

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA**  
**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE**  
**PRODUÇÃO**

**Antônio Marcos Vitorelli**

**Estratégia de Manufatura de uma Empresa do Setor Eletroeletrônico**  
**com Estrutura de Produção Verticalizada – Estudo de Caso**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão da Estratégia e Operacional da Produção.

Orientador (a): Prof<sup>o</sup>. Dr. Walther Azzolini Junior

Co Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Fábio Ferraz Junior

Araraquara, SP – Brasil

2014

**FICHA CATALOGRÁFICA**

XXXXX L69i Vitorelli, Antônio Marcos

Estratégia de Manufatura de uma Empresa do Setor Eletroeletrônico com  
Estrutura de Produção Verticalizada – Estudo de Caso  
Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2014

200 fls.

Dissertação (Mestrado) - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção

Orientador (a): Profº. Dr. Walther Azzolini Junior

Co Orientador: Profº. Dr. Fábio Ferraz Junior

1. Ativo Intangível. 2. Sociedade do Conhecimento. 3. Capital Intelectual.

4. Estratégia de Manufatura. 5. Planejamento de Vendas e Operações. I.  
Titulo.

C.D.U. 658.5

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

VITORELLI, A.M. **Estratégia de Manufatura de uma Empresa do Setor Eletroeletrônico com Estrutura de Produção Verticalizada – Estudo de Caso** 2014. 120f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

**ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Antônio Marcos Vitorelli

TÍTULO DO TRABALHO: Estratégia de Manufatura de uma Empresa do Setor Eletroeletrônico com Estrutura de Produção Verticalizada – Estudo de Caso.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / 2014

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.

---

Alberto Marcos Vitorelli

Rua João Ruy, 145 – Santa Rosa I

13660-000 – Porto Ferreira - SP

[marcos.vitorelli@hotmail.com](mailto:marcos.vitorelli@hotmail.com)

## RESUMO

A diversidade de produtos disponíveis ao consumidor cresceu exponencialmente no mundo contemporâneo após a II guerra mundial. Tal diversidade aumentou a complexidade dos produtos e dos processos de fabricação quanto à tecnologia envolvida e o seu avanço extraordinário a partir do desenvolvimento de novos materiais e a concepção de dispositivos eletrônicos interconectados que juntos atendem as mais variadas funcionalidades.

Neste contexto a aquisição dos materiais para a transformação no ambiente fabril e os recursos de manufatura passou a requerer uma maior atenção quanto à coordenação do fluxo de produção com o objetivo de responder as solicitações do mercado de modo o mais rápido possível e a um custo compatível com a disponibilidade dos recursos financeiros do comprador e das suas alternativas de compra com base no que os concorrentes oferecem, uma vez que o consumidor final tem a sua frente um número razoável de opções de compra a partir da globalização apoiada pela tecnologia da internet.

Desse modo, a estabilidade do fluxo de materiais e de informação de uma cadeia de suprimentos, em um ambiente complexo e competitivo, depende entre outros fatores da precisão dos dados e das informações geradas em toda a sua extensão, envolvendo não apenas um sistema computacional integrado, mas vários sistemas especialistas com funcionalidades e aplicações distintas.

Embora a tecnologia da informação, nas últimas décadas, tenha superado qualquer previsão de avanço tecnológico com o apoio da ciência de materiais e química, não é trivial projetar uma rede de informação com toda a tecnologia existente, com interfaces entre os aplicativos e definir parâmetros consistentes de operação a serem adotados como a forma de *inputs* da rede e do conteúdo a ser manipulado, armazenado, divulgado e transmitido entre os pares.

Além do projeto da rede, com interfaces bem definidas com os aplicativos necessários e as técnicas de gestão de operações envolvendo controle de estoque, apontamento da produção, programação da produção e definição das ações diárias e emergenciais a serem tomadas, não há como descartar o uso de técnicas específicas de planejamento e controle que se apoiam na tecnologia da informação para a efetiva gerencia do negócio e da produção.

O objetivo do estudo é abordar a complexidade do projeto de Tecnologia de Informação de uma empresa que optou por ter uma estrutura de produção verticalizada com ênfase à interface dos diferentes aplicativos computacionais utilizados, aplicados no apontamento no chão de fábrica, programação da produção, medição dos indicadores de desempenho do chão de fábrica, planejamento e controle de materiais e gestão corporativa. O escopo do objetivo não envolve apenas uma descrição do sistema com as suas interfaces e funcionalidades, mas comparar o projeto quanto aos requisitos necessários e complexidade a abordagem da literatura com ênfase no processo de planejamento de vendas e operações e as principais restrições de exequibilidade de um sistema de informações com essa complexidade.

Contudo, para atingir tal objetivo metodologicamente o trabalho fez uso inicialmente de uma pesquisa exploratória quanto à descrição *in loco* dos principais processos de negócio da empresa e seus respectivos processos de fabricação relacionando cada um ao aplicativo computacional utilizado com base nas funcionalidades e interfaces dentro do escopo do projeto de tecnologia de informação. Tal pesquisa foi realizada diretamente nos locais da empresa em que cada processo ocorre de modo a construir o cenário de atuação dos *softwares* e os resultados efetivos alcançados a partir do uso. Sistemáticamente as informações levantadas foram avaliadas e compreendidas com o apoio da revisão bibliográfica realizada com ênfase no processo de planejamento de vendas e operações.

Desse modo, a pesquisa realizada teve o viés qualificativo e a partir do desenho da estrutura de tecnologia de informação da empresa a abordagem com base na revisão bibliográfica foi realizada com base no método de estudo de caso.

Como resultado foi possível demonstrar os benefícios alcançados com a informatização, implantação e integração entre um sistema corporativo de gestão ERP e alguns *softwares* específicos que são usados como apoio em todo o sistema de gestão da manufatura a fim de servir como apoio à execução da Estratégia de Manufatura, com ênfase ao processo de planejamento de vendas e operações de uma empresa do setor eletroeletrônico localizada no interior do estado de São Paulo.

**Palavras chave:** Estratégia de Manufatura, Planejamento de Vendas e Operações.

## ABSTRACT

The diversity of products available to consumers has grown exponentially in the contemporary world after World War II. Such diversity has increased the complexity of products and manufacturing processes as the technology involved and their breakthrough from the development of new materials and the design of electronic devices interconnected together to meet the most varied features.

In this context, the acquisition of materials processing in the manufacturing environment and the manufacturing resources now requires greater attention as the coordination of the production flow in order to answer the requests of the way as quickly as possible to a compatible market and cost with the availability of funds from the buyer and their buying alternatives based on what competitors offer, once the consumer has in front a reasonable number of purchase options from globalization supported by the internet technology.

Thus, the stability of the flow of materials and information in a supply chain, in a complex and competitive environment, among other factors depends on the accuracy of the data and information generated in all its extension, involving not only an integrated computer system but several expert systems with distinct features and applications.

Although information technology in recent decades, has overcome any prediction of technological advancement with the support of materials science and chemistry, it is not trivial to design an information network with all existing technology with interfaces between applications and set parameters consistent operation to be adopted as the form of inputs and network content to be manipulated, stored, disclosed and transmitted between peers.

Besides the network design with well-defined interfaces with the necessary applications and techniques of operations involving inventory control, pointing production, production scheduling and setting daily and emergency actions to be taken, there is no way to preclude the use specific techniques of planning and control that rely on information technology to effectively manage business and production.

The objective of the study is to address the complexity of the design of an Information Technology company that chose to have a structure of vertical production emphasizing the interface of different computer applications used in the annotation applied on the factory floor, production scheduling, measuring performance indicators from the factory floor, materials planning and control and corporate management. The scope of the goal not only involves a description of the system with its interfaces and functionality, but compare the project on the necessary requirements and complexity of the literature approach with emphasis on sales and operations planning process and key constraints feasibility of a information system with this complexity.

However, to achieve this goal methodologically work initially made use of exploratory research as the description of the main spot of the enterprise business processes and their manufacturing processes relating to each computer application used based on the functionality and interfaces within the scope the design of information technology. This research was carried out directly in company locations in each process takes place in order to build the stage of operation of the software and the actual results achieved from use. Systematically the information collected were evaluated and understood with the help of literature review with emphasis on sales and operations planning process.

