8anos	15	4	R\$36,00	R\$684,00
Calça-berm. Cmfl. Brim	Verde marrom	10 bolsos	7	2	R\$74,00	R\$666,00
Calça fem cmufl Rip stop	Preta	6 bolsos	6	6	R\$54,00	R\$648,00
Macacão camufl. Brim	Verde marrom	4 bolsos	3	2	R\$128,00	R\$640,00
Bermuda Brim	Verde marrom	6 bolsos	8	7	R\$42,00	R\$630,00
Capa de carretilha P	Preta: uso com e sem Vara		56	49	R\$6,00	R\$630,00
Jaqueta infantil cmufl Rip stop	Verde marrom	2 bol.8/10/12	6	8	R\$45,00	R\$630,00
Colete camuflado Brim	Verde marrom	2/8 bolsos	8	6	R\$44,00	R\$616,00
Colete cor única Masc.	Bege	2/8 bolsos	10	4	R\$44,00	R\$616,00
Necesseire 3 partes	preta/completa	Impermeável	22	6	R\$22,00	R\$616,00
Jaquetão camufl. Brim	Cinza preto	10 bolsos	4	3	R\$86,00	R\$602,00
Porta celular/cartões/moedas	Camuflado ajustável no cinto		157	143	R\$2,00	R\$600,00
Bermuda Rip stop	Preta	6 bolsos	4	8	R\$48,00	R\$576,00
Mochila tiracolo especial	Camuflada/preto	Impermeável	8	5	R\$40,00	R\$520,00
Macacão camufl. Brim	Cinza preto	4 bolsos	2	2	R\$128,00	R\$512,00
Jaqueta infantil cmufl Brim	Verde marrom	2 bol.10a	6	7	R\$38,00	R\$494,00
Calça fem cmufl Brim	Verde marrom	6 bol.CB	7	3	R\$44,00	R\$440,00
Calça fem cmufl Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	4	4	R\$54,00	R\$432,00
Bermuda infantil cmufl rip stop	Verde marrom	6 bol.6/8/10	3	11	R\$29,00	R\$406,00
Bolsa térmica c/alça	Camuflada/preto	35X22X21 cm	12	6	R\$22,00	R\$396,00
Coldre Externo	Div.cores	Pist/Rev.	26	7	R\$12,00	R\$396,00
Capa de carretilha Neopreme	Preta: uso com e sem Vara		10	25	R\$11,00	R\$385,00
Capa de Molinete até BG90	Preta: uso com e sem Vara		25	30	R\$7,00	R\$385,00
Bornal tiracolo-porta Sacola	Camuflada/preto	Impermeável	7	12	R\$20,00	R\$380,00
Capa de carretilha M ou G	Preta: uso com e sem Vara		18	29	R\$8,00	R\$376,00
Coldre Revolver 5 tiros	Div.cores	Revolver	10	20	R\$12,00	R\$360,00
Bermuda infantil cmufl Brim	Verde marrom	6 bol.6/10	3	11	R\$24,00	R\$336,00
Estojo de churrasco	Camuflado/preto	Completo	1	1	R\$160,00	R\$320,00
Estojo higiene c/Vaso Sanitário dobrável		Camuflado/preto	4	2	R\$160,00	R\$960,00
Porta varas de pvc 100mm	Camuflada/preto	2,10 m	5	3	R\$40,00	R\$320,00
Coldre Interno	Preta	Pist/Rev.	6	20	R\$12,00	R\$312,00
Bermuda fem. Brim	Verde marrom	6 bolsos	3	6	R\$34,00	R\$306,00
Bandoleira de espingarda	Pressão 5.5 até Cartucheira		20	30	R\$6,00	R\$300,00
Continua ...						Continua ...

Descrição do Produto	Especificação de		QTDE		Preços	
	Cor	Tipo	2011	2012	Unitário	Total
Porta varas de pvc 100mm	Camuflada/preto	1,60 m	5	5	R\$30,00	R\$300,00
Macacão Rip Stop	Verde Oliva	4 bolsos		2	R\$148,00	R\$296,00
Bornal tiracolo-porta capacete	Camuflada/preto	Impermeável	8	6	R\$20,00	R\$280,00
Capa motor Elétr.34/44 Lb.	preta/camufl almof	Impermeável		13	R\$70,00	R\$910,00
Capa chuva tipo poncho/rede/barraca	Camuflada	Impermeável	3	2	R\$55,00	R\$275,00
Porta varas de pvc 100mm	Camuflada/preto	1,80 m	5	3	R\$34,00	R\$272,00
Capa motor Elétrico 56 Lb.	preta/camufl almof	Impermeável	8	8	R\$80,00	R\$1.280,00
Mochila tiracolo	Camuflada/preto	Impermeável	2	3	R\$26,00	R\$130,00
Capa de facão	18 a 20 pol	Impermeável	6	5	R\$10,00	R\$110,00

Tabela 5.3 - Quantidade Amostral de Produtos Vendidos em 2011 e 2012 pela Frâncole.

Analisando a Tabela 5.3 segundo MONTGOMERY (2012), deve-se observar a venda total de produção interna, as médias e os desvios-padrão de cada ano da amostra, conforme a Tabela 5.4 a seguir.

Vendas	2011	2012	Soma dos anos
Total geral	R\$ 81.051,00	R\$ 90.876,00	R\$ 171.927,00
Média	R\$ 890,67	R\$ 998,64	R\$1.889,31
Desvio -padrão	R\$ 1.390,96	R\$ 1.642,14	R\$ 2.566,98

Tabela 5.4 – Estatísticas das Vendas Amostrais de 2011 e 2012 da Frâncole.

