

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

UM ESTUDO SOBRE ESTRATÉGIAS
DE PCP E SCO E UMA APLICAÇÃO DE
UM MODELO PARA O
SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

Arinéia Nogueira de Assis

2014

UM ESTUDO SOBRE ESTRATÉGIAS DE PCP E SCO E UMA APLICAÇÃO DE
UM MODELO PARA O SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

Arinéia Nogueira de Assis

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
FEVEREIRO DE 2014

UM ESTUDO SOBRE ESTRATÉGIAS DE PCP E SCO E UMA APLICAÇÃO DE
UM MODELO PARA O SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO

Arinéia Nogueira de Assis

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 Fevereiro de 2014.

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

Banca Examinadora:

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

Profa. Maria José Pereira Dantas, *Dra.*
Avaliadora Interna - PUC Goiás

Prof. Luerbio Faria, *Dr.*
Avaliador Externo - UERJ

Goiânia – Goiás
Fevereiro de 2014

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação (CIP)
(Sistema de Bibliotecas PUC Goiás)

Assis, Arinéia Nogueira de.
A848e Um estudo sobre estratégias de PCP e SCO e uma aplicação
de um modelo para o sequenciamento de produção [manuscrito] /
Arinéia Nogueira de Assis. – 2014.
75 f. : il.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de
Goiás Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, 2014.
“Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Figueiredo Menezes”.

1. Planejamento. 2. Controle de Produção. I. Título.

CDU 658.5(043)

Dedicatória

*Aos meus pais, Adilson e Zilda!
À minha “superavó”, Lúzia!*

Agradecimentos

À Deus.

Aos meus pais, Zilda Assis e Adilson Nogueira, ao meu irmão, Zalter Nogueira, à minha avó Lúzia Nogueira, às minhas sobrinhas, Ana Laura Mendonça e Júlia Assis pelo apoio, compreensão, amizade, nos últimos dois anos.

Aos professores do MEPROS, Maria José Dantas, Solange da Silva, Clarimar Coelho, Ricardo Machado, Sibelius Lelis, Marco Antônio Figueiredo pelo conhecimento passado, pelos conselhos e sugestões. A professora Tatiany Paço da graduação pela ajuda nos momentos de dúvidas, sugestões de referências, conselhos.

Ao meu orientador, professor Marco Antonio Figueiredo pela paciência, orientações, conselhos, ensinamentos.

À banca, professora Maria José Dantas e o professor Luerbio Faria pelas contribuições para a melhoria deste trabalho.

Ao professor Moacir Godinho, pelas sugestões iniciais referentes à bibliografia e pelas contribuições para a melhoria desta dissertação.

Aos colegas do MEPROS, em especial a Raimunda Vieira, a Elke Dias, a Renata de Paula, o Jacinto Pimentel, o Carlos Cabral, o Ricardo Lima, o Nivaldo Moraes. A Elke foi companheira de todos os momentos, de orientação, de desespero, de ler meu trabalho e fazer sugestões quanto a escrita. A Raimunda, colega durante estes dois anos mostrou a importância de acreditar, da fé. A Renata por ser a companheira que foi, mostrando a importância da dedicação e a busca pelo melhor. Aos colegas da turma anterior, Jeancarlo Ribeiro que esteve conosco durante boa parte do mestrado e o Ari Queiroz, colega que não mediu esforços para ajudar no desenvolvimento deste trabalho, fornecendo a empresa para realizar “os experimentos” e fornecendo dados e informações necessárias.

Aos amigos, muitos dos quais mesmo distantes se fizeram presentes. Em especial ao Lino Lopes por me ouvir nos momentos de desespero, e ainda, pelos artigos enviados, que o Tiago Silva também o fez.

À Capes pela bolsa.

À todos deixo aqui: MUITO OBRIGADA!

Epígrafe

“Não poderás encontrar nenhuma paixão se te conformas com uma vida que é inferior àquela que és capaz de viver.” Nelson Mandela

Resumo

O primeiro objetivo deste trabalho é classificar a estratégia de planejamento e controle de produção (PCP) e o sistema de coordenação de ordens (SCO) de uma indústria de confecção. E, o segundo, é propor um modelo teórico baseado em estratégias de PCP e sequenciamento de produção, para sua consequente implantação prática em indústrias com sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos. Realizou-se um estudo de caso e apresentou-se os resultados, identificando redução e qualificação de estoque, e aumento da produtividade.

Palavras-chave: planejamento e controle de produção, sistema de coordenação de ordens, sequenciamento de produção

Abstract

The first objective of this study is to classify the production planning and control (PPC) strategy and the ordering system (OS) of a clothing company, and the second is to propose a theoretical model based on PPC strategies and production sequencing for consequent practical implementation in industries with repetitive production system and multiple products. A study case was conducted, identifying reduction and qualification in inventory, increasing productivity as results.

Keywords: production planning and control, ordering system, production sequencing

Sumário

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xii
Lista de Siglas.....	xiii
Introdução.....	15
Capítulo 1: Planejamento e Controle da Produção.....	18
1.1. Sistemas de produção	18
1.2. Controle da produção	23
1.3. Sistemas de coordenação de ordens	26
1.3.1. Alguns sistemas de coordenação de ordens	27
1.3.2. Controle de estoque.....	35
1.3.3. Alguns fatores que impactam nos SCO	37
1.3.4. Controle de chão de fábrica e análise de capacidade de curto prazo	38
1.4. Estratégias de PCP.....	40
1.4.1. JIT (Just In Time).....	40
1.4.2. MRP II (Manufacturing Resources Planning).....	42
1.4.3. TOC (Theory Of Constraints)	44
Capítulo 2: O caso Frâncole	46
2.1. A Frâncole	46
2.2. Classificação da empresa.....	47
2.3. Avaliação da empresa.....	48
2.3.1. Procedimentos adotados.....	48
2.3.2. Diagnóstico atual da Frâncole.....	49
Capítulo 3: Um modelo baseado em estratégia de PCP e sequenciamento da produção.....	53
3.1. Introdução.....	53
3.2. Problemas	56
3.3. O modelo proposto	57
3.4. Aplicação do modelo e resultados.....	60
Capítulo 4: Notas Conclusivas	71
Referências Bibliográficas.....	73

Lista de Figuras

Figura 1: Estrutura do PCP	24
Figura 2: Estrutura do CP	25
Figura 3: Funcionamento do <i>kanban</i> com dois cartões.	30

Lista de Tabelas

Tabela 1: Atributos do sistema de classificação proposto por MacCarthy e Fernandes (2000)	21
Tabela 2: Classificação dos SP proposta por MacCarthy e Fernandes (2000).....	22
Tabela 3: Cronograma de ação e intervenção.....	62
Tabela 4: Produtos com os dados utilizados.....	65
Tabela 5: Sequenciamento da produção com base no modelo proposto	68
Tabela 6: Desempenho anual das vendas brutas escrituradas da empresa	70

Lista de Siglas

ALPB - *Assembly Line Balancing Problem*

ATO - *Assembly To Order*

BOM - *Bill Of Materials* (Lista de Materiais)

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CNE - Controlados pelo Nível de Estoque

CONWIP - *Constant Work In Process*

CP - Controle da Produção

CRP - *Capacity Requirement Planning* (Análise Detalhada de Capacidade)

DBR - *Drum* (tambor); *Buffer* (pulmão); *Rope* (corda)

DEWIP - *Decentralized Work In Process*

ETO - *Engineering To Order*

H - Híbrido

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial

JIT - *Just In Time*

LOOR - *Load Oriented Order Release*

LPO - Liberação Planejada de Ordens

MPS - *Master Production Schedule* (Planejamento Mestre da Produção - PMP)

MRP - *Materials Requirement Planning* (Planejamento das Necessidades de Materiais)

MRP II - *Manufacturing Resources Planning* (Planejamento dos Recursos de Manufatura)

MTO - *Make To Order*

MTS - *Make To Stock*

OPT - *Optimized Production Technology*

PBC - *Period Batch Control*

PCP - Planejamento e Controle de Produção

PERT/CMP - *Program Evaluation and Review Technique/Critical Path Method* (Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos/Método do Caminho Crítico)

POLCA - *Paired-Cell Overlapping Loops of Cards with Authorization Workload*

QRTS - *Quick Response To Stock*

RCCP - *Rough Cut Capacity Planning* (Análise Grosseira de Capacidade)

RTO - *Resources To Order*

S&OP - *Sales and Operations Planning*

SCO - Sistema de coordenação de ordens

SFC - *Shop Floor Control* (Controle de Chão de Fábrica)

SP - Sistema de produção

TOC - *Theory Of Constraints*

TQM - *Total Quality Management* (Gestão da Qualidade Total)

WIP - *Work In Process* (estoque em processo)

Introdução

Atualmente, as empresas vêm passando por dinâmica de mudanças que envolvem novas tecnologias, globalização, necessidade de acompanhar as exigências do mercado, garantia de qualidade, investimento em novas tecnologias, ferramentas que auxiliem nas tomadas de decisões. O setor de vestuário, que é um setor dinâmico, sujeito a constantes transformações, tem experimentado este tipo de mudança estrutural, particularmente com suprimento global e grande concorrência de preços.

Dessa forma, a motivação para o desenvolvimento deste trabalho surgiu da necessidade de um estudo detalhado sobre estratégias de planejamento e controle de produção (PCP) e sistemas de coordenação de ordens (SCO) em indústria de confecção, com a finalidade de tornar o sistema produtivo mais alinhado às necessidades do mercado, apresentando também a definição clara da sequência de produção dos itens.

Lustosa *et al.* (2008) afirmam que comandar, coordenar e controlar o processo produtivo, ou seja, realizar o planejamento, programação e controle, são imprescindíveis para a sobrevivência das empresas. Os autores afirmam ainda, que estas ações são necessárias às pequenas empresas para torná-las competitivas no mercado nacional e internacional. Daí surge a necessidade de se ter uma estratégia de PCP e um SCO que condiz com a realidade da empresa e com as necessidades dos clientes. Por outro lado, Krajewski *et al.* (1987) afirmam que a seleção de um SCO pode ser de menor importância do que o melhoramento do próprio ambiente de produção.

Neste contexto, o objeto de estudo é a indústria de confecção Frâncole, onde será feita esta pesquisa, que tem como primeiro objetivo classificar a estratégia de PCP e o SCO desta indústria. O segundo objetivo é propor um modelo teórico baseado em estratégias de PCP e sequenciamento da produção, para sua consequente implementação prática em indústrias com sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos para atender demanda.

Diante dos problemas mostrados, e considerando ainda, que a empresa em estudo pertence ao ramo de confecções, com cerca de 98,8% dos produtos comercializados, surgem os seguintes questionamentos: qual é a estratégia de planejamento e controle da produção utilizada pela empresa? Qual é o sistema de coordenação de ordens? Quais os problemas mais evidentes no momento? Quais produtos devem ser produzidos quando existe pedido de clientes? E quando não existe pedido de cliente?

Quanto à metodologia, segundo Jung (2010), a natureza da pesquisa é aplicada, pois gera conhecimento com finalidade de aplicação do conhecimento básico. Quanto ao objetivo, trata-se de pesquisa exploratória, pois visa a melhoria teórica-prática de sistema e processos, propondo modelos. Com relação à abordagem da pesquisa é tanto quantitativa, pois apresenta objetividade, análise, números, busca por generalizações; quanto qualitativa, pois apresenta subjetividade, síntese, participação do pesquisador no processo e busca de particularidades.

Quanto aos procedimentos, trata-se de pesquisa-ação, que para Miguel (2010), é uma pesquisa concebida e realizada em estreita associação com a resolução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e os participantes representantes da situação estavam envolvidos de modo cooperativo/participativo. Conforme Turrioni e Mello (2012), esta pesquisa apresentou oito das quatorze características da pesquisa-

ação, a saber: houve duas metas, solucionar um problema e contribuir para a ciência (aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o nível de consciência das pessoas e grupos envolvidos); foi necessária cooperação entre os pesquisadores e o pessoal da empresa; houve o desenvolvimento de um entendimento holístico, para que os pesquisadores tivessem uma visão geral de como o sistema funciona e ser capaz de se movimentar entre a estrutura formal e técnica; incluiu técnicas do tipo coleta de dados, com ferramentas qualitativas e quantitativas, que geraram dados; foi necessário um estudo comum e largo pré-entendimento do ambiente empresarial, das condições do negócio, da estrutura e dinâmica dos sistemas operacionais e das justificativas teóricas de tais sistemas; utilizou-se uma abordagem científica para estudar a resolução de problemas importantes da empresa; envolveu a participação de pesquisadores e colaboradores; e houve uma sequência de eventos e uma abordagem para a solução de problemas.

No primeiro capítulo desta pesquisa é abordado o planejamento e controle da produção, considerando os sistemas de produção, o controle da produção, os sistemas de coordenação de ordens e sobre as estratégias de PCP. No segundo capítulo são apresentadas a empresa, classificação e avaliação da empresa, abordando sobre procedimentos adotados, diagnóstico atual da Frâncole com relação aos SCO e às estratégias de PCP. No terceiro capítulo é apresentado o modelo baseado em estratégia de PCP e sequenciamento da produção, o qual contém as seções introdução, problemas, modelo proposto e os resultados da aplicação do modelo. E, finalmente no capítulo quatro, as notas conclusivas, seguidas das referências bibliográficas.

Capítulo 1: Planejamento e Controle da Produção

Este capítulo aborda, em uma tentativa simples e com foco em sistemas de coordenação de ordens, o planejamento e controle da produção (PCP), que envolve uma série de decisões com o objetivo de definir o que, quanto e quando produzir, comprar e entregar, além de quem e/ou onde e/ou como produzir.

Dessa forma, o capítulo está composto de quatro seções: a primeira trata dos sistemas de produção, a segunda do controle da produção, a terceira dos sistemas de coordenação de ordens (SCO) e a quarta das estratégias de PCP. Este capítulo está fortemente baseado em Fernandes e Godinho (2010). Sugere-se, também, as referências Burbidge (1988), Corrêa e Gianesi (2012), Corrêa, Gianesi e Caon (2012), Goldratt e Cox (1993), Liker (2005), Lustosa *et al.* (2008), Ohno (1997), Shingo (1996), Sipper e Bulfin (1997), Tubino (2007) e Womack, Jones e Roos (2004).

1.1. Sistemas de produção

Um sistema de produção (SP) é um conjunto de elementos inter-relacionados que são projetados para gerar produtos finais, cujo valor total supere os custos totais incorridos para obtê-los. Os SP podem ser um sistema de manufatura, quando produz bens, ou sistema de serviço, quando produz serviços.

Os elementos inter-relacionados que geram produtos finais são denominados de processos, que é um conjunto de atividades com metas que, se atingidas, auxiliam o sistema de produção a atingir pelo menos um de seus objetivos.