Thus, the survey had the qualifier and from the design of the structure of the information technology company's approach based on bias literature review was performed based on the method of case study.

As a result it was possible to demonstrate the benefits achieved with computerization, implementation and integration of a corporate ERP management system and some specific software that are used to support the entire system of manufacturing management in order to serve as support for the implementation of the Strategy manufacturing, with emphasis on planning and sales of a company's electronics sector located within the state of São Paulo operations process.

**Keywords:** Manufacturing Strategy, Sales Planning and Operations

## Lista de Figuras

Figura 1.1 – 1ª e 2ª era de desenvolvimento da tecnologia.....	02
Figura 1.2 – 3ª era de desenvolvimento da tecnologia.....	03
Figura 2.1 – Expansão da consultoria Bedaux entre 1918 e 1931.....	13
Figura 2.2 – Número de empresas Britânicas usando o sistema Bedaux entre os anos 1926 – 1948.....	14
Figura 2.3 – Sistema de Planejamento e Controle da Produção versus nível de repetição dos sistemas de produção.....	17
Figura 2.4 – Caracterização de sistemas monofásico, monociclo e sistemas multi fase e multi ciclo.....	20
Figura 2.5 – Efeito da fase sobre o ciclo total de estoque.....	20
Figura 2.6 – Links possíveis entre os elos.....	21
Figura 2.7 – Estrutura básica da tradicional cadeia de abastecimento de vestuário (com base na descrição.....	22
Figura 2.8 – Esquema básico do PBC.....	29
Figura 2.9 – <i>Lead time</i> (L) da ordem do cliente <i>versus</i> o tempo de processamento T....	30
Figura 2.10 – Sistema PBC em um processo de produção de três estágios.....	30
Figura 2.11 – Configuração dos <i>layouts</i> , funcional, celular e linear.....	36
Figura 2.12 – Tipo de fluxo de produto.....	39
Figura 2.13 – Hierarquia do planejamento.....	40
Figura 2.14 – Decisões chave em diferentes estágios do gerenciamento dos processos envolvidos da ordem de produção, planejamento da produção e programação das operações.....	42
Figura 2.15 – Níveis hierárquicos do planejamento.....	49
Figura 2.16 – Dimensionamento do fator de carga.....	50
Figuras 2.18 – Variáveis do processo de fabricação.....	52
Figuras 2.19 – Evolução da tecnologia da informação e das técnicas auxiliares do planejamento e controle da produção.....	54
Figura 2.20 – Modelo de Negócio Integrado.....	56
Figura 2.21 Gestão Integrada do Negócio (S&OP – <i>Sales and Operations Planning</i> )....	57
Figura 2.22 – Modelo de Gerenciamento de Pontos de Suprimentos.....	61
Figura 2.23 – Modelo Detalhado do Gerenciamento dos Pontos de Suprimentos.....	62

Figura 3.1 – Caracterização do sistema de produção em relação à transformação do material.....	67
Figura 3.2 – Mapa Estratégico da empresa objeto do estudo – área de suprimentos.....	68
Figura 3.3 – Mapa Estratégico da empresa objeto do estudo – área de suprimentos. <i>Softwares</i> aplicados.....	70
Figura 3.4 – Modelo de Integração da Manufatura.....	71
Figura 3.5 – Uso dos <i>Softwares</i> nos diferentes sistemas de produção.....	72
Figura 3.6 – Tela do <i>Software APS Preactor</i> gerada a partir do modelo de programação desenvolvido para a linha de montagem.....	75
Figura 3.7 – Matriz de sequenciamento da montagem no <i>Preactor</i> .....	77
Figura 3.8 – Matriz do modelo de sequenciamento no <i>Microsoft Excel</i> .....	78
Figura 3.9 – Modelo de matriz de recursos primários – esteiras.....	79
Figura 3.10 – Fluxo de informações da manufatura / montagem.....	81
Figura 3.11 – Fluxo de informações Manufatura / Fabricação.....	84
Figura 3.12 – Fluxo Primário de Informações – Modelo Geral do Sistema Produtivo.....	86
Figura 3.13 – Variedade de itens de cada setor.....	86
Figura 3.14 – Fluxo de informações da programação da produção.....	87
Figura 3.15 – Integração MRP com o <i>software Preactor</i> .....	88
Figura 3.16 – Fluxo geral do funcionamento da solução.....	91
Figura 3.17 – Comportamento do tempo médio de liberação dos pedidos.....	96
Figura 3.18 – Visões alternativas do sequenciamento.....	99

## **Apêndice A**

Figura A1 – Sistema Produtivo Geral.....	105
Figura A2 – Fluxo da Manufatura/Fabricação.....	106
Figura A3 – Fluxo da Manufatura/Montagem.....	107
Figura A4 – Programação. da Produção.....	108
Figura A5 – Mapa do Fluxo de Valor.....	109



## Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Síntese das contribuições em ordem cronológica para a gestão da produção entre 1832 e 1961.....	15
Tabela 2.2 – Princípios de fluxo de produção.....	16
Tabela 2.3 – As seis leis de Burbidge.....	25
Tabela 2.4 – Avaliação de alguns mecanismos para a coordenação da cadeia.....	35
Tabela 3.1 – Exemplo da visualização das informações de produção (Sistema ERP AX) a partir da programação do <i>Preactor</i> – Setor Montagem.....	89
Tabela 3.2 – Exemplo da visualização das informações de produção (Sistema ERP AX) a partir da programação do <i>Preactor</i> – Setor Montagem.....	89
Tabela 3.3 – Resumo dos <i>Inputs</i> na produção.....	95
Tabela 3.4 – <i>Softwares</i> e setores.....	96
Tabela 3.5 – Respective Fluxos do sistema.....	97

## Apêndice A

Tabela A.1 Classificação dos <i>Inputs</i> Ligados aos setores de Produção.....	111
Tabela A.2 Classificação dos <i>Inputs</i> Ligados aos setores de Produção.....	112
Tabela A.3 Classificação dos <i>Inputs</i> Ligados aos setores de Produção.....	113

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

AIC – *Associated Industrial Consultants*

APS – *Advanced Planning Scheduling*

BOM – *Bill of Materials*

BSC – *Base Stock Control*

CPM – *Critical Path Method*

DRP – planejamento dos recursos de distribuição

EBQ – *Economic Batch Quantity*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

MES – *Manufacturing Execution System*

MRP – *Materials Requirements Planning*

MRP II – *Manufacturing Resource Planning*

MTO – *Make to order*

MTS – *Make to stock*

OMPPPOS – *Order Management, Production Planning, and Operations Scheduling*

OPT – *Otimized Production Technology*

PBC – *Period Batch Control*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

PCP – Planejamento e controle da produção

RCCP – planejamento da capacidade de médio prazo

SBC – *Standart Batch Control System*

STP – Sistema Toyota de Produção

S&OP – *Sales and Operations Planning*

TI – Tecnologia da informação

WIP – *Work in Process*

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>01</b>
1.1. Problemática.....	06
1.2. Metodologia.....	07
1.3. Questões de Pesquisa.....	08
1.4. Contextualização.....	08
1.4.1 Justificativa.....	09
1.4.2 Objetivo Geral.....	10
1.4.3 Objetivos Específicos.....	10
1.5. Estrutura do trabalho.....	11
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>12</b>
2.1. Evolução histórica.....	12
2.2. Fluxo de materiais.....	18
2.3. <i>Period Batch Control</i> .....	26
2.3.1. Contexto histórico do desenvolvimento do sistema de coordenação de ordens de produção <i>Period Batch Control</i> .....	26
2.3.2. Considerações de Benders e Riezebos a respeito dos princípios do sistema de coordenação de ordens de produção <i>Period Batch Control</i> .....	28
2.3.3. Manufatura celular.....	35
2.4. Programação da produção.....	37
2.4.1. Diferença entre planejamento da produção e programação da produção.....	40
2.4.2. Benefícios da programação da produção.....	40
2.4.3. Gerenciamento da ordem de produção e da programação das ordens.....	41
2.4.4. O <i>Gap</i> entre a teoria e a prática.....	42
2.4.5. Mundo contemporâneo – contraponto com a evolução histórica descrita nesse capítulo.....	44
2.4.6. Níveis hierárquicos do Planejamento, Programação e Controle da Produção.....	47
2.4.7. Fator de carga.....	49
2.4.8. Variável tempo.....	51