Na Tabela 5.3, observa-se que os valores e quantidades vendidas aumentam suavemente até o valor de R\$ 6.160,00, daí acontece um salto para R\$ 9.537,00, assim sendo, considerou-se estes valores extremos como discrepantes (outliers) de modo a não distorcer nossa análise. Ao se dividir o valor de R\$ 6.160,00 pela média geral R\$ 1.889,31 (Tabela 5.4), obteve-se uma amplitude (distância entre as posições mínimo e máximo) de 3,26, então seguindo a analogia anterior classificou-se os produtos menos vendidos com giro (GR) a partir do peso 1 e os mais vendidos com peso 4, que é o próximo número inteiro acima de 3,26. Para essa amostra resultou os seguintes valores e pesos aproximados, conforme os quartis abaixo:

- Primeiro quartil: de R\$ 110,00 a R\$ 945,00 – peso 1.
- Segundo quartil: de R\$ 946,00 a R\$ 1.890,00 – peso 2.

- Terceiro quartil: de R\$1.891 a R\$ 2.835,00 – peso 3.

- Quarto quartil: acima de R\$ 2.836,00 – peso 4.

Finalmente, procurou-se classificar os produtos com seus preços balanceados pela produção e pelo mercado a fim de verificar, considerando um lote ideal diário, qual a sua margem de contribuição para a empresa. Tais dados foram consolidados na Tabela 5.5 a seguir:

Código	Produto	Cor	Tipo	GR	IP	QD	PV	QDxPV
X 1	Bermuda masc. Brim	Verde marrom	6 bolsos	1	2	25	R\$ 42,00	R\$1.050,00
X 2	Bermuda masc. Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	1	2	25	R\$ 48,00	R\$1.200,00
X 3	Bermuda fem. Brim	Verde marrom	6 bolsos	1	2	25	R\$ 34,00	R\$850,00
X 4	Bermuda fem. Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	1	2	25	R\$ 44,00	R\$1.100,00
X 5	Bermuda infantil cmufl Brim	Verde marrom	6 bolsos	1	2	30	R\$ 24,00	R\$720,00
X 6	Bolsa térmica c/alça	Camuflada/preto	Impermeável	1	2	45	R\$ 22,00	R\$990,00
X 7	Bornal tiracolo-porta capacete	Camuflada/preto	Impermeável	1	2	50	R\$ 20,00	R\$1.000,00
X 8	Bornal tiracolo-porta lancheira	Camuflada/preto	Impermeável	1	2	60	R\$ 15,00	R\$900,00
X 9	Bornal tiracolo-porta Sacola	Camuflada/preto	Impermeável	1	2	50	R\$ 20,00	R\$1.000,00
X 10	Calça cmpr cmufl Brim	Verde marrom	6 bolsos	4	3	16	R\$ 60,00	R\$960,00
X 11	Calça cmpr cmufl Brim	Cinza preto	6 bolsos	1	3	16	R\$ 60,00	R\$960,00
X 12	Calça compr Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	4	3	16	R\$ 70,00	R\$1.120,00
X 13	Calça compr Rip stop	Preta	6 bolsos	4	3	16	R\$ 70,00	R\$1.120,00
X 14	Calça compr Rip stop	Bege	6 bolsos	1	3	16	R\$ 70,00	R\$1.120,00
X 15	Calça fem cmufl Brim	Verde marrom	6 bolsos	1	3	20	R\$ 44,00	R\$880,00
X 16	Calça fem cmufl Rip stop	Verde marrom	6 bolsos	1	3	20	R\$ 54,00	R\$1.080,00
X 17	Calça infantil cmufl Brim	Verde marrom	6 bolsos	1	2	30	R\$ 30,00	R\$900,00
X 18	Calça-berm. Cmfl. Brim	Verde marrom	10 bolsos	1	5	12	R\$ 74,00	R\$888,00
X 19	Calça-berm. Cmfl. Tactel	Verde marrom	10 bolsos	4	5	12	R\$ 66,00	R\$792,00
X 20	Calça-berm. Cmfl.Rip-Stop	Verde marrom	10 bolsos	4	5	12	R\$ 86,00	R\$1.032,00
X 21	Capa chuva tipo poncho/rede/barraca	Camuflada	Impermeável	1	2	30	R\$ 55,00	R\$1.650,00
X 22	Capa de carretilha P	Preta: uso com e sem Vara	Preta	1	1	250	R\$ 6,00	R\$1.500,00
X 23	Capa de carretilha M ou G	Preta: uso com e sem Vara	Preta	1	1	250	R\$ 8,00	R\$2.000,00
X 24	Capa de carretilha GG	Preta: uso com e sem Vara	Preta	2	1	250	R\$ 12,00	R\$3.000,00
X 25	Capa de ESPINGARDA	Pressão 5.5 até Cart. 1,2m	Preta/camuflada	4	2	50	R\$ 30,00	R\$1.500,00
X 26	Capa de ESPINGARDA	Pressão 5.5 até Cart. 1,35m	Preta/camuflada	4	2	50	R\$ 33,00	R\$1.650,00
X 27	Capa de facão	18 a 20 pol	Impermeável	1	2	80	R\$ 10,00	R\$800,00
X 28	Capa de Molinete até BG90	Preta: uso com e sem Vara	Preta	1	1	200	R\$ 7,00	R\$1.400,00
X 29	Capa motor Elétr.34/44 Lb.	preta/camufl almof	Impermeável	1	4	15	R\$ 70,00	R\$1.050,00
	Continua ...							Continua ...