Um SP pode ser eficaz, se os objetivos são de fato atingidos; eficiente, se os recursos são utilizados da melhor forma possível; e efetivo, se for ao mesmo tempo

eficaz e eficiente. Por exemplo, considere um jogo de futebol: ser eficiente é jogar futebol com arte e ser eficaz é ganhar o jogo.

Os sistemas de produção ainda podem ser repetitivos, se apresentarem pelo menos 75% dos itens de produção repetitivo; não repetitivo, se apresentarem pelo menos 75% dos itens não repetitivos; semirrepetitivo, se apresentarem pelo menos 25% dos itens repetitivos e pelo menos 25% não repetitivos; produção em massa, se a grande maioria dos itens é repetitiva.

Existem alguns conceitos importantes quando se trata de SP: distinção, que é a habilidade do SP responder as mudanças no mix de produtos (combinação de produtos) dentro de uma gama de produtos muito similares; diversificação, que é a habilidade do SP responder a grandes mudanças no mix de produtos dentro de uma gama de produtos muito diferentes entre si; e diferenciação, quando não existe nenhum produto similar no mercado; *leadtime* que é o tempo decorrido entre liberar uma ordem e o momento em que os itens de tal ordem tenham sido disponibilizados; e tempo de resposta que é o tempo que o cliente vai esperar entre colocar um pedido e recebê-lo.

Os SP podem ser classificados, quanto a estratégia de resposta a demanda, em seis tipos:

- *make to stock* (MTS): produção para estoque com base em previsão de demanda, cujo tempo de resposta é igual ao *leadtime* de distribuição;
- *quick response to stock* (QRTS): produção para estoque com base numa rápida reposição de estoque, sendo o tempo de resposta igual ao *leadtime* de distribuição;
- *assembly to order* (ATO): montagem sob encomenda, sendo o tempo de resposta igual ao *leadtime* de montagem somado ao *leadtime* de distribuição;

- *make to order* (MTO): fabricação sob encomenda, cujo tempo de resposta é igual ao *leadtime* de fabricação de componentes somado ao *leadtime* de montagem e distribuição;
- *resources to order* (RTO): recursos de insumos sob encomenda, cujo tempo de resposta é igual ao *leadtime* de suprimento somado aos *leadtime* de fabricação de componentes, montagem e distribuição;
- *engineering to order* (ETO): projeto sob encomenda, sendo o tempo de resposta igual ao *leadtime* de projeto somado aos *leadtimes* de suprimento, fabricação de componentes, montagem e distribuição.

A classificação de SP proposta por MacCarthy e Fernandes (2000), pode ser visualizada na Tabela 2, porém, na Tabela 1 são definidos alguns termos utilizados nesta classificação. Ainda, na Tabela 2, em sistemas de planejamento e controle da produção, veremos os SCO na seção 1.3 adiante.

Tabela 1: Atributos do sistema de classificação proposto por MacCarthy e Fernandes (2000)

CARACTERIZAÇÃO GERAL	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO
<p>• Tamanho da organização (L) grande número de funcionários; (M) médio número de funcionários; (S) pequeno número de funcionários.</p> <p>• Tempo de resposta (LS + LP + LD) se o sistema produz por encomenda; (LDA(P%)) se o sistema produz para estoque com nível de serviço igual a P%; (LDD(P%)) se o sistema não produz (somente compra, estoca, vende e entrega o item) e o nível de serviço é igual a P%; (LP + LD) se o sistema produz por encomenda mas mantém estoque de matéria prima; (LS + LD) se o sistema não produz mas vende por encomenda.</p> <p>• Nível de repetição (PC): sistema contínuo puro; (SC): sistema semicontínuo; cada unidade de processo é contínuo puro e há combinações das rotas entre os diferentes processos para diferentes produtos. A produção ocorre em bateladas; (MP): produção em massa. Maioria dos itens são repetitivos; (RP): sistema de produção repetitivo. Se pelo menos 75% dos itens são repetitivos; (SR): sistema de produção semirrepetitivo. É considerado assim se há um número considerável de peças repetitivas e não repetitivas; (NR): sistema de produção não repetitivo. A maioria dos itens são não repetitivos; (LP): grandes projetos.</p> <p>• Nível de automação (N): automação normal; compreende todo tipo de mecanização onde o ser humano tem um alto grau de participação na operação ou nível de execução; (F): automação flexível; tem a operação ou nível de execução, o controle por computador no papel principal, trabalhando em rede com controle numérico, normalmente com alguma forma de tecnologia FMS; (R): automação rígida; é o tipo encontrado em linhas de transferência com equipamento altamente especializado e dedicado; (M): automação mista; ocorre onde o sistema de produção possui unidades com diferentes níveis de automação.</p>	<p>• Tipos de layout (S): estiação de trabalho única; (P): layout por produto; (F): layout funcional ou layout por processo; (G): layout por grupo; (FP): layout por posição fixada; os recursos (homens, equipamentos) movem-se, e não o produto.</p> <p>• Tipos de estoques de segurança (1): estoques antes do primeiro estágio; (2): estoques intermediários entre os estágios de produção; (3): estoques depois do último estágio de produção.</p> <p>• Tipos de fluxo (F1): estágio único com apenas uma máquina; (F2): estágio único com máquinas idênticas em paralelo; (F3): estágio único com máquinas não idênticas em paralelo; (F4): processo multiestágios unidirecional, por exemplo, o clássico sistema <i>flow-shop</i>; (F5): processo multiestágios unidirecional, que permite que estágios sejam pulados (<i>over/flow</i>); (F6): processo multiestágios unidirecional, com máquinas iguais em paralelo; (F7): processo multiestágios unidirecional, com máquinas não idênticas em paralelo; (F8): processo multiestágios unidirecional, com máquinas não idênticas em paralelo; (F9): processo multiestágios unidirecional, com máquinas não idênticas em paralelo, permitindo que estágios sejam pulados; (F10): processo multiestágios multidirecional, por exemplo, o clássico sistema <i>jobshop</i>; (F11): processo multiestágios multidirecional, com máquinas idênticas em paralelo; (F12): processo multiestágios multidirecional, com máquinas não idênticas em paralelo.</p>
<p>• Estrutura do produto (SL): nível único de produtos que não requerem montagem; (ML): nível de multiprodutos que requerem montagem.</p> <p>• Nível de customização (1): produtos customizados, quando os clientes definem todos os parâmetros de <i>design</i> do produto; (2): produtos semicustomizados, quando os clientes definem parte do <i>design</i> do produto; (3): customização <i>warehouse</i>, em que há um número de componentes ou módulos padrões que são combinados de várias formas nos estágios finais do sistema de produção com poucas operações adicionais; (4): produto padrão, quando os clientes não interferem no <i>design</i> do produto.</p> <p>• Número de produtos (S): para um único produto; (M): para múltiplos.</p>	<p>• Tipos de montagem (A1): Mistura (ingredientes químicos, por exemplo); (A2): Montagem de um grande projeto; (A3): Montagem de produtos pesados; (A4): Montagem de produtos leves (ex.: equipamentos médicos) em um posto de trabalho ou em um conjunto de postos de trabalho paralelos; (A5): Linha de montagem cadenciada, onde a linha nunca para; (A6): Linha de montagem cadenciada, onde a linha para por um número de unidades de tempo; (A7): Linha de montagem semicadenciada, onde a linha não para; (A8): Linha de montagem não cadenciada do tipo I (onde a esteira sempre se move e o operário, quando termina sua tarefa, coloca o produto na correia); (A9): Linha de montagem não cadenciada do tipo II (onde a esteira só se move quando é acionada pelo operário).</p> <p>• Tipos de organização do trabalho (I): Trabalhadores individuais; (T): Times de trabalho; (G): Grupos de trabalho.</p>

Fonte: MacCarthy e Fernandes (2000)

Tabela 2: Classificação dos SP proposta por MacCarthy e Fernandes (2000)

Nível de repetição dos sistemas de produção							
Outras variáveis	Contínuo puro	Semicontínuo	Produção em massa	Repetitivo	Semirrepetitivo	Não repetitivo	Grandes projetos
Tamanho da empresa	Para todos os níveis de repetição, quanto maior a empresa, mais complexas são as atividades de PCP						
Tempo de resposta	LDa(P%)	LDa(P%)	LDa(P%)	LDa(P%)	LP + LD	LP + LD ou LS + LP + LD	LS + LP + LD
Nível de automação	Rígido	Rígido	Rígido	Normal ou flexível	Normal ou flexível	Normal ou flexível	Normal
Estrutura dos produtos	Para todos os níveis de repetição, as atividades de PCP para múltiplos níveis de produto são muito mais complexas do que para produtos de nível único						
Nível de customização	Produtos padronizados	Padronizados ou <i>Mushroom</i>	Padronizados ou <i>Mushroom</i>	Padronizados ou <i>Mushroom</i>	<i>Mushroom</i> ou semicustomizado	Customizado ou semicustomizado	Customizado
Número de produtos	Para todos os níveis de repetição, as atividades de PCP para grande variedade de produtos são muito mais complexas do que para produtos únicos						
Tipos de layout	<i>Layout</i> por produto	<i>Layout</i> por produto	<i>Layout</i> por produto	<i>Layout</i> em grupo	<i>Layout</i> em grupo	<i>Layout</i> funcional	<i>Layout</i> de posição fixa
Tipos de estoque de segurança	(1) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) ou (1)	(1), (2) ou (2)	Sem estoque de segurança
Tipos de fluxo	A complexidade das atividades de PCP aumenta de F1 em direção a F12						
Tipos de montagem	(A1) ou desmontagem	(A1) ou desmontagem	(A5) ou (A6) ou (A7) ou não montagem	(A5) ou (A6) ou (A7) ou não montagem	(A7) ou (A8) ou (A9) ou não montagem	(A3) ou (A4) ou não montagem	(A2)
Tipos de organização do trabalho	Se existe montagem, o tipo de organização do trabalho tem um impacto direto na maneira pela qual será feito o balanceamento do trabalho na montagem						
Sistemas de planejamento e controle da produção	Uma planilha para controlar a taxa de fluxo	Uma planilha para programar o trabalho	<i>Kanban</i>	<i>Kanban</i> ou PBC	PBC ou OPT	MRP	PERT/CPM

Fonte: MacCarthy e Fernandes (2000)

Observação: os códigos mostrados aqui, foram apresentados na Tabela 1.

Em um SP precisa-se que seja definido o que, quando e quanto produzir, comprar e entregar e, ainda, quem e/ou onde e/ou como produzir, que são decisões do PCP. O PCP envolve um conjunto de decisões que seguem uma estrutura hierárquica, onde as principais são mostradas na Figura 1. Essas atividades são de médio prazo e as decisões são tomadas com base em previsões de venda. Atividades como a gestão financeira de médio prazo não faz parte das atividades do PCP, porém, ela e a gestão de demanda são as bases para desenvolver o plano agregado de produção, que é um processo de planejamento contínuo caracterizado por revisões mensais e contínuas, ajustes dos planos da empresa, conforme as flutuações da demanda, da disponibilidade de recursos internos, suprimentos de materiais e serviços externos. Para tal, é necessário realizar o planejamento da capacidade que deve suportar o planejamento agregado. Posteriormente, o plano agregado é desagregado, o que transforma o plano agregado em um programa de produção para os itens finais individuais e, finalmente, emite as ordens de compra para os itens que possuem alto *leadtime* de suprimento.

A Figura 1, mostra o controle da produção que é detalhado na próxima seção.

1.2. Controle da produção

O controle da produção (CP) pode ser definido como a atividade gerencial responsável por regular (planejar, coordenar, dirigir e controlar), no curto prazo, o fluxo de materiais em um SP por meio de informações e decisões para execução. As decisões objetivam basicamente responder às questões: o que, quando e quanto produzir, comprar e entregar e quem, onde e como produzir. Porém, essas decisões são detalhadas, desagregadas e tomadas em geral com pouca antecedência. A Figura 2 mostra a estrutura do controle da produção.

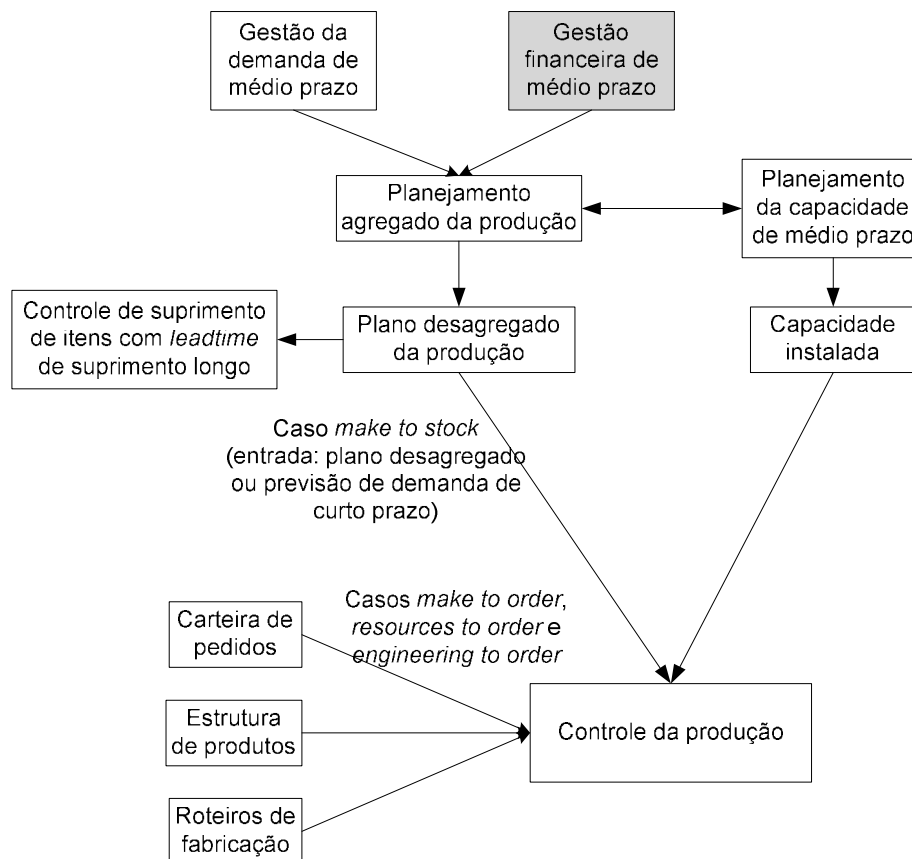


Figura 1: Estrutura do PCP
Fonte: Fernandes e Godinho (2010)

As entradas para o CP são carteira de pedidos, previsão de demanda de curto prazo, plano desagregado da produção, lista de materiais, roteiros de fabricação, as quais permitem realizar as cinco grandes atividades do CP, conforme Figura 2, a saber: programar a produção em termos de itens finais; programar ou organizar/explodir as necessidades em termos de componentes; controlar a emissão/liberação de ordens; programar/sequenciar as tarefas nas máquinas; e análises de capacidade de curto prazo. Essas atividades são acompanhadas por meio dos níveis de produção e estoque, que se for igual ao planejado/esperado as regras de controle são mantidas ou a programação é realizada novamente apenas no próximo período. Caso contrário, são realizadas reprogramações e (re)decisões em função dos imprevistos e/ou programações ruins. Este último procedimento também é adotado quando surgem as ordens urgentes ou inesperadas.