2.4.9. Integração entre o Nível Tático e o Nível Operacional do Planejamento, Programação e Controle da Produção junto ao APS.....	53
2.5. Modelo de integração proposta na literatura consultada.....	55
2.5.1. Metodologia proposta pela Oliver Wight.....	55
<b>3. Estudo de caso.....</b>	<b>63</b>
3.1. Modelo de Programação da Produção, aplicado a partir de um <i>software</i> APS na Gestão Estratégica da Manufatura.....	63
3.1.1. Introdução.....	63
3.1.2. Fluxo de informações.....	73
3.2. Parametrização do sistema.....	79
3.2.1. Programação – a priorização <i>preactor</i> e <i>kanban</i> eletrônico.....	85
3.2.2. Estrutura de produtos.....	85
3.3. Pontos frágeis da produção.....	85
3.4. Objetivos do projeto <i>Preactor</i> – Montagem.....	91
3.5. Pontos fortes proporcionados a partir do projeto.....	93
3.6. Frequência de Planejamento, Programação e Reprogramação.....	94
3.6.1. Detalhamento do processo de otimização de <i>inputs</i> .....	94
3.6.2. Resumo dos <i>inputs</i> na produção .....	95
3.6.3. Proposta de melhoria.....	97
Referências Bibliográficas.....	101
Apêndice A.....	104

## 1. Introdução

A evolução da tecnologia no mundo contemporâneo, tanto de produto quanto de processo de fabricação, alcançou durante as décadas do século XX e as primeiras décadas do século XXI níveis de sofisticação e complexidade não esperados pela humanidade até meados da década de 1970. TOWILL (1997).

Towill (1997) destaca que de fato houve um avanço extraordinário em inovação tecnológica a partir da revolução industrial. A indústria aeronáutica e automobilística, assim como a indústria bélica, durante e após a I e a II guerra mundial influenciaram grande parte desse processo de inovação tecnológica que assumiu um papel preponderante a partir da guerra fria e da chegada do homem à lua, apoiada na ciência dos materiais e da indústria química.

Segundo Riziebos (2001) é após a Segunda Guerra Mundial que os países industrializados passam a enfrentar um aumento constante da demanda por novos produtos, que com o apoio do avanço da ciência dos materiais e da indústria química impulsiona durante as décadas de 1970 e 1990 o surgimento de novas patentes em tecnologia e a humanidade avança para um desdobramento jamais visto em termos de variedade de produtos de base tecnológica, tornando difícil quantificar os novos lançamentos de produtos mesmo no curto prazo.

De acordo com Blalock (2014), a contrapartida a partir do avanço da ciência dos materiais e da indústria química neste cenário de evolução, foi a tecnologia da informação, que após as décadas de 1960 e 1970, passou a exercer forte influência de caráter puramente tecnológico, não somente quanto à extraordinária capacidade de comunicação que a tecnologia da informação passou a oferecer à humanidade como também uma série de inovações relacionadas à operação e controle da manufatura.

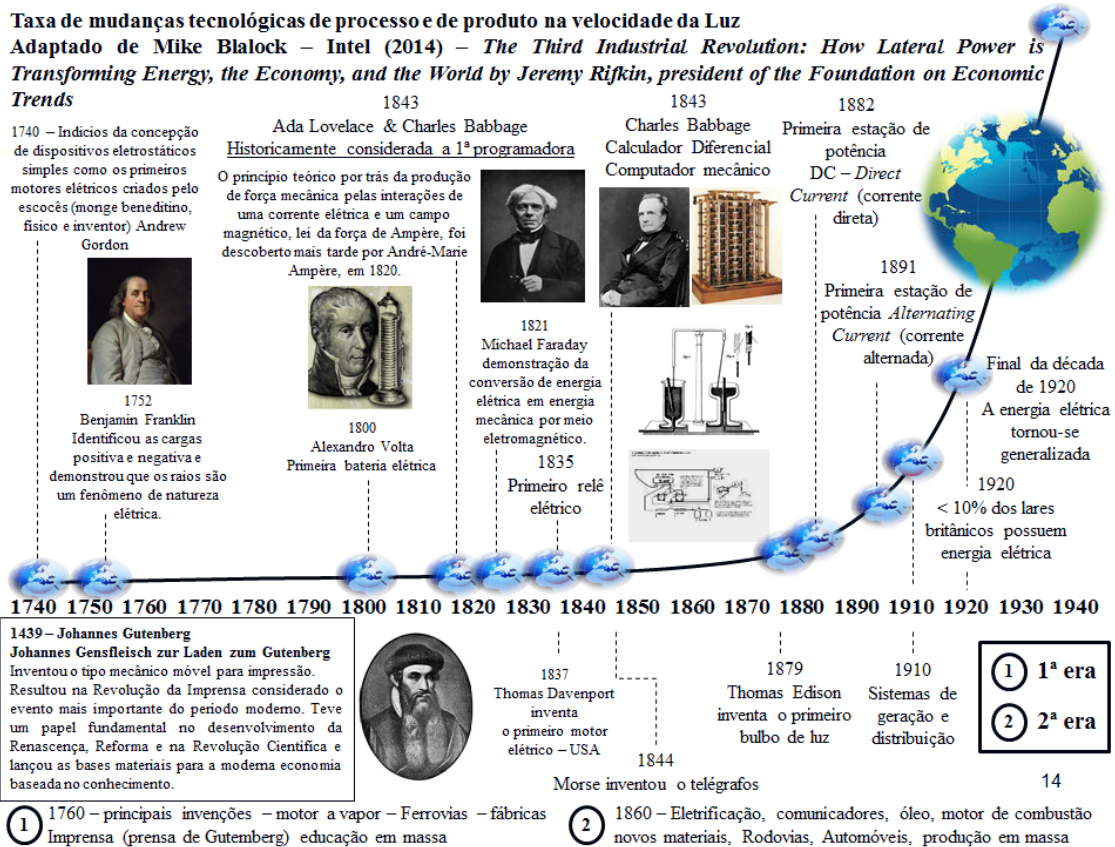
O trabalho de Blalock (2014) destaca que nesse contexto a TI passou a contribuir na concepção de processos de fabricação com alto nível de automação e controle, em conjunto com o desenvolvimento de projetos de produtos manufaturados com avanços sofisticados no uso de componentes eletrônicos, em conjunto com a automação industrial e novas máquinas ferramentas CNC com linguagens de programação complexas envolvendo *softwares*, *hardwares* e sistemas operacionais mais amigáveis.

Tal avanço possibilitou o desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de atuar em funções específicas na operação da manufatura, tanto no nível de controle quanto no nível de execução dos processos de fabricação. PIRES (1995).

Blalock (2014) aborda o avanço da Tecnologia a partir de três momentos fundamentais no tempo, ou seja, três etapas (eras de desenvolvimento) cronologicamente definidas de acordo com as Figuras 1.1 e 1.2.