Código	Produto	Cor	Tipo	GR	IP	QD	PV	QDxPV
X 30	Capa motor Elétrico 56 Lb.	preta/camufl almof	Impermeável	1	4	15	R\$ 80,00	R\$1.200,00
X 31	Capa motor popa 25 a 40hp	preta/camufl almof	Impermeável	2	5	10	R\$ 100,00	R\$1.000,00
X 32	Capa motor popa 8 a 25hp	preta/camufl almof	Impermeável	4	5	10	R\$ 95,00	R\$950,00
X 33	Cojunto multifuncional	Camuflado/preto	Bús.lant.Alicate	1	2	40	R\$ 20,00	R\$800,00
X 34	Coldre Externo	Div.cores	Pist/Rev.	1	2	90	R\$ 12,00	R\$1.080,00
X 35	Coldre Interno	Preta	Pist/Rev.	1	2	80	R\$ 12,00	R\$960,00
X 36	Coldre Revolver 5 tiros	Div.cores	Revolver	1	2	90	R\$ 12,00	R\$1.080,00
X 37	Colete camuflado Brim	Verde marrom	2/8 bolsos	1	2	30	R\$ 48,00	R\$1.440,00
X 38	Colete camuflado Rip Stop	Verde marrom	10 bolsos	4	5	10	R\$ 72,00	R\$720,00
X 39	Colete camuflado Tactel	Verde marrom	8 bolsos	1	2	30	R\$ 40,00	R\$1.200,00
X 40	Colete cor única Rip Stop	Preto	10 bolsos	4	5	10	R\$ 72,00	R\$720,00
X 41	Colete cor única Rip Stop	Bege	10 bolsos	4	5	10	R\$ 72,00	R\$720,00
X 42	Estj. de churrasco e pescaria	Camuflado/preto	Duas paixões	1	5	5	R\$ 180,00	R\$900,00
X 43	Estojo de churrasco	Camuflado/preto	Completo	1	4	10	R\$ 90,00	R\$900,00
X 44	Estojo higiene c/Vaso Sanitário dobrável		Camuflado	1	5	8	R\$ 100,00	R\$800,00
X 45	Jaqueta fem cmufl Brim	Verde marrom	2 bolsos	1	3	15	R\$ 52,00	R\$780,00
X 46	Jaqueta fem cmufl Rip stop	Verde marrom	2 bolsos	1	3	15	R\$ 66,00	R\$990,00
X 47	Jaqueta infantil cmufl Brim	Verde marrom	2 bolsos	1	2	20	R\$ 38,00	R\$760,00
X 48	Jaquetão camufl. brim	Verde marrom	10 bolsos	4	4	12	R\$ 86,00	R\$1.032,00
X 49	Jaquetão rip stop	Verde marrom	10 bolsos	4	4	12	R\$ 100,00	R\$1.200,00
X 50	Jaquetão rip stop	Cinza Preto	10 bolsos	3	4	12	R\$ 100,00	R\$1.200,00
X 51	Macacão Rip Stop	Preto	4 bolsos	2	5	10	R\$ 148,00	R\$1.480,00
X 52	Macacão camufl. Brim	Verde marrom	4 bolsos	1	5	10	R\$ 128,00	R\$1.280,00
X 53	Macacão camufl. Brim	Cinza preto	4 bolsos	1	5	10	R\$ 128,00	R\$1.280,00
X 54	Macacão camufl. Rip Stop	Verde marrom	4 bolsos	2	5	10	R\$ 148,00	R\$1.480,00
X 55	Mochila Completa Ex.grde	Camuflada/preto	Impermeável	3	5	12	R\$ 100,00	R\$1.200,00
X 56	Mochila Completa grande	Camuflada/preto	Impermeável	4	5	12	R\$ 85,00	R\$1.020,00
X 57	Mochila completa Média	Camuflada/preto	Impermeável	3	4	14	R\$ 64,00	R\$896,00
X 58	Mochila completa pequena	Camuflada/preto	Impermeável	2	4	14	R\$ 52,00	R\$728,00
X 59	Mochila tiracolo	Camuflada/preto	Impermeável	1	3	30	R\$ 26,00	R\$780,00
X 60	Mochila tiracolo especial	Camuflada/preto	Impermeável	1	4	20	R\$ 40,00	R\$800,00
X 61	Necessaire 3 partes	preta/completa	Impermeável	1	2	40	R\$ 22,00	R\$880,00
X 62	Pochete c/cinto/alça perna	Camuflada/preta	Impermeável	2	2	60	R\$ 15,00	R\$900,00
X 63	Porta celular/cartões/moedas	Camuflado ajustável no cinto		1	1	400	R\$ 2,00	R\$800,00
X 64	Porta garrafa térmico	Camuflada/preto	Impermeável	3	2	60	R\$ 15,00	R\$ 900,00
X 65	Porta varas de pvc 100mm	Camuflada/preto	1,60 m	1	2	30	R\$ 30,00	R\$ 900,00
X 66	Porta varas de pvc 100mm	Camuflada/preto	1,80 m	1	2	25	R\$ 34,00	R\$ 850,00
X 67	Porta varas de pvc 100mm	Camuflada/preto	2,10 m	1	2	25	R\$ 40,00	R\$ 1.000,00
X 68	Rede de selva c/mochila	Camuflado/preto	Completa	4	5	4	R\$ 200,00	R\$ 800,00
X 69	Socolão c/ziper retrátil	Preto	cerca 200 L	1	3	10	R\$ 90,00	R\$ 900,00

Tabela 5.5. - Tabela de Pesos para Otimização da Produção da Frâncole.