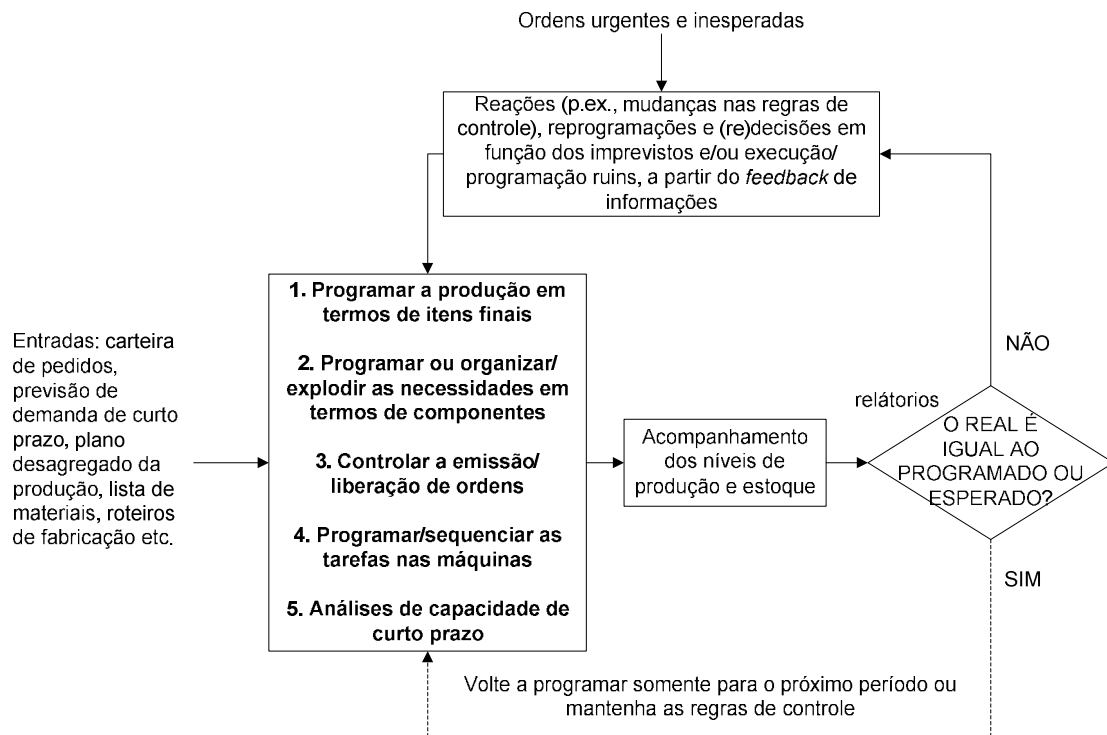


Figura 2: Estrutura do CP
Fonte: Fernandes e Godinho (2010)

A programação da produção em termos de itens finais é na verdade realizar o planejamento mestre de produção (também conhecido como MPS - *Master Production Schedule*) que tem como objetivo estabelecer quais produtos finais serão fabricados em um determinado período de tempo e as respectivas quantidades. Outra atividade importante realizada neste nível é a análise grosseira de capacidade (RCCP – *Rough Cut Capacity Planning*) que é uma análise simples e rápida, em nível de recurso crítico ou gargalo (é um elemento externo ou interno que limita o volume de produção do SP).

Vale ressaltar, que a principal diferença entre planejamento da produção e controle da produção está relacionada ao tempo. Enquanto o primeiro trata de família de produtos o segundo trata de itens individuais.

O sistema de coordenação de ordens, que é detalhado na próxima seção, é composto por algumas atividades do controle de produção.

1.3. Sistemas de coordenação de ordens

Referente às atividades controlar por meio de regras de controle ou programar as necessidades em termos de componentes e materiais; controlar a emissão/liberação das ordens de produção e compra, determinando se e quando liberar as ordens; programar/sequenciar as tarefas nas máquinas; muitos sistemas se propõem a realizar uma, duas ou até mesmo as três atividades. Segundo Fernandes e Godinho (2010), Burbidge denomina esses sistemas de *ordering systems*. Dada sua importância para o controle da produção, os *ordering systems* são muitas das vezes denominados sistemas de controle da produção, ou, até mesmo, por abuso de linguagem, de sistemas de planejamento e controle da produção ou sistemas de administração da produção. Fernandes e Godinho (2007) propõem um nome que espelhe melhor o que fazem os *ordering systems* nos SP atuais: sistema de coordenação de ordens de produção e compra ou, simplesmente, sistema de coordenação de ordens (SCO).

Um sistema de coordenação de ordens programa ou organiza/explode as necessidades em termos de componentes e materiais e/ou controla a emissão/liberação das ordens de produção e compra e/ou programa/sequencia as tarefas nas máquinas e/ou controla como as ordens (cartões) circularão na unidade produtiva considerada. Portanto, um SCO basicamente coordena as ordens de produção e de compras no chão de fábrica e, na medida do possível, nos fornecedores.

Um SCO pode ser um sistema que puxa a produção, quando a informação caminha em sentido oposto ao fluxo de materiais, ou empurra a produção, quando a informação e o fluxo de materiais caminham na mesma direção.

Os SCO podem ser classificados em quatro grupos: sistemas de pedido controlado, quando não é possível manter estoque de produto acabado; sistemas controlados pelo nível de estoque (CNE), quando as decisões são baseadas no nível de

estoque, o qual puxa a produção; sistemas de fluxo programado, quando realiza a explosão do MPS, convertendo as necessidades do MPS em necessidades de itens componentes, em geral esses sistemas empurram a produção; e sistemas híbridos, quando possuem características dos sistemas controlados pelo nível de estoque e de fluxo programado.

De acordo com a Tabela 2, será tratado agora sobre os SCO com nível de repetição dos SP produção em massa, repetitivo, semirrepetitivo e não repetitivo, respectivamente, a saber: *kanban*, PBC (*Period Batch Control*) (ou *kanban*), OPT (*Optimized Production Technology*) (ou PBC) e MRP (*Materials Requirement Planning*).

1.3.1. Alguns sistemas de coordenação de ordens

A seguir serão descritos os sistemas *kanban*, PBC, MRP e OPT. Além disso, será descrito o sistema DBR.

1.3.1.1. O sistema *kanban*

Este sistema foi desenvolvido por Ohno, que define *kanban* como instruções colocadas em um plástico transparente para repassar informações rápidas às estações de trabalho (OHNO, 1997).

De acordo com Graves, Konopka e Milne (1995) *kanban* é um sistema de coordenação de ordens de produção e compra definido como um mecanismo de controle de fluxo de materiais, baseado na produção, que controla a quantidade apropriada e o tempo adequado da produção de produtos necessários. Tem sido amplamente utilizado com o significado de cartão, porque utiliza cartões para gerir o fornecimento ou a produção de peças, itens, ou matérias-primas.

Lage e Godinho (2010) consideram quatro características básicas para o *kanban* original, a saber: (a) o uso de dois tipos de cartões simultaneamente; (b) produção puxada; (c) controle descentralizado; e (d) nível máximo de estoque limitado.

As condições para que o *kanban* funcione bem são conhecidas na literatura (veja por exemplo, Berkley (1992)), a saber: baixos tempos de *setup*, baixa variedade de itens e demanda relativamente estável. Em contrapartida, conforme Lage e Godinho (2010), as condições para que o *kanban* não funcione bem são, também, conhecidas na literatura: longo tempo de *setup*, grande variedade de itens, demanda instável, instabilidade dos tempos de processamento, não padronização das operações e incertezas no abastecimento de matérias-primas.

Existem ainda, algumas regras básicas sobre o funcionamento do sistema *kanban*:

- a) o processo subsequente deve retirar do processo precedente somente os produtos necessários nas quantidades necessárias e no tempo devido;
- b) o processo precedente deve produzir seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente;
- c) produtos com defeito não devem ser enviados para o processo subsequente;
- d) o número de *kanbans* deve ser mantido o menor possível e reduzido por meio de melhorias no processo;
- e) cada contenedor (contêiner - local de armazenagem de peças) deve ter anexado um *kanban* e somente deve conter quantidades padronizadas de peças e não peças a mais.

Considerando o grupo sistemas controlados pelo nível de estoque (CNE), temos o sistema *kanban* CNE. Denomina-se *kanban* CNE às variações do *kanban* que seguem a lógica na qual as decisões são baseadas no nível de estoque, o qual puxa a produção.

Dentro desse contexto tem-se duas principais variações: sistema *kanban* CNE duplo cartão e *kanban* CNE somente com cartão de ordem de produção. O *kanban* CNE de duplo cartão trabalha com dois tipos de cartões: *kanban* R de requisição (transporte), os quais circulam entre dois setores produtivos consecutivos e têm por finalidade autorizar a movimentação do material de uma estação de trabalho para outra; e *kanban* P de ordem de produção, os quais circularão dentro de um único setor produtivo e têm por finalidade autorizar a produção de um determinado item.

Considerando o grupo de sistemas híbridos, tem-se o sistema *kanban* H (híbrido). Denomina-se *kanban* H as variações do *kanban* que têm as características híbridas, ou seja, sistemas que, apesar de puxar a produção, têm o último estágio programado via um MPS desenvolvido por um PCP central. Nessas variações estão: *kanban* H de duplo cartão; *kanban* H somente com cartão de ordem de produção; *kanban* H com apenas o cartão de requisição.

A) O cartão *kanban* e o seu funcionamento

Conforme seção anterior existe dois tipos de cartões, o cartão de produção e o de requisição. Cada cartão contém informações necessárias para o funcionamento do sistema. O cartão de produção contém o nome e código do item, tamanho do lote, centro produtivo, local de armazenagem; o cartão de requisição possui o nome e código do item, tamanho do lote, centro produtivo e local de armazenagem de origem, centro de produção e local de armazenagem de destino.

Outra informação necessária é o número de cartões *kanban* de requisição e produção, que segundo Corrêa e Gianesi (2012) é calculado pelas Equações 1 e 2:

$$N_R = \frac{D t_R (1 + \alpha)}{C} \quad \text{Eq. 1}$$

$$N_P = \frac{D t_P (1 + \alpha)}{C} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: N_R - Número de cartões *kanban* de requisição
 N_P - Número de cartões *kanban* de produção
 D - é a demanda por período;
 t_R - Tempo de requisição;
 t_P - Tempo de processamento médio por contenedor;
 α - Coeficiente de segurança;
 C - Capacidade do contenedor em unidades do produto.

Os cartões *kanban* circulam entre os processos produtivos, como mostrado na Figura 3, que considera um sistema de dois tipos de cartões, requisição e produção.

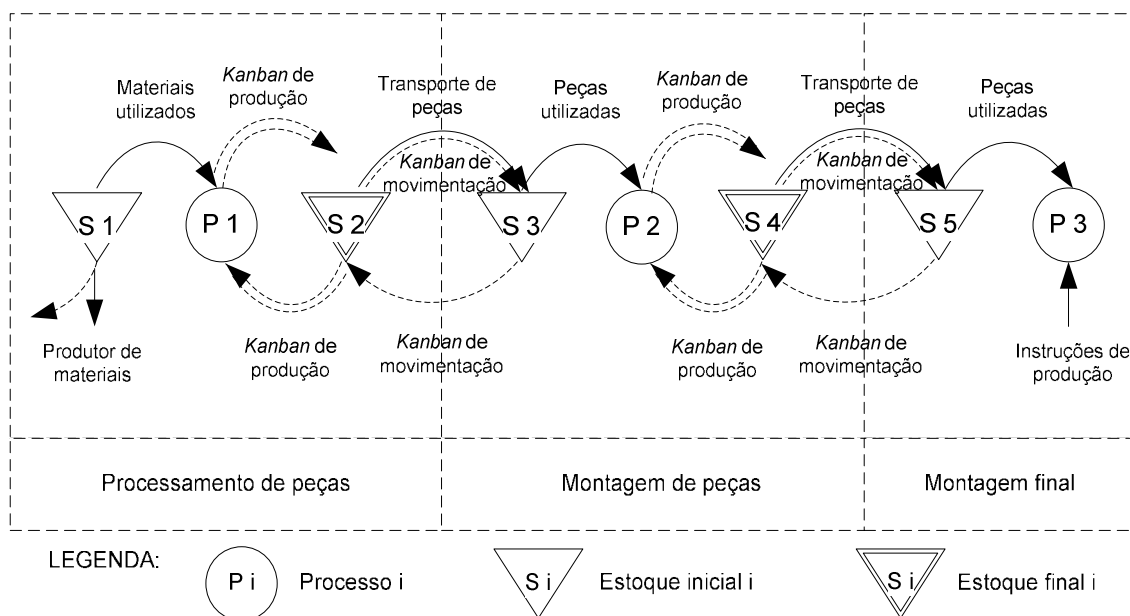


Figura 3: Funcionamento do *kanban* com dois cartões.

Fonte: Shingo (1996)

Considerando a Figura 3, o sistema tem início quando as peças ao lado da linha de montagem final são utilizadas e um *kanban* de requisição é removido. Com a finalidade de repor o estoque consumido, um trabalhador leva este cartão ao estoque S_4 do processo P_2 para apanhar itens processados e, então, retira um *kanban* de produção

de um contenedor e coloca-o no quadro *kanban*, do processo P_2 . O *kanban* de requisição é colocado junto ao contenedor com as peças e é transportado ao estoque S_5 do processo P_3 .

No processo P_2 o *kanban* de produção retirado do contenedor serve como etiqueta de instrução de tarefa para este processo. O processo P_2 tem o estoque repostado pelo estoque S_3 , que por sua vez é repostado pelo S_2 ; quando isso ocorre, a etiqueta do estoque S_3 do processo P_2 é retirada e substituída por um *kanban* de requisição, que inicia este ciclo novamente e é repetido até o início da produção.

No caso de sistemas que fazem uso apenas do cartão de produção, este se movimenta entre dois processos produtivos, e com isso, existe somente um estoque entre estes.

O quadro *kanban*, local onde são colocados os cartões a serem produzidos, são sinalizados com três faixas de cores: a vermelha, espaço para colocar os cartões que compõem o estoque de segurança do sistema; amarelo, quantidade de itens suficientes para abastecer a demanda do cliente durante o tempo de produção em ritmo normal; e verde, os demais cartões. Isso gera de forma visual a urgência de reposição dos itens. A sequência correta de remoção de cartões por consumo é do verde para o vermelho, para reposição (produção) é o inverso.