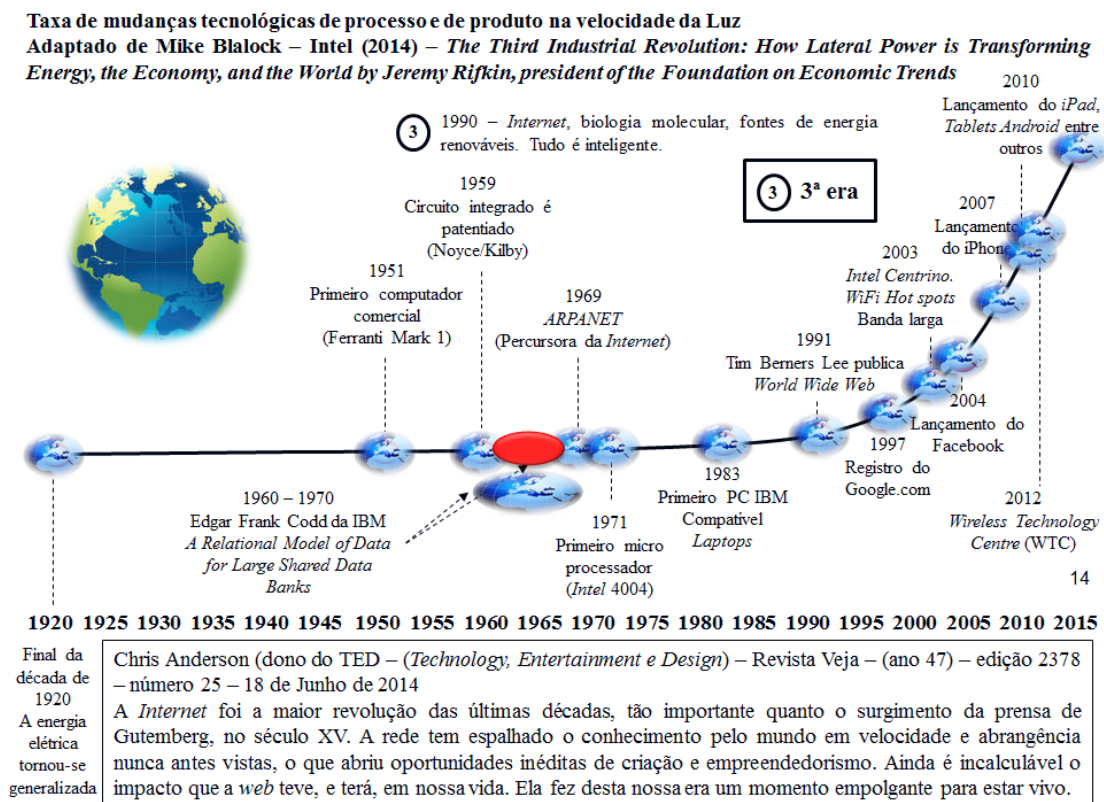
- 1) Século XVIII a partir da década de 1760 com as principais invenções: motor a vapor, Ferrovias e fábricas. Desenvolvimento do processo de impressão (prensa de Gutemberg) e consequentemente a possibilidade da educação em massa;
- 2) Século XIX a partir da década de 1860 com as principais invenções: Eletrificação, sistemas de comunicação, uso do óleo combustível e de lubrificação, motor de combustão, novos materiais, rodovias pavimentadas, automóveis e produção em massa;
- 3) Século XX a partir da década de 1990 com as principais invenções: *Internet*, biologia molecular e fontes de energia renováveis.

Figura 1.1 – 1ª e 2ª era de desenvolvimento da tecnologia. Fonte: Adaptado de BLALOCK (2014).



As duas primeiras eras citadas por Blalock (2014) na Figura 1.1 representam um avanço importante quanto aos inventos que se transformaram nos principais princípios de desenvolvimento da tecnologia atual, havendo um aprimoramento e o surgimento de novos dispositivos e mecanismos a partir da eletrônica concebida em função dos novos materiais descobertos e obtidos a partir de processos específicos.

Figura 1.3 – 3ª era de desenvolvimento da tecnologia. Fonte: Adaptado de BLALOCK (2014).



Como consequência do exposto por Blalock (2014) a automação industrial entra em cena e garante a execução de diferentes processos de fabricação que permitiram a evolução tecnológica dos produtos e dos materiais empregados. As indústrias, contudo, passaram a oferecer ao mercado produtos dos mais diversos tamanhos, funcionalidades, acessórios, *design* e particularidades inerentes ao processo de customização.

Uma das consequências para a indústria de manufatura consequentemente, quanto ao crescimento do *mix* de produtos impulsionando novos lançamentos com maior frequência, é o aumento da obsolescência dos produtos o que criou a necessidade da redução do tamanho dos lotes de produção e do tempo de resposta dos processos de fabricação no atendimento à demanda, além da tendência da customização dos produtos como mencionado. RIZIEBOS (2001).

É fato, no entanto, que o impacto dessas mudanças na indústria acabou entre outros fatores ampliando estudos específicos voltados à medição e controle do desempenho da fábrica contemporânea a partir de um gerenciamento mais efetivo do uso dos recursos de manufatura a partir da adequação dos fluxos de produção e dos processos envolvendo tecnologia mais sofisticada de máquinas ferramentas, de dispositivos aplicados na fabricação e movimentação, além do treinamento da mão de obra a partir da necessidade de padronização dos processos de fabricação e produtos.

Contudo, todo o avanço descrito no desenvolvimento de novos produtos e processos de fabricação a partir da tecnologia embarcada que surgiu durante todo esse período acabou por não impulsionar o desenvolvimento de novas técnicas ou métodos de gestão da produção, capazes de conduzir a operação para os padrões de desempenho esperados a partir de todo o avanço tecnológico que se tornou realidade.

Os princípios e conceitos fundamentais da gestão da produção se mantêm igual na maioria das indústrias atualmente, de acordo com o modo como foram idealizados a partir da revolução industrial em um momento histórico da evolução da humanidade que nada mais tem a ver com o mundo globalizado atual.

Embora as técnicas, métodos e metodologias de planejamento e controle foram aperfeiçoados a partir desses princípios, com forte influência quanto à disciplina dos colaboradores na operação à gestão da qualidade e dos processos, devido principalmente a grande contribuição do Sistema Toyota de Produção (STP) durante as últimas décadas, o modelo de gestão atualmente empregado na maioria dos casos não consegue ultrapassar a barreira da inércia que as organizações por si só mantêm no processo de atendimento à demanda. FERNANDES et al (2010).

Segundo Fernandes et al (2010) um fato relevante que conduz a essa conclusão é a concepção dos sistemas de planejamento e controle da produção das indústrias do mundo contemporâneo estar apoiada em práticas ou técnicas de PCP restritas às quatro funções gerenciais: organização, planejamento, direção e controle nos moldes das primeiras décadas do século XX, o que representa o uso dos princípios básicos do gerenciamento eficiente e eficaz com os paradigmas relacionados a altos volumes de produção com o propósito de se reduzir os custos operacionais. Esses paradigmas alcançaram o objetivo de aumentar o volume de produção equiparando a relação demanda e oferta, de acordo com a premissa do equilíbrio a fim de manter um fluxo de atendimento mais homogêneo dos produtos solicitados pelo mercado consumidor.

Hoje, vivemos uma realidade completamente diferente com lançamento de novos produtos a uma frequência exponencialmente superior ao período de tempo mencionado, além do aumento da concorrência e da customização dos produtos.

É evidente que os primeiros *insights* do processo de inovação tecnológica se deram a partir da revolução industrial com um número considerável de inovações e de patentes que viabilizaram novas descobertas durante o século XX até atingir o nível de sofisticação e complexidade do século XXI. BLALOCK (2014).



Mas qual a contribuição que efetivamente gerou ganho de desempenho à indústria no atendimento à demanda de modo, a garantir a flexibilidade dos processos de fabricação nos padrões atuais às solicitações do mundo globalizado quanto aos produtos que pretende consumir? Segundo Azzolini et al (2012) entre as contribuições que aconteceram nesse período encontra-se a gestão dos recursos utilizados envolvendo o planejamento e o controle da produção a partir de *softwares* especializados na gestão da fábrica com enfoque de integração, de acordo com cada mudança da tecnologia de produto e de processo que surgem a cada momento de modo a disponibilizar novas funcionalidades relacionadas ao uso das técnicas, métodos, procedimentos e ferramentas gerenciais na gestão da operação.