Legenda:

GR - Pesos quanto ao giro do produto: 1 a 4, sendo este o maior giro de venda mensal ou anual.

IP - Pesos quanto ao impacto na produção do produto: 1 a 5, sendo este o de maior dificuldade de produção.

QD - Quantidade de produtos produzidos em um dia de produção exclusivo.

PV - Preço final de venda unitário do produto.

QD X PV – Multiplicação dos fatores QD e PV para verificar a contribuição bruta para um lote diário.

Em agosto de 2011, ao montar esta Tabela 5.5 verificou-se, como uma das primeiras possíveis respostas, que alguns produtos com preços já balanceados possuíam margem de contribuição muito pequena. Percebeu-se que estes deveriam ser terceirizados e assim foi feito. Terceirizou-se e retirou-se da tabela, de imediato, todos os produtos como chapéu, boné e camiseta e observou-se, ainda, a necessidade de buscar parcerias para outros produtos. Outro aspecto foi que após fazer vários exercícios com os pesos de modo a entender melhor o seu comportamento, construiu-se a Tabela 5.6, adiante, para que de forma empírica se possa entender melhor que produção e estoque mínimo deseja-se.

Código	GR	IP	QD	PV	GRxIP	QDxPV	GRxIPx QDxPV
X 1	4	5	20	R\$50,00	20	R\$1.000,00	R\$20.000,00
X 2	1	4	20	R\$70,00	4	R\$1.400,00	R\$5.600,00
X 3	4	1	60	R\$30,00	4	R\$1.800,00	R\$7.200,00
X 4	2	5	4	R\$200,00	10	R\$ 800,00	R\$ 8.000,00
X 5	3	2	20	R\$50,00	6	R\$1.000,00	R\$6.000,00
X 6	2	4	20	R\$50,00	8	R\$1.000,00	R\$8.000,00
...
X 69	1	1	20	R\$50,00	1	R\$1.000,00	R\$1.000,00

Tabela 5.6. - Tabela de análise dos pesos segundo o *Just in Time*.

Legenda:

GR - Pesos quanto ao giro do produto: 1 a 4, sendo este o maior giro de venda mensal ou anual.

IP - Pesos quanto ao impacto na produção do produto: 1 a 5, sendo este o de maior dificuldade de produção.

QD - Quantidade de produtos produzidos em um dia de produção exclusivo.

PV - Preço final de venda unitário do produto.

QD X PV – Multiplicação dos fatores QD e PV para verificar a contribuição bruta para um lote diário.

Analisando a Tabela 5.6, verificou-se que caso a produção fosse em lotes ou mesmo contínua, com possível geração de grandes estoques, o produto X3 seria o mais recomendável, porém conforme a filosofia *Just in Time*, visando formar um estoque mínimo, o produto X1 é o mais recomendável de modo a agilizar o atendimento do pedido do cliente. Comparando-se os produtos X2 e X3 verifica-se que um produto difícil de ser feito tem um lote de produção diário menor e ainda o produto X2 geraria um estoque de baixa venda ou giro; por outro lado o produto X3 parece ser o ideal, porém o produto que é mais fácil de produzir não impacta a produção nos períodos de grande demanda. Logo, conclui-se que os produtos que possuem pesos $GR = 3$ ou 4 ; e $IP = 3, 4$ ou 5 , combinados entre o giro e o impacto na produção é que devem compor um estoque mínimo a fim de otimizar a produção e qualificar o estoque.

Após muito tempo fazendo-se medições e análises da Tabela 5.5 sem deixar de produzir os pedidos dos clientes, acabou-se por vivenciar um pouco da metáfora – consertar as turbinas do avião durante o voo – e chegou-se a um conjunto de fatores e restrições para avançar rumo a um primeiro modelo de otimização do sistema de produção para a Frâncole.

5.2. Um modelo

A criação de um modelo científico pode ser evidenciada pela idealização simplificada de um sistema que possui maior complexidade, mas que ainda assim supostamente reproduz na sua essência o comportamento do sistema complexo que é o alvo de estudo e do entendimento (BERTRAND e FRANSOO, 2002). Um modelo básico em Pesquisa Operacional, normalmente, é composto de conceitualização, modelagem, modelo de solução e implementação. Considera-se que a criação de um

modelo é uma parte essencial de qualquer atividade de simulação, otimização ou teoria científica.

O modelo de solução em análise, embora não apresente grande complexidade, é um modelo que está produzindo melhorias em um problema real de otimização da produção. Dessa forma, também, um modelo pode ser definido como o resultado do processo de produzir uma representação abstrata, conceitual, gráfica ou visual, de fenômenos, sistemas ou processos com o propósito de analisar, descrever, explicar, simular - em geral, explorar, controlar e prever estes fenômenos ou processos.

Na Tabela 5.5 observa-se que ao produzir os produtos com maior giro de venda (peso 4) e maior impacto na produção (peso 5), qualifica-se o estoque, enquanto que os produtos com menor giro de venda (peso 1) e menor impacto na produção (peso 1), tem-se a pior situação de estoque.

Por força de lei, a maioria das empresas industriais no Brasil funcionam somente nos dias úteis, das oito horas (8h) às dezoito horas (18h), ou seja, cerca de dez horas por dia, permanecendo fechadas as outras quatorze horas (14h) e aos sábados e domingos. Isso perfaz uma média de (22) vinte e dois dias úteis de produção por mês.