1.3.1.2. O sistema PBC (*Period Batch Control*).

Este sistema foi desenvolvido por um consultor inglês chamado Gli gli, e é indicado para SP semirrepetitivo ou produção em massa. Os principais motivos para a escolha deste sistema são: facilidade dos funcionários entenderem seu funcionamento; não exige grandes investimentos; facilita e viabiliza a implantação de regras de programação de operações.

Considerando o grupo de sistemas de fluxo programado, tem-se o sistema PBC. O funcionamento básico do PBC é o seguinte: recebe-se o programa mestre de produção (MPS) definido para vários ciclos de igual tamanho; é feita a explosão do MPS para definir a quantidade que deve ser produzida de cada item para o ciclo em questão; e atribuem-se tempos para: a emissão das ordens mais a produção ou entrega de matérias-primas usadas no processamento; o processamento ou recebimento de componentes; a montagem; e a distribuição das vendas.

1.3.1.3. O sistema MRP (*Material Requeriment Planning*)

Este sistema foi criado por Orlicky, e é indicado para SP não repetitivo. Para um bom funcionamento do sistema MRP, é necessário que sejam definidos de forma consistente alguns parâmetros, como: tamanho do lote, estoque de segurança e *leadtimes*.

Três informações de entrada (*input*) são necessárias ao MRP: o MPS; estoques disponíveis; e o BOM (*Bill Of Material* - Lista de Materiais) ou a estrutura do produto. O MPS é a força-motriz do MRP. Os registros de estoque devem refletir a quantidade exata de cada item em estoque ao levar em conta cada transação de estoque. A estrutura do produto é um diagrama que mostra a sequência na qual as matérias-primas, os componentes e submontagens são produzidos/montados para formar o produto final. A lista de materiais é um arquivo computacional da estrutura do produto.

Considerando o grupo sistemas de fluxo programado, temos o sistema MRP. O cerne do sistema MRP é a transformação de *inputs* em *outputs*. Esse processo de transformação é composto por quatro procedimentos fundamentais:

- a) procedimento de explosão: nesse processo determina-se a necessidade bruta para cada componente da BOM, a partir do MPS;

b) procedimento *netting*: nesse processo, as necessidades brutas para cada componente são transformadas em necessidades líquidas levando-se em conta os registros de estoques disponíveis;

c) procedimento *offsetting*: nessa fase determina-se as necessidades no tempo levando em conta os *leadtimes*;

d) procedimento de determinação dos tamanhos de lote: nessa fase são dimensionados os tamanhos de lote da liberação planejada de ordens (LPO).

1.3.1.4. O sistema OPT (*Optimized Production Technology*)

Este sistema foi desenvolvido por Goldratt, sendo recomendado para sistemas semirrepetitivos. O SCO OPT é denominado SERVE. O sistema OPT é um sistema informatizado de controle da produção.

Considerando o grupo de sistemas de fluxo programado, tem-se o sistema OPT.

Os princípios do OPT, são:

1. balancear o fluxo e não a capacidade para balancear a capacidade. Balancear fluxo significa usar a capacidade de acordo com as necessidades exatas, ou seja, ela só será 100% nos recursos gargalos;
2. a utilização dos não gargalos é determinada pelas restrições dos recursos gargalos. O nível de utilização de um recurso não gargalo é determinado pelas necessidades dos recursos gargalo que restringem o volume de produção que é vendido e que gera lucros;
3. ativar nem sempre é igual a utilizar, pois se o que um recurso não gargalo produz puder ser absorvido por um recurso gargalo, diz-se que o recurso não gargalo foi utilizado, caso contrário o recurso não gargalo foi apenas ativado;
4. uma hora perdida em um gargalo é uma hora perdida para todo o sistema;
5. uma hora economizada num não gargalo é uma miragem;

6. gargalos governam o volume de produção e o volume de estoques em processo;
7. lote de transferência nem sempre é igual ao lote de processo;
8. os lotes de processos devem ser variáveis, não fixos. Considera-se que as unidades processadas num equipamento entre dois *setups* consecutivos em tal equipamento fazem parte do mesmo lote de processo;
9. a lei de Murphy é conhecida e seus transtornos podem ser isolados e minimizados, usando-se capacidade e estoques de segurança em pontos estratégicos para imunizar o programa de produção;
10. a soma dos ótimos locais no geral não é igual ao ótimo global. Isso significa que todas as restrições e objetivos devem ser levados em conta simultaneamente.

O software OPT é composto por quatro módulos principais:

- módulo de construção de rede ou BUILDNET: recebe os dados de entrada, tanto manual quanto os arquivos de dados do MRP (lista de materiais, roteiros de fabricação com tempos de processamento e de preparação, estoques), e os combina e armazena numa rede de informação consolidada para cada produto final, de forma a agilizar o tempo de processamento do computador;
- módulo servidor ou SERVE: avalia quão realizável é o MPS, convertendo, neste módulo, as necessidades em termos de produtos finais para necessidades em termos de componentes; este módulo calcula ainda, a capacidade necessária dos recursos;
- módulo de separação ou SPLIT: separa os recursos gargalos dos recursos não gargalos e então entra na fase de programação de operações;

➤ módulo OPT: contém o algoritmo secreto de Goldratt; às operações processadas em recursos gargalos é aplicado este algoritmo que elabora uma programação detalhada.

1.3.1.5. O sistema DBR (*drum* = tambor; *buffer* = pulmão; *rope* = corda)

Este sistema é um sistema que regula o fluxo de materiais baseado na teoria das restrições e foi criado por Goldratt. Considerando o grupo dos sistemas híbridos, tem-se o sistema DBR. Para manter os processos sincronizados deve-se combinar a corda, que funciona como uma linha de produção cadenciada mecanicamente; o tambor, para dar cadência a operação inicial; e o pulmão, que é um estoque amortecedor, colocados antes de determinados processos.

Os SCO tanto servem para controlar a produção como, mais especificamente, para controlar estoques. Pode-se combinar SCO para controlar estoques em uma dada situação e obtém-se então um sistema combinado. A combinação de sistemas é um tópico totalmente relacionado com a segmentação de estoques. Segmentar estoques significa separar os itens em segmentos ou grupos e cada um deles será gerenciado usando-se um ou mais SCO.

1.3.2. Controle de estoque

Estoques são itens guardados por um tempo para posterior consumo de clientes internos ou externos, ou seja, é um *buffer* entre o suprimento e a demanda. Caso o *buffer* seja suficientemente grande, ele passa a ser um estoque isolador de processos.

As decisões de gestão de estoques, o que, quando, quanto pedir na forma de ordens, quanto manter de estoque de segurança, onde localizar os estoques de produto acabados e onde colocar o ponto de desacoplamento; impactam o risco da empresa, os custos e lucros da empresa, nível de serviço, receitas, imagem e satisfação dos clientes.

Existem várias razões para reduzir os estoques, como: diminuir os custos de manter estoque; produzir em lotes pequenos com vista em diminuir os estoques, bem como diminuir os estoques em processo também se diminui os *leadtimes* de processamento; ambiente com alta distinção ou alta diversificação é proibitivo ter altos estoques; aumento do número de itens com ciclo de vida curto.

Os estoques podem ser classificados em três grupos: estoque de insumos, que são subdivididos em matérias-primas, componentes comprados, materiais de consumo e materiais auxiliar; estoque que estão sendo processados, que podem ser produtos semiacabados ou estoque em processo; e estoques de itens finais, que podem ser produtos acabados e peças de reposição.

Controlar estoque significa decidir com base em informações o que, quanto e quando estocar, monitorar e realimentar as informações sobre os níveis de estoque. A principal variável não controlável é a demanda estocástica (ou demanda aleatória), já que a demanda determinística (é aquela que se pode conhecer com certeza) é rara de ocorrer.

Para Corrêa, Giansesi e Caon (2012) os estoques surgem quando as taxas ou momentos de demanda e suprimentos são diferentes, ou seja, servem para acomodar a diferença entre a taxa de oferta e a taxa de demanda.

Os estoques apresentam custos, como: custo de aquisição, é o que é pago pelo item; custo de pedido, é o custo de preparar e monitorar cada pedido; custo de manter o estoque, já que estoque requer capital, espaço, manutenção; custo de falta, pois uma falta pode ser postergada ou perdida; custo de operação do sistema de controle de estoques.

As duas principais medidas de desempenho de controle de estoque são nível de serviço, e custo do sistema de estoque (ou volume de estoques ou giro anual de estoques).

1.3.3. Alguns fatores que impactam nos SCO

Aqui abordar-se-á sobre três fatores que impactam nos SCO: fatores relacionados ao produto, fatores relacionados ao processo produtivo e fatores relacionados ao ambiente externo.

Alguns fatores relacionados ao produto que impactam as atividades do PCP e dos SCO são: grau de variedade e complexidade da lista técnica. O grau de variedade do produto pode ser de duas formas: distinção, quando o mix apresenta variedade de produtos muito semelhantes, ou diversificação, quando o mix possui variedade de produtos muito diferentes. A complexidade da lista técnica está relacionada a quantidade de níveis e a quantidade de itens que o produto possui em sua estrutura.

Alguns fatores relacionados ao processo produtivo que influencia as atividades do PCP são: *layout* das instalações, tempos de *setup*, tempo de fluxo, níveis de estoque em processo. O tipo de *layout* da fábrica também impacta tanto nas atividades de controle da produção, como nos SCO e programação de operações. O tempo de *setup* ou preparação de máquinas apresenta forte influência sob os SCO e programação da produção. O tempo de fluxo, que é o tempo que o produto leva para percorrer todos os processos produtivos (incluindo os tempos de fila), está ligado diretamente aos *leadtimes*. Níveis de estoque em processo também têm forte impacto na escolha do SCO e vice-versa.

Os fatores relacionados ao ambiente externo que impactam as atividades do PCP e, conseqüentemente, dos SCO, são: característica de demanda e estabilidade da demanda. Características da demanda impactam no método de previsão de demanda, já

que informa se a demanda é dependente ou independente. Estabilidade da demanda impacta nos SCO, pois existe SCO que apresentam grande dificuldade, ou até impossibilidade, em lidar com demanda instável.

1.3.4. Controle de chão de fábrica e análise de capacidade de curto prazo

As atividades de liberação, programação de operações e apontamento da produção compõem o chamado controle de chão de fábrica (*Shop Floor Control - SFC*).

A atividade liberação é para as ordens de compra, fabricação, montagem ou ordens de serviços, as quais apresentam variação conforme definido pelo SCO. Esse processo deve considerar a origem da necessidade do item (carteira de pedidos ou previsão de demanda), disponibilidade de capacidade, disponibilidade de materiais necessários para executar a ordem. Após definir as ordens é necessário definir a alocação e a sequência das n tarefas nos m recursos.

Programar as tarefas de produção é decidir quando e onde (ou por quem) cada tarefa deve ser realizada para que as entregas ocorram no tempo certo, ou de forma que os clientes não esperem muito, que todas as tarefas sejam executadas no menor tempo possível. O problema de sequenciamento de tarefas ocorre quando há necessidade de priorizar que ordem ou tarefa ou *job* deve ser a próxima a ser executada em um recurso, ou determinar a sequência em que n tarefas deverão ser executadas em um dado recurso; este problema é um caso particular do problema de programação de operações.

As decisões da programação da produção estão divididas em sete categorias: designação ou *assignment* (determina onde ou por quem a tarefa será executada); sequenciamento (determina a ordem ou sequência que as tarefas serão executadas); programação ou *scheduling* (determina quando a tarefa será iniciada e finalizada); despacho ou *dispatching* (quando e para quem ou qual centro a ordem deverá ser emitida ou liberada); controle ou *control* (acompanhamento dos trabalhos para garantir

que a programação se mantenha válida e determinar eventuais necessidades de intervenção ou reprogramação); apressamento ou *expecting* (acelera a ordem de produção, segundo a prioridade para manter o programa válido ou atender necessidades específicas); carregamento de oficinas ou *shop loading* (definição dos roteiros e programação das tarefas na fábrica/linha).

A programação das operações é diretamente afetada pelo SCO utilizado, já que cada sistema de coordenação de ordens utiliza de parâmetros ou informações (como tempo de *setup*, *leadtimes*) que pode fazer com que os objetivos de produção sejam irreais.

A próxima atividade do SFC é apontamento da produção que é formado pelo acompanhamento, isto é, coleta de informações sobre a execução das ordens, cálculo de indicadores ou medidas de desempenho, e realimentação (ou *feedback*) de informações para os responsáveis pelo controle da produção sobre o que está ocorrendo no chão de fábrica.

Linha de montagem pode ser definida como um conjunto finito de elementos de trabalho ou tarefas, cada uma tendo um tempo de processamento de operação e um conjunto de relações de precedência que especificam a ordem permitida das tarefas. Uma linha de montagem está idealmente balanceada quando o tempo de ciclo for igual a todos os tempos que o produto gasta em cada uma das estações. O problema fundamental de uma linha de montagem é conhecido na literatura pela sigla ALBP (*assembly line balancing problem*), que consiste em atribuir as tarefas a um número ordenado de estações de trabalho de tal forma que as restrições de precedência entre as tarefas sejam respeitadas e alguma medida de eficiência seja otimizada.

A análise de capacidade de curto prazo ou CRP (*Capacity Requirements Planning*) ou ainda, análise detalhada de capacidade, é realizada após a explosão e

considera os estoques dos componentes. O objetivo do CRP é antecipar as necessidades de capacidade de recursos e gerar um plano detalhado de produção e compras.

1.4. Estratégias de PCP

As estratégias de produção são formadas por um conjunto de princípios, dentre eles a utilização de determinado sistema de coordenação de ordens. O SCO do JIT é o *kanban*, o SCO do MRP II é o MRP, e o SCO relacionado à estratégia TOC é o módulo SERVE do OPT ou o sistema DBR. A seguir há uma descrição de cada uma destas estratégias.

1.4.1. JIT (*Just In Time*)

O JIT, desenvolvido por Ohno, é uma estratégia de controle da produção, desenvolvida na fábrica da Toyota que se consolidou na década de 70. O JIT é na verdade um conjunto de princípios coesos e coerentes entre si, que fornecem diretrizes para a empresa conseguir ganhos competitivos, por meio de buscas permanentes de melhorias, tais como: ampliar fatias de mercado, atender o cliente o mais rápido possível, eliminar desperdícios.