O maior desafio dos profissionais que atuam na área Gestão da Operação no momento atual é desenvolver as habilidades e competências necessárias à obtenção do *know-how* que o uso das ferramentas computacionais da área de gestão de processos oferece e como modelar ou estruturar o modelo de gestão que essas ferramentas permitem desenvolver com foco no controle da indústria de modo integrado com todas as áreas afins, envolvendo todos os colaboradores da fábrica de modo que entendam claramente essa nova concepção do Projeto e Operação dos Sistemas de Produção e que possam contribuir plenamente no aprimoramento do modelo a ser compartilhado por todos os clientes internos e externos. AZZOLINI et al (2012).

A princípio, o presente trabalho buscou identificar algum tipo de restrição no atendimento à demanda por parte da indústria objeto do estudo de caso e as suas principais causas, a fim de identificar algum tipo de relação com os padrões atuais desejados. Com esse propósito o objetivo do presente trabalho foi o de investigar a partir de uma pesquisa exploratória os investimentos em TI realizados pela empresa relacionados à infraestrutura da manufatura e a relação com a estrutura da área de Planejamento e Controle da Produção envolvendo a aquisição das licenças, implantação e treinamento dos colaboradores envolvidos quanto ao uso de aplicativos computacionais específicos utilizados na gestão da manufatura, desde o apontamento e controle até a definição e execução dos programas de produção, a fim de comparar com os resultados de desempenho alcançados.

O objeto de estudo do presente trabalho é uma empresa do setor metal mecânico com infraestrutura organizacional verticalizada, de modo que as técnicas, ferramentas e métodos utilizados pelo PCP no processo de gestão das suas operações tem forte impacto nos resultados de desempenho alcançados.

Desse modo, o levantamento da relação de *softwares* aplicados nesse processo pela empresa, a fim de contrapor com os investimentos na área de TI realizados, permitiu avaliar o impacto desses investimentos nos resultados do desempenho da fábrica a partir de um controle mais efetivo por parte dos colaboradores em função da disponibilidade de informações mais precisas e atualizadas do processo de fabricação em tempo real. A identificação dos *softwares* aplicados permitiu ponderar as funcionalidades de planejamento e de controle e o nível de atuação dos gestores de área na hierarquia dos níveis de planejamento e controle, assim como da programação da produção demonstrando o desempenho do sistema de informações relacionado ao fluxo do produto na fábrica com ênfase à integração dos processos, proporcionados a partir da tecnologia da informação empregada, e em contrapartida ao ganho de desempenho e do controle que as ferramentas computacionais proporcionaram nesse contexto.

O trabalho não deve se restringir a identificar se a empresa se mantém operando dentro dos padrões de competitividade das indústrias do seu segmento, mesmo com a operação envolvendo complexos processos de fabricação em seu sistema produtivo, o trabalho foi além quanto a mapear o processo de integração do fluxo de materiais e de informação adequadamente, mensurando o papel da tecnologia da informação a partir de aplicativos especialistas no gerenciamento da operação com o uso de um modelo de programação da produção desenvolvido de acordo com a necessidade da empresa e o envolvimento dos colaboradores na construção desse novo modelo.

## **1.1 Problemática**

Sistemas produtivos com ambientes complexos relacionados à manufatura de bens e serviços normalmente são constituídos de um número significativo de recursos de manufatura que devem ser controlados mediante variações de demanda e de roteiro de fabricação com o objetivo de atender à demanda com índices de uso desses recursos adequados a partir de perdas mínimas dentro do padrão de desempenho aceito pelo mercado.

Contudo, há casos em que o controle e execução dos sistemas de produção requerem o uso de sofisticadas ferramentas computacionais que possam auxiliar no acompanhamento dos processos de fabricação de modo integrado de acordo com os roteiros de fabricação a serem executados e conseqüentemente a interdependência entre as atividades.

O problema de pesquisa do presente trabalho é avaliar o quanto se faz necessário automatizar o processo de controle e execução das operações na fábrica de ambientes complexos a fim de manter o nível de utilização dos recursos dentro do padrão de competitividade desejado, sem perder a referência do investimento necessário e a mensuração do retorno desse investimento.

## **1.2 Metodologia**

A proposta de investigação do presente projeto, baseada na pesquisa exploratória a ser realizada visa buscar, relacionar, analisar e comparar com a literatura o modelo de integração adotado, de modo a quantificar o ganho gerado a partir do uso da tecnologia da informação no processo gerencial e operacional de uma empresa do setor eletro eletrônico com infraestrutura organizacional verticalizada.

Desse modo, a pesquisa exploratória compreende, de acordo com o problema de pesquisa:

- 1) Pesquisa de campo com o propósito de mapear todos os processos de fabricação da empresa objeto do estudo identificando os aplicativos computacionais aplicados com as respectivas funcionalidades e o sistema de controle e planejamento adotado na fábrica, assim como a atuação dos aplicativos utilizados como elemento de integração e de controle no contexto de um sistema gerencial;
- 2) Desenhar o modelo do sistema gerencial da fábrica a partir do item 1 de modo a desenhar o fluxo de informações e de materiais da fábrica relacionando com o desempenho global do negócio e as principais limitações, se houver, quanto a resposta às solicitações do mercado consumidor e ao desempenho da operação desejado pelo gestor;
- 3) A partir do modelo de gestão da fábrica conhecido e compreendido com os resultados de desempenho relacionados por processo e do negócio, comparar com os modelos propostos na literatura a fim de avaliar a influência do uso da tecnologia da informação nos diferentes níveis de planejamento de indústrias com sistemas produtivos complexos e demonstrar as falhas mais usuais na concepção desses modelos e o nível de influência da TI;

- 4) A partir do modelo adotado pela empresa e dos modelos tratados na literatura atual delinear um procedimento de elaboração ou concepção de um sistema de gestão das operações de um sistema de produção complexo a partir das ponderações encontradas na literatura e das constatações a serem diagnosticadas na pesquisa de campo a partir da empresa objeto do estudo.

Para a pesquisa exploratória foi realizado um processo de busca das informações a fim de identificar a atuação e a interface dos diferentes aplicativos utilizados pela empresa em diferentes áreas e a sua integração.

### **1.3 Questões da Pesquisa**

Implementar o Planejamento de Vendas e Operações (*Sales and Operations Planning – S&OP*) em uma empresa do setor metal mecânico com infraestrutura verticalizada requer o uso de um projeto de TI robusto?

Qual a relação do desempenho alcançado no atendimento à demanda de uma empresa com essa caracterização com o investimento realizado em TI?

### **1.4 Contextualização**

Atualmente há alguns paradigmas importantes que podem impactar o projeto e a operação de sistemas produtivos com estrutura horizontal dos processos, principalmente aqueles os quais dependem de vários parceiros com conhecimentos específicos de partes do produto, considerados em alguns casos como sendo fornecedores importantes do processo de fabricação.

Contudo, como a tendência de horizontalizar os processos de fabricação é comum, empresas terceirizam parte do processo de fabricação de componentes, conjuntos, subconjuntos e até a montagem do produto final em casos específicos, ou seja, trata-se de uma prática comum. A empresa estudada é o oposto das empresas desse cenário, sendo verticalizada praticamente em 100% dos seus processos e com competitividade e fluxo de produção adequado às necessidades do mercado quanto ao atendimento à demanda.

O que torna o sistema de produção de alta complexidade, sendo o maior desafio manter o processo de atendimento à demanda com alto padrão de desempenho, ou seja, garantir ao mercado produtos fabricados por um sistema de produção eficiente e eficaz.

#### **1.4.1 Justificativa**

A proposta dessa dissertação de estudar detalhadamente o projeto de tecnologia da informação da empresa objeto do estudo relacionando os aplicativos utilizados em diferentes frentes do fluxo de informação na manufatura, com ênfase na programação da produção, a fim de mensurar o quanto esse investimento faz diferença na manutenção da sua competitividade e conseqüentemente no desempenho dos seus processos na operação, de modo a garantir um excelente nível de integração entre os processos.

Contudo, essa proposta permitiu a construção do cenário de uma empresa com manufatura verticalizada com elevado investimento em TI com o propósito de manter um fluxo de informações capaz de apoiar o controle da fábrica.