A maximização dos pesos e valores adotados seria: o vetor peso (p_i) que representa a multiplicação de GR_i por IP_i (coluna 6 da Tabela 5.6) e o vetor valor do lote diário (v_i), que representa a multiplicação de PV_i por QD_i (coluna 7 da Tabela 5.6) e o código do produto indicado por (x_i). Foi considerado, também, que o maior tempo possível sem pedido de clientes seja de um mês, em média (22) vinte e dois dias úteis, tal qual já aconteceu. Então, uma formulação para o problema de programação linear inteira é o seguinte problema (modelo) de otimização para (69) sessenta e nove produtos:

$$\begin{aligned}
(P) \quad & \text{maximizar} \quad \sum_{i=1}^{69} p_i v_i x_i \\
& \text{sujeito a:} \quad \sum_{i=1}^{69} x_i \leq 22 \\
& x_i \in \{0, 1\}, i = 1, \dots, 69
\end{aligned}$$

Na próxima seção serão apresentados as análises e os resultados da produção na Frâncole.

5.3. Análises dos resultados da produção na Frâncole

Como já foi dito, conforme CORRÊA e GIANESI (2009), os sistemas de administração da produção (SAP) são o coração dos processos produtivos. Eles têm o objetivo básico de planejar e controlar o processo de manufatura em todos seus níveis, incluindo materiais, equipamentos, pessoas, fornecedores e distribuidores. A Frâncole adotou o *Just in Time* como norteador de um sistema de partes constituído pelas instalações, máquinas, ferramentas, mercados atual e potencial, normas, planos e estratégias de produção e principalmente pelas pessoas, suas crenças e valores institucionais.

Essa filosofia de trabalho denominada *Just in Time* transformou-se na principal ferramenta da produção na Frâncole, a qual inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, gestão de recursos humanos, gestão de estoques e arranjo físico adequado e, principalmente, puxar a produção visando atender uma demanda, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário.

Como uma empresa secundária de manufatura, desde a sua fundação em 2002, nós fomos implantando algumas ferramentas de gestão. Algumas ferramentas existentes foram imediatamente melhoradas pela filosofia *Just in Time* e outras implantadas. Dentre as ferramentas ou práticas implantadas a partir de maio de 2011, que estão sendo sedimentadas através do seu entendimento e da melhoria contínua, destacam-se: a eliminação de desperdícios, o controle da qualidade, o gerenciamento da linha de produção, a programação (ordenação) e controle da produção, a redução dos tempos envolvidos no processo, a diminuição dos estoques e a ênfase no fluxo de produção, através do uso do cartão de produção denominado Extrato Pedido (sistema *kanban*).

A aprendizagem das técnicas melhorou, principalmente a partir de junho de 2011, com a leitura dos três manuais, antecedendo a atuação na manufatura dos produtos produzidos na empresa. Há trabalhadores com um domínio superior do conhecimento e das práticas em relação aos demais, porém, busca-se educar e motivar para que os demais estejam próximos e todos caminhem rumo ao padrão desejado, como se fosse uma linha imaginária, que seria a perfeição pregada pelo *Just in Time*. Assim sendo, através dos times de aprendizagem, todos são orientados quanto aos erros e incentivados a buscar soluções conjuntas. Busca-se também disseminar as melhores práticas atualizando continuamente os manuais.

A seguir, são apresentados os resultados alcançados quanto ao objetivo geral de determinar e evidenciar a aplicação dos princípios do *Just in Time* e ferramentas de otimização de sistemas às práticas organizacionais da empresa, promovendo o seu crescimento.

Por ocasião de um sinistro, os dados do crescimento da Frâncole anteriores a 2006 foram perdidos, sendo assim, tomou-se como ano base o ano de 2006 para fazer uma análise do crescimento da empresa. Conforme a Tabela 5.7, verifica-se que em

2007 a empresa teve um crescimento de 66,20% comparado ao ano de 2006, muito acima da meta de 20% adotada no seu planejamento estratégico, para em seguida cair para 27,07% em 2008, 7,90% em 2009, e em seguida cair para 7,49% em 2010. Após esta queda sequencial, verificou-se a necessidade de buscar novas ferramentas de crescimento.

Pesquisando e aplicando novos conhecimentos, verificou-se em 2011 um crescimento de 27,78% comparado aos 7,49% de crescimento em 2010 e, até setembro de 2012, a organização apresentou um crescimento de 25,42%, porém quando comparado a 2010, sustenta um crescimento de cerca de 60% acima do resultado daquele ano, ou seja, a organização não retroagiu, apesar de ter ocorrido uma queda de 3% no PIB industrial do Brasil no primeiro semestre de 2012. A empresa voltou a crescer, melhorou seus processos e práticas, está mais limpa e organizada, os padrões melhoraram, assim como o clima organizacional de todos os trabalhadores. A implantação está apenas começando e as melhorias contínuas (*kaizen*) estão presentes a cada mês de aferição.

Ano	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*
Crescimento	Ano Base	66,20%	27,07%	7,90%	7,49%	27,78%	25,42%

Tabela 5.7 - Crescimento anual das vendas brutas escrituradas da Frâncole em relação ao ano anterior. 2012 - Crescimento até setembro, considerando um empregado a menos e queda do PIB industrial do país de 3% no primeiro semestre de 2012.*

A sustentabilidade da Frâncole baseia-se desde 2008, principalmente, na economicidade dos recursos não renováveis com água e energia, mas também não degradando o meio-ambiente com sobras da produção. Importante destaque é atribuído ao reaproveitamento de sobras da produção e diminuição de refugos ocorridos em 2011 pela implantação do programa de eliminação de desperdícios.