Os princípios do JIT podem estar diretamente ou indiretamente relacionados ao PCP. Os princípios indiretamente relacionados, são:

- eliminação de desperdícios: os sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados, são: superprodução (produzir mais que o necessário); tempo de espera (deve-se incluir o tempo gasto para produzir estoque desnecessário); transporte (movimentação de materiais no interior da fábrica); processamento (nem todas as operações no processo produtivo são necessárias); estoque (deve ser eliminado ou pelo menos reduzido); movimento (movimentos desnecessários do colaborador quando realiza sua tarefa); produtos defeituosos (defeitos são desperdícios, uma vez que o produto terá que ser produzido novamente). O JIT busca eliminar estes

desperdícios, ou seja, atingir a filosofia zero excesso de produção, zero espera, movimentação zero, *setup* zero, zero quebra de máquinas, zero defeito, zero estoque, zero oscilações no plano de produção;

- envolvimento dos colaboradores na tomada de decisão: para a estratégia JIT os trabalhadores devem ter mais responsabilidade pelo processo produtivo, trabalho em equipe e delegação de tarefas e responsabilidades é uma ferramenta importante dentro desse princípio;
- TQM (*Total Quality Management* - gestão da qualidade total): grande ênfase na qualidade; o TQM é um princípio com uma série de ferramentas que faz com que a empresa utilize a qualidade como um diferencial competitivo;
- recebimento *just in time*: está relacionada à chegada de itens na empresa justamente no momento necessário para a produção;
- busca de melhorias: segundo a estratégia JIT existe dois tipos de melhorias: a incremental, que é o *kaizen*, que prega que a perfeição será alcançada pela melhoria contínua, formada por infinitas etapas de pequenas mudanças; e a radical que envolve um salto em direção à perfeição;
- trabalhador multi-habilitado com rodízio de funções: dentro de uma equipe todos os trabalhadores devem ser treinados em várias funções para que haja intercambialidade de funções;
- utilização de fábricas focalizadas: devem ser construídas pequenas fábricas especializadas, em vez de ter uma grande fábrica que produza todos os produtos, pois isso possibilita: facilidade na gestão, menores custos, entre outros. Ainda neste contexto, está o uso de máquinas simples e baratas, pois apresentam facilidade de manuseio, menores riscos nas decisões de investimento e custos menores.

A estratégia de controle da produção JIT formada pelos princípios diretamente relacionados ao PCP: puxar a produção em todos os estágios da produção; regular o fluxo de materiais de um sistema produtivo de forma que este fique linearizado entre estágios de produção e intraestágios, a partir do uso de células de fabricação, que internamente devem funcionar com um padrão de fluxo *flow shop* (tipo de instalação ou de padrão de fluxo onde todas as tarefas executadas têm o mesmo roteiro de fabricação); eliminar ao máximo a mão de obra indireta para executar as atividades do CP, atribuindo grande responsabilidade na regulação do fluxo de materiais aos operadores, ligando muitas atividades do CP ao próprio processo produtivo; trabalhar sobre um programa de produção nivelado para que a carga de trabalho seja uniforme.

Vale a pena destacar algumas observações importantes a respeito do JIT: em essência, a estratégia JIT visa reduzir a variedade para poder implantar com sucesso um sistema de CP simples e de baixa variedade; a filosofia zero estoque não deve ser tomado como inexistência de estoques de matéria-prima, em processo e em itens e produtos acabados, mas como intenção de fabricar só o que é necessário, na quantidade necessária e no momento necessário; o JIT regula o fluxo de materiais de forma a produzir o item certo, na quantidade certa e no momento certo, ajustando-se o sistema produtivo ao retirar ou acrescentar cartões *kanban*, o que acarreta diminuição ou aumento do *work in process* (WIP), transferência de operadores de uma estação para outra, o que se torna inviável em sistemas não repetitivos.

Existe ainda, a manufatura enxuta que é uma estratégia de gestão da produção, portanto, ela engloba a estratégia de planejamento e controle da produção JIT.

1.4.2. MRP II (*Manufacturing Resources Planning*)

O SCO MRP realiza a explosão das necessidades em termos de componentes e materiais, calcula as necessidades líquidas e determina a liberação planejada das ordens.

O MRP II realiza estas atividades do PCP e, também, se propõe a realizar outras, como: previsão de demanda, planejamento agregado, análises de capacidade no médio e curto prazo, programa mestre de produção, controle de estoques, programação de operações. Ou seja, o software MRP II realiza atividades do controle e do planejamento da produção.

O MRP II realiza uma lógica estruturada de planejamento que prevê uma sequência hierárquica de cálculos, verificações e decisões, visando chegar a um plano de produção viável em termos de disponibilidade de materiais e de capacidade produtiva. O MRP II é um software composto por uma série de módulos, os quais realizam as atividades do PCP, sendo que as principais são:

- previsão de demanda: o MRP II dispõe de algumas ferramentas de previsão de demanda, sendo que as previsões de itens individuais, de curto prazo, são realizadas em um módulo denominado gestão de demanda;
- planejamento agregado de produção: é realizado no módulo denominado *Sales and Operations Planning (S&OP)*;
- programação mestre de produção (MPS): o MRP II leva em consideração o planejamento agregado, previsão individual de itens e ordens de clientes para determinar o programa de produção de curto prazo para itens finais individualizados;
- planejamento das necessidades de materiais (MRP): o MRP II realiza a explosão de materiais em termos de itens componentes;
- análises de capacidade: realiza análises de capacidade nos níveis de planejamento agregado, programa mestre de produção, planejamento das necessidades de materiais. Essas análises são apenas informativas e não restritivas, por isso o MRP II é chamado de sistema de capacidade infinita;

- controle de estoques: algumas técnicas de controle de estoque de demanda independente, como revisão contínua e periódica, estão disponíveis no sistema MRP II;
- controle de chão de fábrica (SFC): é realizado por meio de sugestões de programações das operações nas máquinas, as quais são feitas por meio de algoritmo de programação finita.

As vantagens do MRP II é que são sistemas integrados, que compartilham informações com um grande número de usuários. Porém, as desvantagens são: que o módulo de análise de capacidade é do tipo capacidade infinita e não é capaz de fornecer caminhos para resolver conflitos, necessitando que os problemas de capacidade sejam removidos externamente.

Na atualidade, muitas empresas estão utilizando outros SCO dentro de um ambiente MRP II, já que os SCO não são capazes de solucionar todos os problemas da empresa. Por exemplo, Corrêa, Giansi e Caon (2012) e Fernandes e Godinho (2010) mostram a combinação dos SCO MRP e *kanban* dentro de um ambiente MRP II.

1.4.3. TOC (*Theory Of Constraints*)

A ideia básica do OPT é conseguir lucro por meio da identificação e exploração das restrições, o que é conseguido pela aplicação de um conjunto de princípios relativos ao PCP. Por essa razão a TOC é denominada uma estratégia de PCP, que é composta por onze princípios: dez deles já foram citados na subseção 1.3.1. e, o último, afirma que a sistemática TOC sempre deve ser usada para melhorar o desempenho de um sistema de produção.

Uma restrição pode ser definida como sendo qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho com relação a sua meta. Para Sipper e Bulfin (1997) existem três tipos de restrições: restrições de recurso

interno (o clássico gargalo); restrição de mercado (ocorre quando a demanda é menor do que a capacidade produtiva, neste caso a demanda dita o ritmo de produção); restrição de política (é o caso no qual alguma política da empresa é a restrição). Os mesmos autores afirmam que o *output* dos sistemas de produção é definido por suas restrições.

As cinco etapas ou procedimentos da sistemática TOC, são as seguintes: identificar a restrição do sistema; decidir como explorar a restrição do sistema; sujeitar todas as decisões em função do passo anterior; melhorar o desempenho da restrição; caso tenha conseguido eliminar a restrição, retornar ao primeiro passo (pois outra restrição poderá aparecer).

Dentro da estratégia TOC a meta é conseguir aumentar os lucros da empresa, sendo necessário estabelecer medidas de desempenho operacionais, já que o aumento nos lucros da empresa é conseguido por meio da identificação e exploração de restrições, as quais muitas das vezes são gargalos produtivos. Essas medidas de desempenho são definidas dessa forma para auxiliar o SP a focar as atividades que realmente melhoram a meta da organização, que é a geração de lucro.

No próximo capítulo será tratado sobre a empresa onde o estudo é realizado.

Capítulo 2: O caso Frâncole

Este capítulo está composto de três partes. A primeira aborda sobre a empresa Frâncole Confeções. A segunda trata da classificação da empresa quanto a classificação proposta por MacCarthy e Fernandes (2000) e ao CNAE. E a terceira sobre a avaliação da empresa.

2.1. A Frâncole

A empresa em estudo é a Frâncole Confeções Ltda. que foi fundada em 17 de maio de 2002, na cidade de Goiânia-Goiás. É uma indústria de confecção de vestuário, acessórios e utilidades para aventura, caça e pesca. A empresa vende apenas no atacado para lojas e produz aproximadamente cem 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, entre outros.

Atualmente, a empresa está localizada na cidade de Goiânia, possui cerca de quinhentos clientes, em mais de vinte Estados brasileiros. A Frâncole possui uma linha de produção, que conta com sete funcionários. A maior concorrente da Frâncole é uma empresa com cerca de vinte anos de mercado, e possui mais de cinco mil clientes em todos os Estados Brasileiros e em vários países.

A empresa é regida pelo Estatuto da Micro e Pequena Empresa, que teve origem no curso para novos empreendedores sob a coordenação do SEBRAE/GOIÁS em outubro de 2001. Desde 2004 possui o registro de marca mista no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Possui ainda, desde 2006, o registro de seu domínio na internet.

Conforme Tabela 1 e o CNAE, a Frâncole Confecções será classificada na próxima seção.

2.2. Classificação da empresa

Diante das dificuldades apresentadas para a classificação optou-se por utilizar a classificação indicada por MacCarthy e Fernandes (2000). Porém, acrescentando o ramo de atuação da empresa com base no CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas).

A empresa em estudo está classificada na seção C, indústria de transformação, na divisão 14, confecção de artigos do vestuário e acessórios, no grupo 141, confecção de artigos do vestuário e acessórios, na classe 1412-6, confecção de peças de vestuário, exceto roupas íntimas e na subclasse 1412-6/01, confecção de peças de vestuário, exceto roupas íntimas e as confeccionadas sob medida. Esta subclasse inclui a confecção de artigos do vestuário masculino, feminino e infantil (blusas, camisas, vestidos, saias, calças, ternos, casacos, etc.), feitos com qualquer tipo de material (tecidos planos, tecidos de malha, couros, etc.) e a confecção de roupas para recém-nascidos e a montagem de blusas, camisas, vestidos, calças ou outras peças do vestuário.

Cerca de 98,8% dos produtos produzidos na empresa estão dentro desta classificação. Os demais estão espalhados em outras classificações, como 1414-2/00, fabricação de acessórios do vestuário, exceto para segurança e proteção; 1412-6/03, fabricação de peças do vestuário, exceto roupas íntimas, entre outras. Porém, segundo a natureza dos produtos, deve-se excluir roupas de bebê e as roupas que sofrem influência das estações, ou seja, produtos da moda; já que a empresa produz produtos padronizados para aventura, caça e pesca.

Quanto a caracterização geral: tamanho da organização, pequeno número de funcionários; tempo de resposta, se o sistema produz para estoque com nível de serviço

igual a P%; nível de repetição, sistema de produção repetitivo; nível de automação, normal. Quanto a caracterização do produto: estrutura do produto, nível de multiprodutos que requerem montagem; nível de customização, produto padrão (quando os clientes não interferem no *design* do produto); número de produtos, para múltiplos produtos. Quanto a caracterização do processo: tipos de *layout*, *layout* funcional ou por processo; tipos de estoques de segurança, estoques antes do primeiro estágio, estoques intermediários entre os estágios da produção e estoques depois do último estágio de produção; tipos de fluxo, processo multiestágio multidirecional, com máquinas idênticas em paralelo. Quanto a caracterização da montagem: tipos de montagem, montagem de produtos leves; tipos de organização do trabalho, grupos de trabalho.

Observa-se que a empresa em estudo apesar de ser classificada como confecção, está voltada para aventura, caça e pesca, e os produtos não possuem ciclo de vida curto.

2.3. Avaliação da empresa

O objetivo aqui é apresentar a avaliação da empresa. Assim, esta seção está dividida em duas subseções: a primeira apresenta os procedimentos adotados; a segunda, o diagnóstico atual da empresa com relação a estratégia de PCP e o SCO.

2.3.1. Procedimentos adotados

Para avaliação da empresa foram adotadas as seguintes fases: escolha do objeto de estudo, definição da pesquisa e estudo em livros, artigos, dissertação de mestrado específica; visitas à empresa em estudo; comparação entre teoria e prática; proposta de melhoria e implantação.

A escolha do objeto de estudo, a empresa Frâncole, objetivou a continuação de um trabalho iniciado na empresa no ano de 2010, Queiroz (2012).

A pesquisa por livros e artigos foi desenvolvida com o apoio das ferramentas de busca, como: Google, Google acadêmico, *Sciense Direct*, Portal de Periódicos da Capes,

bibliografias sugeridas, referenciadas em obras lidas; sendo que todas abordavam os temas de PCP, SCO, indústria de confecção. Os termos utilizados nas pesquisas em bases de dados envolveram os termos: sistema de coordenação de ordens, *kanban*, *ordering system*, estratégia de planejamento e controle da produção, *just-in-time*, entre outros relacionados ao assunto. Houve ainda, o estudo de uma dissertação específica, Queiroz (2012), pois esta foi desenvolvida na mesma empresa.

As visitas à empresa foram realizadas com a finalidade de verificar qual era a situação da empresa e, também, avaliar o que foi alterado/melhorado desde o estudo de Queiroz (2012), coletar dados e informações.

A comparação entre teoria e prática foi um estudo realizado na empresa e na literatura, com a finalidade de verificar se os procedimentos adotados pela empresa estão descritos na literatura, com relação ao SCO e a estratégia de PCP.

2.3.2. Diagnóstico atual da Frâncole

Inicialmente, foi realizado um diagnóstico da Frâncole com relação ao SCO, em seguida, com relação à estratégia de PCP.

Queiroz (2012) afirmou em vários momentos que a empresa faz o uso de uma variação do *kanban*, porém, observou-se a existência de fatores que, como mostrado no capítulo anterior, são pouco propícios ao funcionamento deste SCO. Estes fatores foram: grande quantidade de produtos (aproximadamente 100 produtos diversificados); longos tempos de *setup*, em torno de 45 minutos, e demanda não estável com presença de sazonalidade.

Após estudar a empresa e a classificação das variações dos sistemas *kanbans* existentes, elaborado por Lage e Godinho (2009), e a variação *CPM kanban system*, mostrada no artigo de Abdul-Nour, Lambert e Drolet (1998) foi possível concluir que a empresa não possui *kanban* e nem uma variação deste SCO.

Posteriormente, foi realizada uma análise e discussão com a diretoria da empresa que optou, nesta fase em que a empresa se encontra, não implantar este SCO e nem uma variação.