Desse modo, a justificativa do presente trabalho se dá quanto a possibilidade de se realizar uma análise detalhada do processo de atendimento à demanda do estudo de caso com o objetivo de avaliar a relação custo benefício dos investimentos realizados em TI capaz de manter os níveis de estoque em um nível que não onere em demasia o capital investido no inventário de matérias primas e produtos acabados ao longo do processo de fabricação de acordo com AZZOLINI et al (2014).

Coube, portanto, ao longo do desenvolvimento do presente trabalho estudar em detalhe a infraestrutura organizacional verticalizada de uma empresa competitiva que do segmento metal mecânico que foge a regra de operação da maior parte das indústrias de manufatura, como no caso particular de um sistema de produção verticalizado, o que permitiu identificar os ganhos gerados a partir de uma programação efetiva do sistema de produção com o uso de *software* especialista em programação da produção nesse contexto, fazendo com que o presente trabalho possa contribuir com a literatura quanto à quebra de paradigma e desmistificação do uso de modelos de programação da produção sistematizados em ambientes complexos de fabricação. Deve ser destacado, no entanto, que pouco é explorado na literatura os aspectos mencionados cabendo a esse trabalho, de acordo com a proposta, disponibilizar para a comunidade acadêmica um primeiro *insight*, embora não amplo, mas capaz de desmistificar também o uso, embora com resultados relevantes, da tecnologia da informação na gestão industrial.

### 1.4.2 Objetivo Geral

Avaliar a concepção e implantação do projeto de TI de uma empresa do setor metal mecânico quanto ao resultado sobre o controle da execução das operações da manufatura em detrimento dos resultados alcançados do processo de atendimento à demanda.

A partir do objetivo geral foi possível identificar os aplicativos computacionais especialistas da empresa contemplados no projeto de tecnologia da informação e sua relação com a competitividade do negócio e o desempenho do sistema de produção, assim como a rede de integração da tecnologia da informação.

### 1.4.3 Objetivos Específicos

- 1) Mapear os processos de negócio da empresa objeto de estudo com ênfase à Gestão da manufatura;
- 2) Relacionar os processos de negócio da empresa com as diferentes ferramentas computacionais utilizadas no controle e execução das operações de manufatura;
- 3) Avaliar os resultados da análise dos itens 1 e 2 com os resultados operacionais da empresa no processo de atendimento à demanda quanto aos resultados alcançados, com base na literatura quanto a abordagem do impacto do uso da TI nos resultados da operação em empresas de classe mundial;
- 4) Estudar a lógica do modelo de programação da produção da empresa nas duas áreas em que o projeto foi realizado: montagem e ferramentaria;
- 5) Estudar os aplicativos de apoio na área de gestão de estoques (*kanban* eletrônico), apontamento e controle da produção e a interface do MRP com esses aplicativos;
- 6) Mensurar o desempenho anterior e posterior à implantação do *software* especialista em programação da produção *Preactor* e o ganho quanto à agilidade da movimentação de materiais ao longo do fluxo de produção, assim como o impacto nos níveis de estoque em processo.

## 1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho é dividido em quatro partes:

1. **Introdução** – expõe a importância dos fundamentos da gestão de operações desenvolvida na primeira metade do século passado e contextualiza o problema de pesquisa. Apresenta a metodologia, problemática, questões de pesquisa, justificativa, objetivo geral e objetivos específicos do trabalho.
2. **Capítulo 2** – revisão bibliográfica enfatizando o processo de evolução da gestão de operações, a complexidade dos sistemas, gestão de materiais e programação da produção e metodologia de avaliação do nível de integração dos processos de negócio das organizações.
3. **Capítulo 3** – estudo de caso caracterizando o sistema de produção da empresa e o desenvolvimento a partir da construção da inteligência de programação dos modelos desenvolvidos relacionados ao processo de integração dos processos de negócio da empresa, assim como dos resultados obtidos com a descrição das etapas de implantação.
4. **Considerações finais, conclusão e trabalhos futuros.**

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Evolução histórica

Com o propósito de identificar as primeiras iniciativas de sistematizar o planejamento e controle de produção, a partir de técnicas e conceitos desenvolvidos entre as décadas de 1900 e 1950, foi utilizado para esse trabalho basicamente, os *papers* de KREIS (1992), KIPPING (1999), BENDERS (2002) e EMILIANI (2011).

A identificação de técnicas e conceitos desenvolvidos no período citado tem como propósito avaliar o avanço dos conceitos e fundamentos do PCP até os dias atuais e a participação da TI neste processo em função do aumento da complexidade dos sistemas de produção e da evolução da tecnologia de processo e de produto. AZZOLINI (2012).

Segundo KIPPING (1999) a partir da administração científica idealizada por Frederick W. Taylor, final do século XVIII e início do século XIX, profissionais independentes passaram a prestar serviços de consultoria empresarial com base nos preceitos idealizados por Taylor.

Frank B. Gilbreth e sua esposa Lillian foram os pioneiros no estudo dos movimentos que serviu como consultoria para empresas na Alemanha e Grã-Bretanha, antes mesmo da primeira Guerra Mundial. Ainda segundo KIPPING (1999) a empresa de consultoria com maior expansão internacional nesse período foi criada pelo francês naturalizado americano, Charles Eugene Bedaux em Grand Rapids, Michigan, em 1916.

Dos empreendedores da administração científica que vieram após Frank Gilbreth, Harrington Emerson, Richard Feiss, e outros pioneiros, nenhum foi mais bem sucedido do que Charles Eugene Bedaux (1886-1944). De acordo com o *paper* de Kipping, John E. Fleming, filho de Norman Fleming, que em 1927 se tornou o primeiro britânico a trabalhar na Consultoria *Bedaux* e em 1939 tornou-se seu diretor, John E. Fleming disponibilizou sua extensa coleção de documentos pessoais à disposição de Kipping o que viabilizou a sua pesquisa.

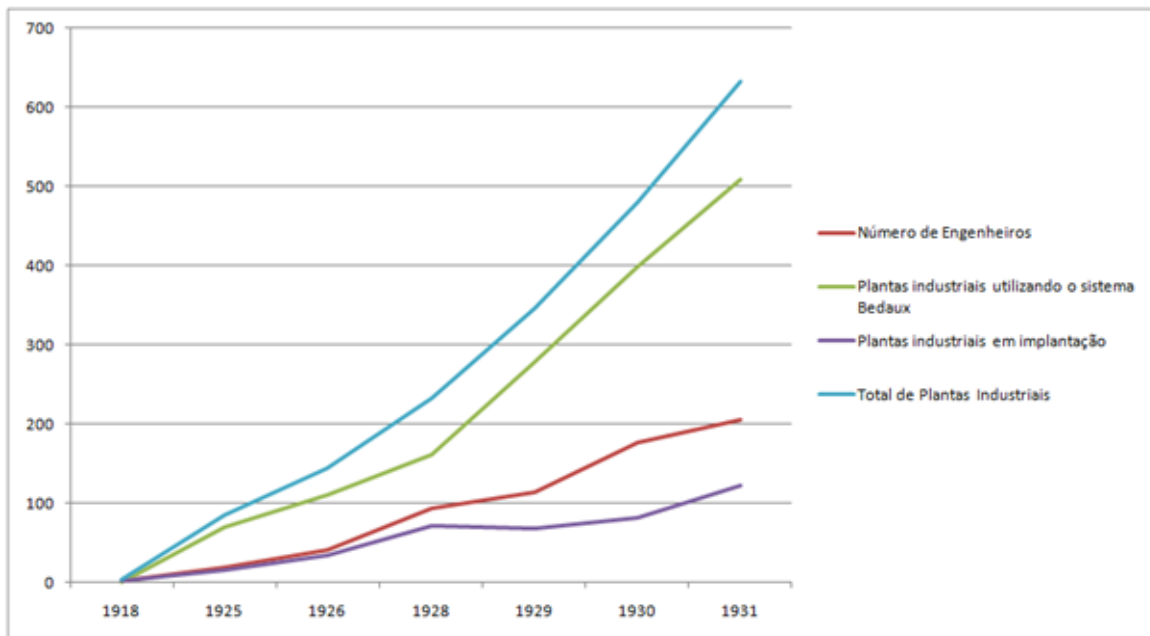
KREIS (1992) também menciona a doação de Norman Fleming de uma coleção de documentos para a Universidade de Reading, que incluiu duas versões de um manuscrito inédito na história da *Associated Industrial Consultants* (AIC), que posteriormente passou a se chamar *Inbucon*.