Pode-se afirmar que todas as ferramentas adaptadas fizeram valer o investimento e trouxeram benefícios, com destaque para as técnicas de eliminação de desperdícios (sete desperdícios), com a eliminação de produtos defeituosos e a simplificação ou eliminação de atividades que não agregam valor a produção, facilitando o processamento. Isso fez com que a substituição de produtos defeituosos caísse de cinco a oito peças por mês, para zero a duas peças por mês em 2011. Em 2012, somente uma substituição ocorreu, o que deu confiança em enfrentar e prospectar o mercado potencial da exportação. Também se deve destacar as técnicas de controle da qualidade total, com ênfase para a correção dos próprios erros, evitando que uma parte errada se tornasse um produto rejeitado, ou seja, o erro ou inconformidade não deveria passar de um trabalhador para outro. Foi um importante avanço a inspeção 100%, adotada em junho de 2011, começando da primeira atividade e indo até a última. Também foi relevante a limpeza e organização da empresa, onde todos agora limpam e organizam seu local de trabalho. Destacou-se também a verificação, lubrificação e regulagem das máquinas e equipamentos logo pela manhã, diminuindo os tempos envolvidos no processo de produção (*lead times*) e, por fim, as técnicas de redução dos estoques, que fizeram com que a redução dos volumes de compra de matérias primas e a redução de produtos acabados com baixo giro ou baixo impacto na produção diminuíssem.

O estoque mínimo atual está mais qualificado e houve queda de valor por estimativa financeira. Observa-se visualmente que no estoque atual ou são produtos de alto giro ou são produtos com médio giro, porém, com alto impacto na produção, conforme técnica do Extrato do Pedido (*kanban*): com um estoque mínimo mais qualificado. A baixa das mercadorias antes do encaminhamento ao corte, assim como o planejamento do corte com base no lote ideal diário facilitaram muito a produção, conferência, embalagem e entrega dos produtos.

A fim de educar a força de trabalho e as partes interessadas, gradualmente, de modo a usarem efetivamente as ferramentas adotadas, com enquadramento, autodisciplina e comprometimento, visando o crescimento sustentável da organização como um todo, adotou-se a partir de maio 2011 três manuais muito importantes, conforme dito anteriormente. Isso levou a empresa a fazer reuniões diárias para leitura dos manuais, plantão de dúvidas, uso de placas, painéis, e quadro branco, tudo para enfatizar o tema ou a atividade daquela semana. Gradualmente, semana a semana, a organização foi melhorando continuamente (*kaizen*) seu aprendizado e prática das ferramentas. Relativamente a outras partes interessadas (colaboradores), além de reuniões, foram repassados documentos formais, estabelecendo detalhes dos materiais e formas de suprimento e de relacionamento.

Ao implantar em 1º de outubro de 2011 uma ferramenta matemática de otimização do sistema de produção de modo a aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos, obteve-se o seguinte resultado: embora seja facilmente identificável os dez produtos mais importantes a serem produzidos, a Tabela 5.6 dos pesos para otimização da produção da Frâncole nos trouxe mais do que uma técnica de solução e ordenamento da produção de todos os produtos. Ela fez enxergar algo que parecia ser óbvio e não era usado: o lote ideal diário de um produto. Isso facilitou a produção e a composição e qualificação do estoque mínimo, aumentando a capacidade de vendas em 2011 e em 2012. Outro aspecto também identificado é que se pode aproveitar a mesma configuração de máquinas (setup) para uma mesma família de produtos que atenda à pontuação da tabela, reduzindo assim o lote diário, caso a produção aumente em pessoa/máquina, de modo a gerar um estoque ainda mais qualificado. Esta prática foi adotada em agosto de 2012, onde a empresa quebrou seu recorde histórico de produção conforme o Gráfico 3.1.

5.4. As questões da pesquisa e suas respostas

Como implantar e sedimentar os princípios do *Just in Time*, oriundos do Sistema Toyota de Produção, às práticas organizacionais de uma empresa do setor industrial de confecções? Implantar manuais de estratégias da empresa, produção e qualidade; redigidos dentro da técnica em linguagem clara e objetiva, informatizados, dinâmicos, atualizados quando necessário e com uma abordagem completa. Promover no mínimo três treinamentos por ano dos trabalhadores, promover reuniões semanais, adotar semana temática, usar sinalização educativa e realinhamento profissional (feedback) periódico com todas as partes interessadas.

Como educar e padronizar os comportamentos da força de trabalho e partes interessadas segundo os princípios do *Just in Time* e outras ferramentas adotadas? Implantar manuais de recursos humanos e de produção; redigidos dentro da técnica em linguagem clara e objetiva, informatizados, dinâmicos, atualizados quando necessário e com uma abordagem completa. Promover a atribuição de responsabilidades, definir direitos, obrigações e proibições, estabelecer formas saudáveis de relacionamento, participação, respeito às diferenças e às diversidades, promover treinamentos e reuniões no mínimo mensais para discussão dos benefícios ao adotar novas e melhores práticas, sedimentar a cultura da mudança, da criatividade e da inovação e, principalmente, mostrar aos trabalhadores e às partes interessadas (colaboradores) que sua capacitação é a “porta” para as oportunidades.