Com isso foi necessário realizar uma nova revisão da literatura, com a finalidade de verificar qual o SCO era utilizado. Entre os estudados estão os sistemas: *Kanban*, CONWIP, *Workload*, MRP, cartão de autorização de produção (*production authorization cards*), de programação por contrato, de alocação de carga por encomenda, revisão contínua, revisão periódica, de estoque base, PBC, OPT, controle MaxMin, DBR, DEWIP (*decentralized work in process*), LOOR (*load oriented order release*), POLCA (*paired-cell overlapping loops of cards with authorization*, também conhecido como BORA), PERT/CMP (*program evaluation and review technique/critical path method*), conforme Kumar e Panneerselvam (2007), Sereno *et. al* (2011), Thurer e Godinho (2012), Graves, Konopka e Milne (1995), Krajewski *et. al* (1987), Silva e Fernandes (2008), Fernandes e Godinho (2007), Fernandes e Godinho (2010).

Observou-se que empresa utiliza o sistema de revisão contínua para compras, pois sempre que as matérias-primas atingem um certo nível de estoque são realizadas as compras. Vale ressaltar que somente um item é comprado pelo sistema de revisão periódica, por restrições do fornecedor que oferece o produto uma vez ao ano.

Como mostrado na seção 1.3, os SCO estudados são classificados em cinco grupos. O estudo na Frâncole confecções não permitiu identificar um SCO específico, porém, identificou-se que o SCO é do tipo controlado pelo nível de estoque, uma vez que a empresa utiliza-se de um cartão muito particular como uma tentativa de *kanban*.

Assim, o SCO utilizado pela empresa é do tipo controlado pelo nível de estoque.

Em seguida, foi realizado o diagnóstico da Frâncole quanto à estratégia de PCP. Para tal, considerou-se os princípios apresentados na subseção 1.4.1.

Com relação à eliminação de desperdícios, existem procedimentos com a finalidade de eliminar os sete desperdícios apresentados pela literatura: superprodução, tempo de espera, transporte, processamento, estoque, movimento, produtos defeituosos. Os procedimentos adotados são revistos e alterados, se necessário, com intuito de melhorar a execução das atividades de corte, preparação, costura, inspeção e expedição, de forma que haja redução de estoques, evite movimentos inadequados e, também, evite que um produto se torne rejeitado em função de componente errado ou com defeito. A redução de estoques, que segundo o JIT devem ser mantidos mínimos, a Frâncole buscou junto à academia uma ferramenta de otimização para definir o que, quando e quanto produzir, o que possibilitou qualificar o estoque, reduzir o *leadtime* de produção e reduzir o tamanho de lotes, conforme Queiroz (2012).

No tocante ao envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão, quando surge algum problema diário, os colaboradores possuem o hábito de apresentar aos superiores sugestões de solução para o mesmo, sempre procurando uma melhor maneira de solucioná-lo. Eles também mantêm a mesma postura com relação ao desenvolvimento de novos produtos. Percebeu-se ainda, que existe a delegação de tarefas, trabalho em equipe, onde cada colaborador se responsabiliza com a atividade desenvolvida.

No que diz respeito a gestão da qualidade total na empresa, esta ocorre ao longo de cada etapa do processo de produção. O controle da produção atribui responsabilidades normativas com ênfase na segurança, inspeção e controle, com a finalidade de reduzir as reclamações de clientes e a quantidade de produtos rejeitados. A melhoria contínua de qualidade é realizada com a conscientização de que os padrões não podem retroagir; leitura de manuais de produção e qualidade; teste de habilidades de produção; avaliação periódica da força de trabalho, objetivando verificar a evolução

do aprendizado e disseminar melhores práticas. Há parada de linhas de produção ou redução da velocidade em caso de não conformidade, para que o produto não passe para o próximo processo com defeito. Os colaboradores inspecionam o próprio trabalho e realizam a correção dos erros, para que todos os produtos sejam inspecionados.

Verificou-se que não há recebimento *just in time*, pois a participação dos fornecedores não é evidente.

Quanto à busca de melhorias, esta ocorre através de conscientização de estar sempre melhorando continuamente os princípios já instalados.

No que se refere aos trabalhadores multi-habilitados com rodízio de função, todos eles são polivalentes, isto é, são treinados em todas as funções.

Foi detectado que a Frâncole não utiliza fábricas focalizadas.

No que concerne a puxar a produção em todos os estágios, a empresa possui produção puxada pela demanda, pois, os pedidos dos clientes enviam ordens de produzir ao primeiro estágio que a partir daí empurra a produção pelos demais processos.

Quanto a regular o fluxo de materiais de um SP de forma linearizada entre estágios de produção e intraestágios, a empresa não utiliza.

No que diz respeito a eliminar ao máximo a mão de obra indireta para executar as atividades de controle da produção, a Frâncole não possui influência desse tipo de mão de obra, os próprios trabalhadores executam a regulagem do fluxo de materiais.

No que concerne a trabalhar sobre um programa de produção nivelado para que a carga seja uniforme, constatou-se que não há um programa de nivelamento.

Dessa forma, observa-se que a empresa em estudo possui sete dos onze princípios da estratégia de PCP JIT, mostradas na seção 1.4.1. Assim, a estratégia de PCP utilizada pela empresa é o JIT, como afirmava Queiroz (2012).

No próximo capítulo será apresentado o modelo e sua aplicação.

Capítulo 3: Um modelo baseado em estratégia de PCP e sequenciamento da produção

Neste capítulo desenvolveu-se um modelo teórico para organização e sequenciamento da produção, baseado em estratégias de planejamento e controle da produção, para sua conseqüente implementação prática em indústrias com sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos para atender demanda.

Silva, Leite e Costa (2011) apresentaram uma proposta de sequenciamento de produção que utiliza a margem de contribuição, prazo de entrega, tempo de ciclo, processo de produção, utilizando a lógica *fuzzy*, como ferramenta de apoio. Porém, o modelo aqui proposto é um modelo simples, que pode ser utilizado por qualquer empresa com SP repetitivo e múltiplos produtos, necessitando apenas realizar alguns cálculos com operações básicas.

Assim, o modelo aqui proposto foi aplicado em uma indústria de confecção para aventura caça e pesca, e os resultados foram redução e qualificação do estoque e aumento da produtividade.

3.1. Introdução

Os problemas envolvidos na produção em uma indústria podem se apresentar de várias maneiras. Acredita-se que na busca para solucionar esses problemas deve-se seguir alguns princípios que envolvam, fundamentalmente, o melhoramento do próprio ambiente de produção.

Conforme capítulo 1, Tabelas 1 e 2, MacCarthy e Fernandes (2000) propõem uma classificação de sistemas de produção baseada em quatro grupos de características (caracterização geral, do produto, do processo e da montagem), as quais englobam doze variáveis, bem como cada atributo que cada variável pode assumir, dentro de cada característica. Assim, a caracterização geral engloba as variáveis: tamanho da organização, tempo de resposta, nível de repetição e nível de automação; a caracterização do produto: estrutura do produto, nível de customização e número de produtos; a caracterização do processo: tipos de *layout*, tipos de estoques de segurança e tipos de fluxo; e a caracterização da montagem: tipos de montagem e tipos de organização do trabalho. Ainda, afirmam que para todos os níveis de repetição, quanto maior o número de produtos, mais complexas são as atividades de planejamento e controle da produção (PCP).

Dessa forma, considere uma indústria com múltiplos produtos e com sistema de produção repetitivo. Para MacCarthy e Fernandes (2000), uma sugestão de um sistema de coordenação de ordens de produção e compra (SCO) para um sistema de produção repetitivo é o *kanban*; que é classicamente o SCO da estratégia de PCP, *just in time* (JIT); veja, por exemplo, Ohno (1997) e Kumar e Panneerselvam (2007). Por outro lado, Krajewski *et al.* (1987) afirmam que a seleção de um SCO pode ser de menor importância do que o melhoramento do próprio ambiente de produção.

JIT é uma estratégia de PCP definido por um conjunto de princípios que objetivam melhoria contínua e eliminação de todas as formas de desperdício. Golhar e Stamm (1991), identificam quatro princípios básicos para a implementação do JIT, a saber: (a) eliminação de desperdícios; (b) envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão; (c) participação do fornecedor; e (d) controle da qualidade total. Segundo Golhar e Stamm (1991) as vantagens do JIT conhecidas na literatura são: redução de

estoque, aumento da produtividade e maior qualidade dos produtos, por outro lado, envolvem custos para fornecer novos equipamentos e programas para treinamento dos funcionários. Slack e Corrêa (1992) afirmam que as principais limitações do JIT estão ligadas à flexibilidade de faixa do sistema produtivo, no que se refere à variedade de produtos oferecidos ao mercado e a variações de demanda de curto prazo.

As decisões no âmbito do controle da produção objetivam basicamente responder às questões: o que, quanto, quando e como produzir. Nesse sentido, deve-se verificar se o ‘sequenciamento da produção’ responde satisfatoriamente a estas questões.

Seja P o conjunto de todos os produtos possíveis. Uma sequência de produção é uma sequência sobre P . Seja S o conjunto de todas as sequências de produção em P . Considere $i = 1, 2, \dots, m$. Geralmente, associa-se funções custo com células de produção, tal que a função custo C_i representa o custo para o processamento da sequência de produção para a célula i . Uma indústria, denotada por f , é definida por um conjunto de funções custo indexadas C_i , uma para cada célula i . Define-se a função custo global, C_f , a saber:

$$\sigma \in S \mapsto C_f(\sigma) = \sum_{C_i \in f} C_i(\sigma) \quad \text{Eq. 3}$$

em que $C_f(\sigma)$ é o custo total para a indústria para uma particular sequência de produção. Uma ordem é uma sequência de produtos com suas correspondentes quantidades requeridas. Considere O o conjunto de todas as ordens. Dize-se que $\sigma \in S$ satisfaz $o \in O$ se, e somente se, a sequência de produção σ contém exatamente tantos produtos $p \in P$ quanto estão contidos em o . Portanto, entende-se o problema de sequenciamento de produção conforme enunciado em Wooldridge *et al.* (1996), a saber: dadas uma

indústria f e uma ordem $o \in O$, encontrar uma sequência de produção $\sigma \in S$ que satisfaz a ordem o e minimiza a função custo global C_f .

Na próxima seção apresenta-se o problema. Na seção 3.3, apresenta-se o modelo proposto e, na seção 3.4, uma aplicação do modelo.

3.2. Problemas

Considere uma indústria com múltiplos produtos e com sistema de produção repetitivo. Apresentar-se-á os problemas envolvidos em duas situações: ambiente e demanda. Quanto ao ambiente, pode-se considerar produção desorganizada. Ainda, quanto à demanda, considera-se quando existe pedido do cliente ou não.

A) Quando existe pedido do cliente o problema se caracteriza por:

(a.1) Como produzir? Por exemplo, do produto mais simples para o mais complexo ou vice-versa?

(a.2) Quando produzir? Isto é, tem disponibilidade de suprimento e máquina? E mais, qual o pedido a ser liberado mais rápido (fluxo de caixa)?

(a.3) Quanto produzir? Isto é, produzir exatamente o pedido ou algo mais?

B) Quando não existe pedido do cliente o problema se caracteriza por:

(b.1) O que produzir? Isto é, o que vende-se pouco, ou o que vende-se muito, ou o que é fácil de ser produzido, ou o que é difícil de ser produzido?

(b.2) Como produzir?

(b.3) Quando produzir? Isto é, tem disponibilidade de suprimento e máquina?

(b.4) Quanto produzir?

O item (b.2) tem a mesma característica do item (a.1) e o item (b.4) não necessariamente tem a mesma característica do item (a.3).

Na próxima seção será apresentado o modelo proposto.

3.3. O modelo proposto

Considere os problemas apresentados na seção anterior. Inicialmente, é tratado o problema associado ao ambiente e, em seguida, aquele associado à demanda.

Quanto aos problemas associados ao ambiente, em virtude de que se trabalha com indústrias com sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos, propõe-se uma variação da estratégia de PCP JIT, a saber:

- (1) Eliminação de desperdícios. Consiste em enumerar os desperdícios, entendê-los coletivamente e avaliá-los no âmbito da indústria e propor e implantar soluções.
- (2) Envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão. A força de trabalho deve participar do planejamento das atividades da indústria.
- (3) Controle da qualidade total. Identificar os problemas que afetam a qualidade dos produtos, usar ou adaptar ferramentas da qualidade total, criar condições para a implantação, treinar a força de trabalho e implantar, e acompanhar o processo com o intuito de melhoria contínua.

No restante desta seção será tratado os problemas associados à demanda.

Baseado no tempo médio de preparação de máquina (*setup*), propõe-se analisar a quantidade máxima de produtos produzidos em um período, ou seja, o lote diário, como será chamado neste trabalho.

Com o estabelecimento do lote diário, observa-se que existem produtos com maior ou menor dificuldade de produção. Por outro lado, existem produtos com maior ou menor volume de vendas. Desta forma, pergunta-se: qual produto é mais difícil ou mais fácil para produzir?; qual produto vende mais ou vende menos? Mais apropriadamente, como combinar essas questões de modo a sequenciar a produção? Ou seja, decidir qual produto produzir primeiro, e assim por diante.

Para se estabelecer o lote diário, considera-se a quantidade de horas úteis de produção em um dia (calculada tomando a quantidade total de horas trabalhadas e subtrai-se o tempo de almoço, lanche e de *setup*) dividida pelo tempo unitário de produção de cada produto. Como forma de validar os resultados obtidos foram coletadas a quantidade de produtos produzidos em um dia exclusivo de produção.

Seja n o número total de produtos. Considere $j = 1, \dots, n$. Geralmente, os produtos em uma indústria são identificados por nome e, em alguns casos, por cor ou tamanho, então atribui-se diferencial no nome. Denote x_j o j -ésimo produto. A precificação dos produtos segue principalmente a técnica de custos e, em alguns casos, segue também o balanceamento pelos preços do mercado.

Denote preço final de venda unitário do j -ésimo produto por p_j , e a quantidade do j -ésimo produto produzido em um dia de produção exclusivo por q_j , chamado também de lote diário. Denote, ainda, $l_j = q_j p_j$ o valor do lote de produção do j -ésimo produto. Agora, denote o parâmetro giro de venda (peso, valores inteiros positivos, atribuído à quantidade de produtos vendidos) do j -ésimo produto por g_j e o parâmetro impacto na produção (peso, valores inteiros positivos, atribuído à dificuldade de produção de um produto, englobando complexidade, suprimento, disponibilidade de máquina e esforço humano) do j -ésimo produto por i_j . A seguir demonstrar-se-á como calcular g_j e i_j . Para o cálculo de i_j e g_j , quanto a retirada dos valores discrepantes (*outliers*), existem trabalhos na literatura em que sugere-se, por exemplo, Soares *et al.* (2004).