Esses documentos representam uma das principais fontes de informação sobre o sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control* desenvolvido neste período por R. J. Gigli e citado inicialmente por Burbidge em torno de 1958.

A consultoria *Bedaux*, já com o nome *Associated Industrial Consultants* (AIC) teve forte participação no desenvolvimento de manuais de controle de materiais, fluxo de produção e planejamento e controle no período mencionado e a sua contribuição se deve a experiência adquirida a partir da expansão de suas atividades entre 1918 e 1931, que segundo KREIS (1992), foi extraordinária de acordo com Figura 2.1.

Figura 2.1 – Expansão da consultoria *Bedaux* entre 1918 e 1931. Fonte: KREIS (1992).



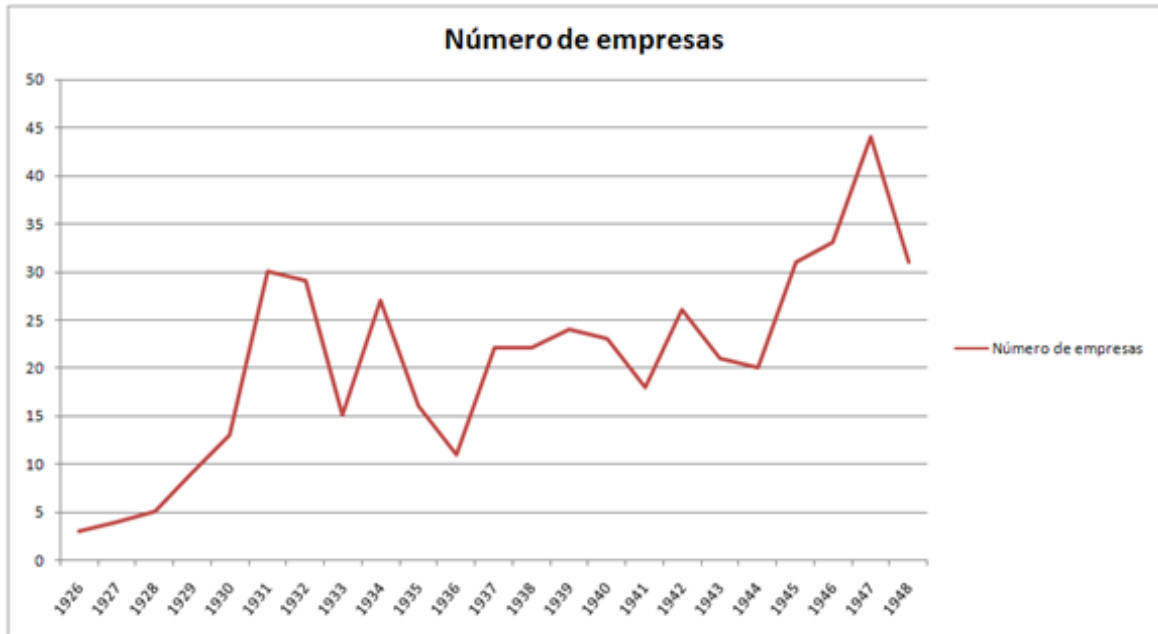
Embora a expansão da consultoria *Bedaux*, a princípio, segundo os autores KREIS (1992) e KIPPING (1999), tenha sido motivada pelo uso do Sistema *Bedaux* (desenvolvido por Bedaux com ênfase na eficiência e nos princípios da administração científica), de acordo com a Figura 2.2, há indícios de outras contribuições envolvendo os consultores da *Bedaux* em uma grande parte dos seus clientes.

Contudo, outros métodos não tão divulgados devem ter sido desenvolvidos por seus consultores nesse período como mencionado.

A partir da pesquisa de KREIS (1992) é possível quantificar a ampliação da consultoria *Bedaux*, *Associated Industrial Consultants* (AIC), com um volume de negócios anual que quase triplicou entre os anos de 1939 a 1945, passando de £133,700 em 1939/40 para £342,400 em 1944/45 e a quantidade de novos projetos que aumentou de 35 em 1939 para 72 em 1945.

Durante o mesmo período, o número de consultores também mais que dobrou de 50 para mais de 100. A maior demanda foi em grande parte devido à necessidade de um aumento rápido da produção.

Figura 2.2 – Número de empresas Britânicas usando o sistema *Bedaux* entre os anos 1926 – 1948. Fonte: KREIS (1992).



Nesse contexto, a tendência dos sistemas de produção, em condições específicas do *mix* de produto e de processo de se tornarem repetitivos e semi repetitivos passa a ser uma realidade cada vez mais crescente ao longo das décadas do século XIX em segmentos específicos da indústria de manufatura, principalmente do setor automotivo, a partir de algumas iniciativas de diversos profissionais da área com o objetivo de resolver o problema, é o caso do sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control* desenvolvido por R. J. Gigli e do Sistema Toyota de Produção desenvolvido por Kiichiro Toyoda.

A Tabela 2.1 fornece resumidamente as principais contribuições à gestão de operações neste período, envolvendo conceitos e fundamentação teórica do planejamento e controle da produção.

BENDERS (2002) dá ênfase à importância dos profissionais da área de gestão de operações de manterem a atenção às técnicas e as soluções dadas no ambiente industrial desse período (1900 – 1950) para não correrem o risco de direcionar esforços à solução de problemas que já foram corrigidos no passado e que pode gerar no presente o resultado esperado na manufatura.

Tabela 2.1 – Síntese das contribuições em ordem cronológica para a gestão da produção entre 1832 e 1961. Fonte: BENDERS (2002).

Autor	Período	Referência Bibliográfica	Contribuição
Charles Babbage (1792-1871) Professor de matemática de Cambridge	1832	Riziebos, J.	A repetição constante da execução do mesmo processo, necessariamente, induz o operário a produzir com certo grau de excelência e rapidez em seu departamento em particular, o que não é possível por uma pessoa que é obrigada a executar muitos processos diferentes.
	1843	Hyman, Anthony	Desenvolveu uma máquina de “computar números”, controlada por cartões. O objetivo foi o de programar uma máquina como, por exemplo, um tear para produzir padrões de cores diferentes. Fez uso do projeto de tear de Joseph Marie Jacquard (1752 – 1834) inventado em 1801, um tear mecânico com uma leitora automática de cartões. Uma forma de representar padrões em cartões de papel perfurado.
Karol Adamiecki	1896	Marsh, E. R.	<i>The Harmonogram of Karol Adamiecki.</i>
Frederick W. Taylor	1903	Riziebos, J.	O trabalho de Taylor (1903) sobre a gestão da produção foi um próximo passo para o desenvolvimento de sistemas de planejamento da produção. Enfatiza o Plano de Produção.
Frank G. Woollard	1904	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Introdução de um fluxo de produção em linha para a montagem de componentes.
Ford W. Harris	1913	Riziebos, J.	Foi o primeiro a publicar um documento sobre a questão de um trabalhador especializado em um processo deve manter um rendimento maior do que um trabalhador obrigado a atuar em vários trabalhos ou processos diferentes.
Henry Ford	1913	Womack, J. Jones, D.T. Roos, D.	Sistematização do fluxo de produção (linhas de montagem).
Frank G. Woollard	1914	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Adequação do fluxo de produção da indústria automotiva britânica.
Henry Gantt	1918	Riziebos, J.	Desenvolveu o planejamento detalhado e acompanhamento do progresso da produção a partir do uso de gráficos de controle específicos.
W. E. Camp	1922	Riziebos, J.	Fórmula do lote econômico.
Frank G. Woollard	1923	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Os 18 princípios do fluxo de produção. O livro publicado por Frank G. Woollard em 1954 sobre os 18 princípios foi reeditado em 2009 pela Central Connecticut State University.
Frank G. Woollard	1923	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Desenvolvimento e implementação de equipamentos de movimentação de materiais mecânicos, conhecidos como máquinas de transferência automática.
Frank G. Woollard	1925	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Princípios da manufatura em Massa e do Fluxo de Produção, montadora britânica Morris Motors.
Frank G. Woollard	1925	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Fluxo de produção em pequena escala (em comparação com o de Ford) resultou em custos que eram quase tão baixos quanto ao que poderia ser alcançado através da produção em massa em grande escala.
R. J. Gigli	1930	Benders, J.	Sistema de Coordenação de ordens de produção – <i>Period Batch Control.</i>
Kiichiro Toyoda	1937	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Fluxo de produção em pequena escala (em comparação com o de Ford) resultou em custos que eram quase tão baixos quanto ao que poderia ser alcançado através da produção em massa em grande escala.
Booz Allen e Arthur D. Little	1950	Kreis, S. Kipping, M	Introdução de sistemas de controle de fabricação. Arthur D. Little, tornou-se conhecido por sua expertise em pesquisa operacional.
Taiichi Ohno	1955	Emiliani, M. L. Seymou, P. J.	Sistema Toyota de Produção.
Lockheed Corporation e a empresa de consultoria Allen Booz & Hamilton	1958	Riziebos, J.	Técnica de programação em rede – PERT – <i>Program Evaluation and Review Technique.</i> (**)
Morgan Walker and James Kelly	1959	Riziebos, J.	CPM – <i>Critical Path Method.</i> (**)
John L. Burbidge (UK)	1961	Towill, D. R.	Liderou o caminho na exploração da redução do tempo de ciclo, sincronização das ordens de produção em toda a cadeia, simplificou as estruturas dos produtos e os fluxos dos componentes simplificados.
Jay Forrester (USA)	1961	Towill, D. R. Riziebos, J.	No cenário da cadeia de suprimentos, Forrester expôs a importância da estrutura do sistema em relacionar e integrar o fluxo de informações com o fluxo de materiais. Resultado do estudo desenvolvido de sistemas dinâmicos variando com o tempo.