Qual o modelo de ferramenta matemática para otimização do sistema de produção da Frâncole mais adequado? Usar a Pesquisa Operacional como ferramenta. A Frâncole adotou a “Tabela de Pesos para Otimização da Produção” com uso da programação linear inteira (0-1). Um instrumento discutido, entendido e aceito pela

supervisão de produção e pela supervisão de qualidade, a fim de promover o ordenamento da produção ‘puxada’ (pedido do cliente), a eficiência da produção dos lotes ideais diários, a formação de um estoque mínimo qualificado e, principalmente, por ser uma solução simples de baixo custo e um programa de sistema (software) livre. Essa ferramenta é dinâmica, requer atualização e melhorias contínuas, até que seja substituída por outra de melhor tecnologia e aplicabilidade ao nosso sistema de produção.

5.5. Comparação com outros trabalhos

Este trabalho não é pioneiro em sua aplicação conforme o artigo de SANTIAGO, MACEDO e VILLAR; Aplicação do *Just in Time* a uma Indústria de confecção: Estudo de Caso numa Organização Rio-grandense. Publicado no XXVIII ENEGEP, realizado no Rio de Janeiro em outubro de 2008. Ao comparar os resultados alcançados nos estudos realizados até aqui com o referido artigo foi obtida a Tabela 5.8.

Princípios observados	Situação na	Situação na
	Empresa - RN	Frâncole
Produção puxada e kanban	Empurrada e puxada	Puxada
Redução de estoques	Parcial	mais de 50%
Redução dos Setups	Houve redução e apresenta preocupação	Redução - Utiliza mesmo setup para uma família de produtos
Controle da qualidade total	No início da cadeia	Ao longo da cadeia
Relacionamento c/ fornecedores	Relação de longo prazo	Treina os fornecedores
Times de aprendizagem	Não utiliza	Utiliza - empoderamento
Melhoria contínua	Utiliza - PDCA	Utiliza - PDCA
Programação e controle da prod.	Utiliza	Utiliza - Otimização linear
Avaliação de resultados	Não informa	Crescimento + 60%

Tabela 5.8 – Comparação com outros trabalhos.

Legenda: Ciclo PDCA = Plan, Do, Check and Action.

Serão apresentadas a seguir as considerações finais deste trabalho e em seguida, as referências bibliográficas adotadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Frâncole é uma empresa que busca se integrar à filosofia moderna de produção e passou a utilizar técnicas adaptadas do *Just in Time*, oriundo do Sistema Toyota de Produção, através de várias ferramentas em todos os níveis de sua cadeia produtiva.

Seu sistema de manufatura melhorou visando equilibrar as quantidades de produção no nível necessário para que satisfaçam as exigências determinadas pelos pedidos. Suas práticas organizacionais estão sendo facilitadas pelas ferramentas implantadas e melhoradas, conforme os princípios do *Just in Time*.

Superando a estagnação ocorrida em 2009 e 2010, a empresa está prosperando como um todo, com melhores práticas, mais organizada e limpa. Adotou-se, também, uma ferramenta matemática dinâmica para programação e ordenamento da produção e cresceu cerca de sessenta por cento (60%), cumulativamente em 2011 e 2012, atingindo os objetivos da pesquisa.

Apesar de jovem, a empresa realizou esforços para combinar fundamentos da programação linear inteira (otimização linear) com os princípios do sistema de administração da produção *Just in Time*. Conseguiu-se, ainda, verificar a compatibilidade entre estas e outras ferramentas já existentes, ratificando as palavras de SHINGO (1996) em relação à ampla aplicação dos princípios do *Just in Time*.

Os pesos e fatores utilizados para a otimização neste trabalho, assim como, os programas de eliminação de desperdícios e controle da qualidade total são amplamente aplicáveis a vários tipos de organizações, porém verificou-se como limitação deste modelo o aumento da customização dos produtos, ou seja, para uma variedade cada vez

maior de produtos este modelo torna-se limitado (simplificado) e não mais poderá garantir o crescimento.

Não se pode afirmar aqui que estas são as melhores ferramentas ou práticas para que a empresa retomasse seu crescimento. O que se pode afirmar é que são soluções facilmente entendíveis por todas as partes interessadas, de baixo custo e que utilizam software livre e, ainda, eram as ferramentas que mais demonstravam convergência com os propósitos da empresa. Neste momento atual está sendo pesquisado e desenvolvido um simulador de produção, usando um pouco de Análise Estocástica, para simular o crescimento da empresa através da contratação empregado/máquina.

Há um caminho longo a se percorrer, pois algumas ferramentas não foram implantadas, ainda, na empresa. Aqui surge mais um desafio de implantar, futuramente, um programa mestre de produção a fim de que a programação diária ajuste a produção diária às variações da demanda ao longo do mês; e a programação mensal ajuste a produção mensal às variações da demanda ao longo do ano. Esse processo de planejamento mensal da produção deverá ser expresso em quantidade de produtos finais a serem produzidos em cada mês, em números médios de produção diária de cada célula e em cada estágio do processo e por fim, em termos de recursos necessários para a execução desse programa mestre.

Observa-se ainda uma resistência no mercado brasileiro, em princípio por órgãos que deveriam apoiar estas mudanças, gerando prejuízos à produtividade, ao dificultar a formação de trabalhadores ou colaboradores multifuncionais. Destaca-se, ainda, que por força de lei a maioria das empresas industriais no Brasil funciona nos dias úteis, das oito horas (8h) às dezoito horas (18h), ou seja, cerca de dez horas por dia, permanecendo fora de operação as outras quatorze horas (14h) e aos sábados e domingos, isso não acontece mais em vários países da Ásia e da Europa.