A obtenção do parâmetro (peso) impacto na produção é a seguinte: basta dividir o maior valor do lote de produção pelo menor valor do lote de produção e tomar a função teto, $\lceil \cdot \rceil$. Isto porque deseja-se obter um número que, ao ser adotado como peso, possibilite que o produto com menor valor de lote seja escolhido para a produção. A

partir daí, o menor peso representa o produto mais fácil de produzir e, assim por diante, até o maior peso, que representa o produto mais difícil para produzir. Aqui, para não distorcer a análise, desconsideram-se valores discrepantes. Baseado na análise da amplitude para as quantidades q_j , denote por a a diferença entre a maior e a menor quantidades dividida pelo valor da função teto. Os pesos serão distribuídos do menor para o maior no intervalo da menor quantidade mais o valor a , e assim sucessivamente.

Por outro lado, a obtenção do parâmetro (peso) giro de venda é a seguinte. Tome uma tabela com a soma das vendas dos últimos anos da empresa e calcule a média total. Aqui, para não distorcer a análise, desconsideram-se valores discrepantes para a soma dos valores de venda. Agora, basta dividir o maior valor das vendas totais pela média geral e tomar a função teto. A partir daí, o menor peso representa o produto menos vendido e, assim por diante, até o maior peso, que representa o produto mais vendido. Baseado na análise da amplitude para os valores da soma das vendas, denote por b a diferença entre o maior e o menor valor dividida pelo maior peso. Os pesos serão distribuídos do menor para o maior no intervalo da menor venda mais o valor b , e assim sucessivamente.

Finalmente, pode-se obter o sequenciamento da produção, através da ordenação decrescente de cada produto, dada por: $j = 1, \dots, n$,

$$s_j = g_j l_j p_j q_j, \quad \text{Eq. 4}$$

em que n é o número de produtos.

O modelo de sequenciamento foi proposto dessa forma, pois, é de interesse das empresas produzir e manter em estoque (se necessário e quando não há demanda), apenas os produtos que são difíceis de serem produzidos e apresentam alto giro de vendas.

A Equação 4 se ajusta à estratégia de PCP teoria das restrições (TOC), conforme Goldratt e Cox (1993), pois identifica as restrições de mercado (giro de vendas) e as restrições internas ao processo produtivo (impacto na produção), e busca uma melhor forma de explorá-las.

Na próxima seção aplicar-se-á o modelo proposto e apresentar-se-á os resultados.

3.4. Aplicação do modelo e resultados

Os gestores da empresa buscaram a academia de modo a implantar um novo modelo para melhorar o ambiente e atender as demandas da empresa. No ambiente de produção deve-se buscar soluções fáceis (de fácil interpretação) e de baixo custo. Considerando-se um sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos, uma tabela de sequenciamento de produção torna-se um instrumento de fácil visualização e de fácil interpretação dos produtos a serem produzidos.

Além disso, nessa tabela pode-se verificar que alguns produtos, com as mesmas características, podem ser agrupados em família de produtos economizando, assim, o tempo de configuração das máquinas (*setup*).

Considere uma indústria de confecção para produção de vestuário e acessórios, exceto roupas íntimas e as confeccionadas sob medida, com múltiplos produtos e com sistema de produção repetitivo. Tomando os atributos possíveis das variáveis do sistema de classificação de sistema de produção de MacCarthy e Fernandes (2000), pode-se considerar a indústria estudada assim: a) tamanho da organização: pequeno número de funcionários; b) tempo de resposta: o sistema produz para estoque com um nível de serviço igual a P%; c) nível de repetição: repetitivo; d) nível de automação: automação normal, que corresponde a todo tipo de mecanização onde o ser humano tem um alto grau de participação na operação ou nível de execução; e) estrutura de produto: nível de

multiprodutos que requerem montagem; f) nível de customização: produto padrão, quando os clientes não interferem no *design* do produto; g) número de produtos: para múltiplos produtos; h) tipos de *layout*: *layout* funcional ou por processo; i) tipos de estoques de segurança: estoques antes do primeiro estágio, estoques intermediários entre os estágios de produção e estoques depois do último estágio de produção; j) tipos de fluxo: estágio único com máquinas idênticas em paralelo; k) tipos de montagem: linha de montagem cadenciada, onde a linha pára por um número de unidades de tempo; e l) tipos de organização do trabalho: times de trabalho.

A indústria em estudo apresentou estagnação no seu crescimento nos anos de 2005 e de 2010 em função de problemas relacionados ao ambiente e às demandas da empresa. Dentre os problemas do ambiente destacou-se: produção desorganizada, desperdícios, falta de normas de conduta e atribuição de responsabilidades, falta de qualidade e inconformidades. Dentre os problemas de demanda destacou-se: alto volume de estoque de produto acabado, estoque desqualificado, falta de sequência de produção e pedidos atrasados.

Apresenta-se a seguir o cronograma de ação e intervenção realizado na empresa estudada, conforme Tabela 3. De acordo com esta tabela, observou-se que o problema associado à falta de normas de conduta e atribuição de responsabilidades foi resolvido, conforme linha 2 (abaixo do cabeçalho).

Vale ressaltar, conforme Tabela 3, que as fases desenvolvidas em 2011 e 2012 fazem parte do trabalho de Queiroz (2012) e, as de 2013, foram desenvolvidas neste trabalho.

Segundo o modelo proposto, para o problema associado ao ambiente, os princípios do *just in time* utilizados foram eliminação de desperdícios, envolvimento dos

trabalhadores na tomada de decisão e controle da qualidade total. Para cada princípio analisou-se a empresa e sugeriu-se alternativas para melhoria.

Tabela 3: Cronograma de ação e intervenção

Ação ou intervenção	Data prevista ou iniciada	Data executada ou finalizada
Medição dos processos de produção, visando buscar uma solução para tirar a empresa da estagnação ocorrida em 2005 e 2010	01/01/2010	01/03/2012
Planejamento do trabalho operacional prático na empresa através do registro das estratégias, planos e responsabilidades através de manuais	01/02/2011	01/05/2011
Redação dos Manual de Recursos Humanos – MRH, Estratégia de Produção – MEP e Produção e Qualidade – MPQ	01/03/2011	01/10/2011
Implantação do programa de eliminação de desperdícios segundo a filosofia <i>just in time</i>	01/04/2011	01/05/2011
Implantação do controle da qualidade total segundo a filosofia <i>just in time</i>	01/04/2011	01/05/2011
Montagem da tabela e do gráfico de venda mensal e produção média mensal da empresa	01/03/2011	01/03/2011
Montagem da tabela de pesos para otimização da produção na empresa com pesos tomados empiricamente, visando maximizar os valores	01/03/2011	01/08/2011
Montagem da tabela de otimização da produção e qualificação do estoque	01/08/2011	01/10/2012
Fechamento do ano de 2011 com crescimento das vendas registradas brutas de 27,78%	01/01/2011	31/12/2011
Montagem da tabela de pesos para otimização da produção na empresa com pesos tomados por análise estatística de uma amostra real e não mais empiricamente	11/09/2012	25/09/2012
Correção da tabela de otimização da produção e qualificação do estoque	25/09/2012	30/09/2012
Fechamento do ano de 2012 com crescimento das vendas registradas brutas de 16,20%	01/12/2012	30/12/2012
Reimplantação do programa de eliminação de desperdícios segundo a filosofia <i>just in time</i>	26/08/2013	18/10/2013
Reimplantação do controle da qualidade total segundo a filosofia <i>just in time</i>	26/08/2013	18/10/2013
Estudo acerca da estratégia de PCP e SCO da empresa, e desenvolvimento de proposta de mudança	26/08/2013	18/10/2013
Desenvolvimento de três propostas de <i>layout</i>	26/08/2013	18/10/2013
Cálculo da produtividade da empresa nos últimos três anos	26/11/2013	10/12/2013
Fechamento do ano de 2013 com crescimento das vendas registradas brutas de 14,43%	01/12/2013	30/12/2013

Legenda:



Trabalho de Queiroz (2012)



Este trabalho

Quanto ao princípio de eliminação de desperdícios, verificou-se na empresa em estudo, em 2013, os seguintes desperdícios: superprodução, estoque, transporte, movimentação, produto defeituoso e pedido em atraso. Em particular, sugeriu-se a continuidade do modelo de otimização para o sequenciamento da produção, o cartão de produção já utilizado pela empresa e o lote diário, para resolver os problemas de superprodução e estoque. Ainda, sugeriu-se mudança de *layout* para resolver os problemas de transporte e movimentação; o qual não foi adotado pela empresa. Com relação ao problema de produto defeituoso, este será tratado quando da qualidade total e, pedido em atraso, foi parcialmente resolvido como consequência da eliminação destes desperdícios. Vale ressaltar, que com o comprometimento dos gestores, foi possível entender coletivamente e avaliar no âmbito da indústria a questão de eliminação de desperdícios.

Quanto ao princípio envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão, em 2013, verificou-se na empresa em estudo, que os trabalhadores já estavam envolvidos com o planejamento das atividades da indústria.

Quanto ao princípio da qualidade total, em 2013, verificou-se na empresa em estudo, os seguintes problemas que afetam a qualidade dos produtos: produto em processo com defeito, devolução de produtos, desorganização na disposição dos estoques e fluxo desordenado. Em particular, sugeriu-se inspeção 100% e parada da linha de produção (de forma a evitar que produtos com defeito passe para o próximo processo com defeito e que seja inspecionados por todos que contribuíram para sua produção) para resolver os problemas de produtos com defeito e devolução de produtos. Ainda, sugeriu-se a reimplantação do 5S (senso de utilização, senso de organização, senso de limpeza, senso de saúde e senso de disciplina) para resolver o problema de

desorganização na disposição dos estoques. Quanto ao fluxo desordenado a empresa optou em desconsiderá-lo para o momento.

Agora, segundo o modelo proposto, para o problema associado à demanda, será apresentado o modelo de otimização do sequenciamento de produção para a empresa.

Considere que a empresa citada na seção 3.1, produza 35 produtos, sabendo que n é o número total de produtos, ou seja, $n = 35$. Considere $j = 1, \dots, 35$.

A Tabela 4 apresenta na primeira coluna os produtos; na segunda o lote diário de produção do j -ésimo produto, representado por q_j ; na terceira o preço final de venda do j -ésimo produto, representado por p_j ; na quarta o valor do lote de produção do j -ésimo produto, representado por $l_j = q_j p_j$; nas quinta, sexta e sétima colunas as vendas dos últimos três anos da empresa em termos de quantidades e, na última coluna, as vendas dos três últimos anos em reais. Além disso, através da Tabela 4, obtém-se média das vendas igual a R\$ 3.762,84.

Ainda, na Tabela 4, considere a primeira linha, que representa o produto X01. Para este produto, consegue-se produzir 25 produtos em um dia exclusivo de produção, com preço de venda unitário igual a 42 reais e valor do lote de produção igual a 1050 reais. Além disso, esse produto vendeu 8 unidades no ano de 2011, 7 unidades em 2012 e 10 unidades em 2013, com valor total de vendas igual a 1050 reais.

Tabela 4: Produtos com os dados utilizados

Produto	q_j	p_j (R\$)	$l_j = q_j p_j$ (R\$)	Vendas (Quantidade)			Vendas (R\$)
				2011	2012	2013	
X 01	25	42,00	1.050,00	8	7	10	1.050,00
X 02	25	48,00	1.200,00	11	17	2	1.440,00
X 03	60	15,00	900,00	32	16	21	1.035,00
X 04	50	20,00	1.000,00	7	12	5	480,00
X 05	16	60,00	960,00	67	20	61	8.880,00
X 06	16	70,00	1.120,00	109	134	341	40.880,00
X 07	20	44,00	880,00	7	3	1	484,00
X 08	30	30,00	900,00	19	6	28	1.590,00
X 09	12	74,00	888,00	7	2	2	814,00
X 10	12	86,00	1.032,00	40	139	16	16.770,00
X 11	30	55,00	1.650,00	3	2	2	385,00
X 12	250	6,00	1.500,00	56	49	42	882,00
X 13	250	8,00	2.000,00	18	29	25	576,00
X 14	250	12,00	3.000,00	32	47	15	1.128,00
X 15	50	32,00	1.600,00	258	208	284	24.000,00
X 16	50	35,00	1.750,00	173	116	132	14.735,00
X 17	200	7,00	1.400,00	25	30	18	511,00
X 18	10	100,00	1.000,00	2	13	2	1.700,00
X 19	10	90,00	900,00	25	24	77	11.340,00
X 20	90	12,00	1.080,00	26	7	35	816,00
X 21	80	12,00	960,00	6	20	42	816,00
X 22	90	12,00	1.080,00	10	20	20	600,00
X 23	30	48,00	1.440,00	8	6	49	3.024,00
X 24	10	72,00	720,00	39	35	64	9.936,00
X 25	30	40,00	1.200,00	12	6	12	1.200,00
X 26	10	72,00	720,00	97	77	81	18.360,00
X 27	8	100,00	800,00	4	2	2	800,00
X 28	20	38,00	760,00	6	7	6	722,00
X 29	12	86,00	1.032,00	47	10	34	7.826,00
X 30	12	100,00	1.200,00	74	122	101	29.700,00
X 31	12	100,00	1.200,00	15	7	4	2.600,00
X 32	12	85,00	1.020,00	26	9	15	4.250,00
X 33	14	64,00	896,00	22	6	9	2.368,00
X 34	14	52,00	728,00	19	6	4	1.508,00
X 35	60	15,00	900,00	66	19	34	1.785,00

A classificação dos produtos, quanto ao impacto na produção, foi baseada no procedimento de cálculo apresentado na seção anterior, isto é, dividiu-se o maior valor do produto $l_j = q_j p_j$ pelo menor,

$$\frac{3.000}{720} = 4,17$$

e tomou-se a função teto, que corresponde ao número 5. Assim, o número 1 representa o produto mais fácil de produzir, aumentando até o número 5, que representa o produto mais difícil de produzir. Em seguida, calculou-se a amplitude a , já tendo sido retirado os valores discrepantes, obtida pela diferença 90 (maior valor em q_j) e 8 (menor valor em q_j), dividida pelo número 5 já obtido.

Aqui, a obtenção dos valores discrepantes se deram conforme gráfico *Box Plot*, pois segundo Walpole *et al.* (2011) este gráfico inclui o intervalo interquartil dos dados em um retângulo ou caixa que tem a mediana ao centro, e o intervalo interquartil tem como extremos o percentil 75 (quartil superior) e o percentil 25 (quartil inferior). Além disso, existem os “bigodes” que mostram outros valores e, ainda, os valores que estão fora dos “bigodes” que são os valores discrepantes. Dessa forma, os valores que não estavam contidos nas caixas e nem nos “bigodes” foram retirados e, em seguida, foi realizada a análise.

A distribuição dos demais pesos aos produtos foi feita da seguinte forma:

[8 , 24] Atribui-se peso 5
 (24 , 41] Atribui-se peso 4
 (41 , 57] Atribui-se peso 3
 (57 , 74] Atribui-se peso 2
 (74 , 250] Atribui-se peso 1.

Para a obtenção do parâmetro giro de venda, com base no procedimento descrito na seção anterior, tomou-se os valores da soma das vendas por produto dos últimos três anos da empresa e calculou-se a média, já tendo sido desconsiderado os valores

discrepantes. Aqui, a remoção dos valores discrepantes também se deu conforme gráfico *Box Plot*.

Agora, dividiu-se o maior valor das vendas totais pela média das vendas

$$\frac{18.360,00}{3.762,84} = 4,88,$$

e tomou a função teto, que coincidentemente corresponde ao número 5. Portanto, o peso 1 representa o produto menos vendido e assim por diante, até o peso 5, que representa o produto mais vendido. Em seguida, foi calculada a amplitude b , obtida pela diferença entre 18360 e 385, dividida por 5. A distribuição dos outros pesos foi realizada da seguinte maneira:

[385 , 3.980,00] Atribui-se peso 1
 (3.980,00 , 7.575,00] Atribui-se peso 2
 (7.575,00 , 11.170,00] Atribui-se peso 3
 (11.170,00 , 14.765,00] Atribui-se peso 4
 (14.765,00 , 40.880,00] Atribui-se peso 5.

Por fim, obteve-se o sequenciamento da produção, com base na Equação 4, que é mostrado na última coluna da Tabela 5. Em seguida, os valores deste produto foram ordenados em ordem decrescente, onde o produto que apresentou maior valor deve ser o primeiro a ser produzido. Ou seja, o sequenciamento da produção mais indicado é produzir na mesma ordem em que aparece na coluna s_j da Tabela 5, isto é, começar de X30, depois X06 e seguir assim sucessivamente até X21. Sabe-se que cada produto representa um dia de produção.

Ainda, com base na Tabela 5, é possível observar que os primeiros produtos que aparecem são aqueles que possuem a combinação dos parâmetros impacto na produção e giro de vendas relativamente altos.

Tabela 5: Sequenciamento da produção com base no modelo proposto

Produto	q_j	p_j (R\$)	i_j	g_j	$s_j = g_j i_j p_j q_j$
X30	12	100,00	5	5	30.000
X06	16	70,00	5	5	28.000
X10	12	86,00	5	5	25.800
X15	50	32,00	3	5	24.000
X16	50	35,00	3	4	21.000
X19	10	90,00	5	4	18.000
X26	10	72,00	5	5	18.000
X29	12	86,00	5	3	15.480
X05	16	60,00	5	3	14.400
X24	10	72,00	5	3	10.800
X32	12	85,00	5	2	10.200
X11	30	55,00	4	1	6.600
X31	12	100,00	5	1	6.000
X23	30	48,00	4	1	5.760
X18	10	100,00	5	1	5.000
X02	25	48,00	4	1	4.800
X25	30	40,00	4	1	4.800
X33	14	64,00	5	1	4.480
X09	12	74,00	5	1	4.440
X07	20	44,00	5	1	4.400
X01	25	42,00	4	1	4.200
X 27	8	100,00	5	1	4.000
X 28	20	38,00	5	1	3.800
X 34	14	52,00	5	1	3.640
X 08	30	30,00	4	1	3.600
X 04	50	20,00	3	1	3.000
X 14	250	12,00	1	1	3.000
X 13	250	8,00	1	1	2.000
X 03	60	15,00	2	1	1.800
X 35	60	15,00	2	1	1.800
X 12	250	6,00	1	1	1.500
X 17	200	7,00	1	1	1.400
X 20	90	12,00	1	1	1.080
X 22	90	12,00	1	1	1.080
X 21	80	12,00	1	1	960

Com a aplicação do modelo proposto, foi possível obter os seguintes resultados: houve redução de estoque de produto acabado em torno de 50%, que foi verificada com base no espaço físico utilizado para armazenagem; atualmente o estoque de produto acabado está mais qualificado, pois a maioria dos produtos que se encontram armazenados estão entre os quinze primeiros apresentados na Tabela 5, os quais são aqueles mais difíceis de serem feitos e mais vendidos; quanto à produtividade da empresa, calculada com base nos anos de 2011 a 2013, e considerando a receita bruta sem os valores dos produtos terceirizados, verifica-se que esta passou de 1,79 reais/hora, em 2011 para 3,31 reais/hora em 2013, aumentando em média 0,51 reais/hora ao ano. O cálculo da produtividade foi realizado dividindo a receita bruta anual da empresa pelas horas trabalhadas no ano (considerou-se que cada semana possui 44 horas e cada mês 22 dias úteis).

Observou-se, com a aplicação do modelo proposto, redução na devolução de produtos defeituosos e crescimento da empresa. Com relação à devolução, esta passou de cinco a oito peças por mês, para zero a duas peças por mês em 2011; que manteve-se em 2012 e 2013. Com relação ao desempenho da empresa, conforme a Tabela 6, verifica-se que em 2007 a empresa teve um crescimento de 66,20% comparado ao ano de 2006, e em seguida caiu para 27,07% em 2008, 7,90% em 2009, e em seguida caiu para 7,49% em 2010. Após iniciar a implantação do modelo proposto, verificou-se em 2011 um crescimento de 27,78% comparado aos 7,49% de crescimento em 2010. Em 2012, a empresa apresentou um crescimento de 16,20%, e em 2013 apresentou novamente crescimento de 14,43%; porém quando comparado a 2010, sustenta um crescimento de cerca de 70% acima do resultado daquele ano, ou seja, a organização não retroagiu, apesar de ter ocorrido uma queda de 2,5% no PIB industrial do Brasil em 2012/2013.

Tabela 6: Desempenho anual das vendas brutas escrituradas da empresa

Ano	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Desempenho	Ano Base	66,20%	27,07%	7,90%	7,49%	27,78%	16,20%	14,43%

Ainda, com os resultados obtidos na empresa e apresentados aqui, através da aplicação do modelo, conclui-se que a produção da empresa está mais organizada e que houve redução considerável nos pedidos em atraso.

O sequenciamento obtido com este modelo se assemelha aos resultados obtidos no modelo de otimização desenvolvidos por Queiroz (2012) e Queiroz, Menezes e Machado (2012). Todavia, a diferença consiste em uma modificação no cálculo do parâmetro impacto na produção.

Capítulo 4: Notas Conclusivas

Este trabalho teve como objetivo classificar a estratégia de PCP e o SCO da indústria de confecção Frâncole, e propor e implantar um modelo teórico baseado em estratégias de PCP e sequenciamento de produção para sua consequente implantação prática em indústrias com sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos.

Para atingir o objetivo, este trabalho teve início com um esclarecimento acerca do planejamento e controle da produção, destacando os sistemas de produção, o controle da produção, sistemas de coordenação de ordens e as estratégias de PCP. O propósito nesse momento foi desenvolver um embasamento sobre o assunto, para poder realizar a classificação da empresa e propor o modelo.

Na sequência, foi realizado um estudo sobre a empresa Frâncole Confecções, o qual teve início com a descrição da empresa, seguido da classificação com relação ao CNAE e a proposta de MacCarthy e Fernandes (2000). Então, foi realizada a classificação da empresa com relação ao SCO e a estratégia de PCP, identificando que ela possui o SCO controlado pelo nível de estoque e possui também a estratégia de PCP JIT. Estas classificações consistiram no primeiro resultado obtido.

Em seguida, foi proposto um modelo teórico baseado em estratégias de PCP para realizar o sequenciamento de produção em indústrias com sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos. Esta fase iniciou-se apresentando alguns problemas comumente encontrados em empresas com estas características, que foram: produção desorganizada e, também, o que, quanto e quando produzir, se existir demanda ou não.

A aplicação do modelo proporcionou a empresa, onde foi realizado o estudo de caso, redução de estoque em 50%, que foi verificada com base no espaço físico utilizado para armazenagem; qualificação de estoques, a maioria dos produtos que se

encontram armazenados estão entre os quinze primeiros apresentados na Tabela 5; aumento da produtividade, que passou de 1,79 reais/hora, em 2011 para 3,31 reais/hora em 2013. Esta etapa foi o segundo resultado deste trabalho.

É importante ressaltar que para o desenvolvimento desse trabalho e a obtenção do segundo resultado, o desenvolvimento do modelo proposto foi desenvolvido por Queiroz (2012) e pelo professor orientador Marco Antonio Figueiredo Menezes.

Com o desenvolvimento deste trabalho, espera-se auxiliar empresas com sistema de produção repetitivo e com múltiplos produtos a realizar um sequenciamento efetivo da produção. Assim, a sugestão de trabalho futuro é verificar as possíveis contribuições da aplicação deste modelo em outras empresas com estas características.

Referências Bibliográficas

ABDUL-NOUR, G.; LAMBERT, S.; DROLET, J. “Adaptation of JIT Philosophy and *Kanban* Technique to a Small-Sized Manufacturing Firm; a project management approach”. **Journal Computers and Industrial Engineering**. v. 35 n. 3-4, pp. 419-422, 1998.

BERKLEY, B. J.. A review of the *Kanban* production control research literature. **Production and Operations Management**, Vol. 1, N. 4, p.393-411, 1992.

BURBIDGE, J. L. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 1988.

CNAE. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.cnae.ibge.gov.br/estrutura.asp?TabelaBusca=CNAE_200@CNAE%202.@0@cnae@0>. Acessado em [07/08/2013].

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just In Time, MRP II e OPT**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle de Produção**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO, M. “Sistemas de coordenação de ordens: revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade”. **Revista Gestão e Produção**. v. 14, n. 2, PP. 337-352. mai-ago, 2007.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO, M. **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A Meta: um processo de melhoria contínua**. São Paulo: Educator, 1993. Tradução: Claudiney Fullmann.

GOLHAR, D. Y.; STAMM C. L. "The just-in-time philosophy: A literature review”. **International Journal of Production Research**. v. 29, n. 4, pp. 657 - 676, abr. 1991.

GRAVES, R. J.; KONOPKA, J. M.; MILNE, R. J. “Literature review of material flow control mechanisms”. **Production Planning and Control**. v. 6, n. 5, pp. 395-403, abr. 1995.

JUNG, C. F. **Elaboração de projetos de pesquisa aplicados a engenharia de produção**. Taquara: FACCAT, 2010. Disponível em: <<http://www.metodologia.net.br>> Acesso em: 06 dez. 2013.

KRAJEWSKI, L. J.; KING, B. E.; RITZMAN, L. P.; WONG, D. S. *Kanban*, MRP, and shaping the manufacturing environment. **Management Science**, Vol. 33, N. 1, p. 39-57, 1987.

KUMAR, C. S.; PANNEERSELVAM, R. “Literature Review of JIT-KANBAN System”. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 32, n. 3-4, pp. 393-408, mar. 2007.

LAGE, M. J. e GODINHO, M. F. “Evolução e Avaliação da Utilização do Sistema *Kanban* em Empresas Paulistas”. **Revista de Administração**. v. 44, n. 4, pp. 380-395, out./nov./dez. 2009.

LAGE, M. J. e GODINHO, M. F. “Variations of the *Kanban* System: literature review and classification”. **International Journal Production Economics**. v. 125, n. 1, pp. 13-21, mai. 2010.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: os 14 princípios do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUSTOSA, L. J.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O. L. G. e OLIVEIRA, R. J. O. **Planejamento e Controle de Produção**. 1 ed. São Paulo: Elsevier, 2008.

MACCARTHY, B. L.; FERNANDES, F. C. F. “A multi-dimensional classification of production systems for the design and selection of production planning and control systems”. **Production Planning & Control**, v. 11, n. 5, p. 481-496, jul. 2000.

MIGUEL, P. A. C. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. Tradução: Cristina Schumacher.

PORTAL ACTION. São Carlos – SP, 2011. Versão: 2.6. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/content/sobre-o-action>>. Acessado em: 10 fev. 2014.

QUEIROZ, A. F. R. A. **Aplicação dos Princípios do *Just In Time* Combinados com Ferramentas de Otimização a uma Indústria de Confecção: o caso Frâncole**. 2012. 116f. Dissertação do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás.

QUEIROZ, A. F. R. A.; MENEZES, M. A. F.; MACHADO, R. L. Aplicação dos Princípios do *Just In Time* Combinados com Ferramentas de Otimização a uma Indústria de Confecção: o caso Frâncole. In: **XVI Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa/XLIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2012, Rio de Janeiro. Anais, 2012. p. 4222.

SERENO, B.; SILVA, D. S.; LEONARDO, D. G.; SAMPAIO M. “Método híbrido *CONWIP/KANBAN*: um estudo de caso”. **Revista Gestão e Produção**, v. 18, n. 3, p. 651-672, 2011.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. 2 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. Tradução: Eduardo Schaan.

SLACK, N.; CORRÊA H. "The Flexibilities of Push and Pull". **International Journal of Operations & Production Management**, v. 12, n. 4, p. 82 - 92, 1992.

SILVA, F. M.; FERNANDES, F. C. F. “Proposta de um sistema de controle da produção para fabricantes de calçados que operam sob encomenda”. **Revista Gestão e Produção**, v. 15, n. 3, p. 523-538, 2008.

SILVA, C. A. S.; LEITE, J. C.; COSTA, C. T. J. Nova proposta para sequenciamento de produção com lógica fuzzy, usando a margem de contribuição do produto como fator preponderante. **In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2011, Belo Horizonte. Anais XXXI ENEGEP, 2011.

SIPPER, D.; BULFIN JR., R. L. **Production Planning, Control and Integration**. New York: McGraw-Hill, 1997.

SOARES, A. S.; COELHO, C. J.; LAUREANO, G. T.; LUCENA, D. V. GALVÃO, R. K. H. Detecção de *outliers* em Pequenas Amostras. **In: I Encontro Regional em Modelagem e Análise Computacional de Sistemas**, 2004, Goiânia. Anais I ERMACS, 2004. v. 1. p. 107-114.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

THURER, M.; GODINHO, M. F. “Redução do *lead time* e entregas no prazo em pequenas e médias empresas que fabricam sob encomenda: a abordagem *Workload Control* (WLC) para o Planejamento e Controle da Produção (PCP)”. **Revista Gestão e Produção**, v. 19, n. 1, p. 43-58, 2012.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas**. Itajubá: INIFEI, 2012. Disponível em: <http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/Mestrado/PCM-10/Apostila-Mestrado/Apostila_Metodologia_Completa_2012.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2013.

WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H.; MYERS, S. L.; YE, K. **Probability & statistics for engineers & scientists**. 9 ed. Boston: Prentice Hall, 2011.

WOOLDRIDGE, M.; BUSSMANN, S.; KLOSTERBERG, M. Production sequencing as negotiation. **In Proceedings of the International Conference on Practical Application of Agents and Multi-Agent Systems**, London, p. 709-726, 1996.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T; ROOS, D. A. **Máquina que Mudou o Mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. 10 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Tradução: Ivo Korytowski.