Há uma frase antiga que diz que “o seu trabalho também te ensina a trabalhar”. No desenvolvimento deste trabalho foram evidenciados outros assuntos importantes que acabaram por se tornar objetivos para estudos futuros de modo a utilizar técnicas como: Análise de Sensibilidade, Otimização Estocástica ou Programação Dinâmica a fim de pesquisar e implantar um programa mestre de produção; pesquisar e implantar um sistema de inteligência de negócios para suporte à decisão; pesquisar e implantar um conjunto de ferramentas da Teoria das Restrições (Optimized Production Technology - OPT); pesquisar e implantar uma metodologia de controle dos riscos; e pesquisar e implantar uma ferramenta para otimização do corte de tecidos.

Finalmente, vale destacar que este trabalho foi aceito como pôster no Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa e Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – **XVI CLAIO - XLIV SBPO**, realizado no Rio de Janeiro/RJ, de 24 a 28 de setembro de 2012.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. C. B. e MENEZES, M. A. F.** Introdução à Pesquisa Operacional. 1ª edição, Goiânia, Editora PUC/Goiás, 2010.
- ANTUNES, J.** Sistemas de Produção. 1ª edição, Porto Alegre, Editora Bookman, 2008.
- ARENALES, M. ; ARMENTANO, V. ; MORABITO, R. e YANASSE, H.** Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia. 5ª Tiragem, Rio de Janeiro, Editora Elsevier/Campus, 2007.
- BERTRAND, J. W. M. e FRANSOO, J. C.** Modelling and Simulation – Operations management research methodologies using quantitative modeling. International Journal of Operations & Productions Management, Vol. 22, nº 2 , pp. 241-265, 2002.
- BOYSEN, N. e BOCK, S.** Scheduling *Just in Time* part supply for mixed-model assembly lines. European Journal of Operational Research. Vol.211(1), pp.15-25, 2011.
- CANTIDIO, S.** Heijunka, o nivelamento da produção. Artigo da revista Administradores.com, junho/2009.
- CHIAVENATO, I.** Administração da Produção, Uma Abordagem Introdutória. 2ª Tiragem, Rio de Janeiro, Editora Elsevier/Campus, 2004.
- CORRÊA, H. L. e GIANESI, I. G. N.** *Just in Time*, MRP II e OPT, Um Enfoque Estratégico. 2ª Edição, São Paulo, Editora Atlas, 2009.
- ENGEL, G. I.** Artigo sobre Pesquisa-ação de publicação: Educar, Curitiba-PR, n. 16, p. 181-191. Editora da UFPR, 2000.
- DANTZIG, G. B.** Maximization of a linear function of variables subject to linear inequalities. In: KOOPMANS, T. C. *Activity analysis of productions and allocation*. NEW YORK: J. Wiley, p. 339-347, 1951.

DANTZIG, G. B. Linear programming and extensions. Princeton, Princeton university Press, 1963.

GOLDBARG, M. C. e LUNA, H. P. L. Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos. Rio de Janeiro. Editora Campus, 2000.

GOOGLE Acadêmico - Sítio pesquisado na Internet: scholar.google.com.br

HARDING, H. A. Administração da Produção. 1ª edição/2ª tiragem, São Paulo, Editora Atlas, 1987.

LabPL – Laboratório de Programação Linear – Sítio pesquisado na Internet: www2.ucg.br/institutos/LabPL

LAKATOS, E. M. e MARCONI, M. A. Técnicas de Pesquisa. São Paulo: Ed. Atlas, 2003.

MACHADO, R. L. O Sistema Toyota de Produção - STP, Apostila elaborada. 1ª tiragem, Goiânia, PUC-GOIÁS, 2011.

MONTGOMERY, D. C. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros, 5ª edição, São Paulo, Editora: LTC, 2012.

MORESI, E. Metodologia da Pesquisa. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação. UCB. Brasília, 2003.

MURIS, L. J. e MOACIR, G. F. Revista Gestão da Produção: “Uma revisão bibliográfica, São Carlos – SP, v.15 p. 173-188. Jan-abr, 2008.

PAPADIMITRIOU, C. H. e STEIGLITZ, K. Combinatorial Optimization: algorithms and complexity. Mineola: Dover, 1998.

Portal de Periódicos CAPES - Sítio pesquisado na Internet: www.periodicos.capes.gov.br.

- RAVINDRAN, A. PHILLIPS, D. T. e SOLBERG, J. J.** Operetions Reseach, principles and pratices. 2º edition. New York: J. Wiley .1987.
- SALKIN, H. M.** Integer Progamming. Massachusetts: Addison Wesley, 1975.
- SANTIAGO, L.P.P.; MACEDO, N.M.M.N.; VILLAR, A.M.;** Aplicação do *Just in Time* a uma Indústria de confecção: Estudo de Caso numa Organização Rio-grandense. Artigo XXVIII ENEGEP, Rio de Janeiro, outubro de 2008.
- SCIELO** - Sítio pesquisado na Internet: www.scielo.org.br
- SHINGO, S.** O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre, RS, Editora Bookman, 1996.
- TARDIN, G.G. e LIMA, P.C.** O papel de um Quadro de Nivelamento de Produção na Produção Puxada: um estudo de caso, Unicamp. Artigo ENEGEP E0097. 2000.
- TYSON, K. W. M.** Competition on 21th Century. St Lucie Press, EUA, 1997.
- WANDERLEY, A. V. M.** Revista Gestão & Produção. Inteligência de Negócios, Ciência da Informação. Brasília, maio/ago. 1999.
- WOMACK, J. P. e JONES, D. T.** A Mentalidade Enxuta nas Empresas (Lean Thinking), Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. Rio de Janeiro, Editora Elsevier/Campus, 2004.