(\*\*) RIZIEBOS (2001) define o marco dessa teoria com a aplicação no chão de fábrica envolvendo o fluxo do processo de fabricação em situações práticas no sistema de produção (por exemplo, Johnson, 1954, Muth e Thompson, 1963, e Conway, Maxwell, & Miller, 1967). A técnica PERT – *Program Evaluation and Review Technique* foi desenvolvida para o escritório de projetos especiais (*Special Projects Office*) da Marinha americana (U.S. Navy) e o método CPM – *Critical Path Method* desenvolvido para a *Du Pont*.

O autor se refere ao fato de que o uso eficiente da TI requer que as definições dos parâmetros e critérios relacionados no projeto e operação de um sistema de produção devem ser consistentes com o tipo de produto e de processo envolvidos, caso contrário os resultados operacionais podem ser demasiadamente fracos. O objetivo aqui é apresentar resumidamente algumas das principais soluções desenvolvidas no período entre as décadas de 1900 e 1950 envolvendo a gestão de operações.

Entre as contribuições cabe destacar os 18 princípios propostos por Woollard em 1923, descritos na Tabela 2.2. Muito similar aos conceitos de fluxo contínuo aplicados atualmente.

Tabela 2.2 – Princípios de fluxo de produção. Fonte: Emiliani, M. L. and Seymou, P. J. (2011).

<b>Princípios de Frank G. Woollard de Fluxo de Produção</b>	
1. A produção em massa exige consumo em massa. b) produção de fluxo requer a continuidade da demanda.	10. Operações devem ser baseadas no estudo de movimento e tempo.
2. Os produtos do sistema devem ser especializados.	11. Precisão de trabalho deve ser rigorosamente mantida.
3. Os produtos do sistema devem ser normalizados.	12. O planejamento de longo prazo, baseado no conhecimento preciso, é essencial.
4. Os produtos do sistema devem ser simplificados em geral e em detalhe.	13. A manutenção deve ser feita por antecipação - nunca por omissão.
5. Toda a fonte de material deve estar em conformidade com a especificação.	14. Toda ajuda mecânica deve ser adotada para o homem e a máquina.
6. Todos os fornecimentos deverão ser entregues com calendário rigoroso.	15. Toda atividade deve ser estudada para a minimização de esforços e custo.
7. As máquinas devem ser constantemente alimentadas com material de qualidade.	16. Informações sobre custos devem ser prontamente disponíveis.
8. Treinamento deve ser progressivo e contínuo.	17. Máquinas devem ser concebidas para satisfazer as tarefas que desempenham.
9. Um ciclo de tempo deve ser definido e mantido.	18. O sistema de produção deve beneficiar a todos - consumidores, trabalhadores e proprietários.

Entre os sistemas de coordenação de ordens de produção desenvolvidos nesse período os principais são o *kanban* e o *Period Batch Control* que Maccarthy, B. L. e Fernandes, F. C. F. (2000), a partir da frequência de produção de um determinado produto (conceito de repetição) em um determinado sistema de produção, estruturaram uma divisão clara quanto à aplicação dos principais sistemas de coordenação de ordens de produção.

Segundo Maccarthy, B. L. e Fernandes, F. C. F. (2000) o sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* é adequado para células com padrão de fluxo *Flow Shop* e com perfil de demanda repetitivo de acordo com a Figura 2.3, diferente do caso de sistemas de produção com um perfil de demanda semirrepetitivo em que o PBC – *Period Batch Control* e o OPT – *Otimized Production Technology* (desenvolvido na década de 1970) são os sistemas de coordenação de ordens de produção mais adequados.

Figura 2.3 – Sistema de Planejamento e Controle da Produção versus nível de repetição dos sistemas de produção. Fonte: Maccarthy, B. L.; Fernandes, F. C. F. (2000).

<b>NÍVEL DE REPETIÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO</b>		
Produção em massa	Repetitivo	Semi repetitivo
kanban	Kanban ou PBC	PBC ou OPT

O nível de repetição do sistema produtivo representa um parâmetro importante para a definição do sistema de coordenação de ordens do sistema de produção.

Segundo Fernandes et al (2010) um produto é considerado repetitivo quando o numero de vezes em que é fabricado em um determinado período, por exemplo, 1 mês de produção é em torno de 5% do numero total de ordens de produção produzidas, ou seja, se dentro do mês a fábrica executa em torno de 100 ordens de produção 5 das ordens são do referido produto, sendo esse numero mantido ao longo dos meses seguintes.

Para um sistema de produção ser considerado repetitivo, segundo Fernandes et al (2010) em torno de 75% dos produtos produzidos pelo sistema devem ter frequência de produção similar a condição padrão para considerar um produto repetitivo.

Há casos, no entanto, como definido na Figura 2.3 que a empresa pode adotar mais de um sistema de coordenação de ordens de produção ao mesmo tempo, no caso de sistemas repetitivos é comum o uso dos sistemas de coordenação de ordens de produção, *kanban* e MRP, sendo considerado um sistema híbrido em que mais de um sistema é utilizado no planejamento e controle das ordens de produção. Como é o caso da empresa objeto de estudo desse trabalho.

## 2.2. Fluxo de Materiais

BENDERS (2002) enfatiza a relevância dos trabalhos desenvolvidos durante a metade do século XIX com foco nos problemas do fluxo de materiais e de produção do século XXI e TOWILL (1997) sugere que muitos dos problemas encontrados nas operações da cadeia de suprimentos podem ser pelo menos parcialmente resolvidos através da implementação das ideias que foram bem documentadas a cerca de trinta anos atrás por profissionais da área de gestão da produção e operações e destaca a importância das metodologias desenvolvidas na década de 1960 por FORRESTER (1961) e BURBIDGE (1961).

TOWILL (1997) destaca ainda que as metodologias desenvolvidas por Forrester e Burbidge, embora a princípio com abordagens um pouco diferentes, são muito próximas a partir de duas particularidades:

1. Cobre um amplo espectro de atividades frequentes da operação; e
2. Cobre aspectos estratégicos, táticos e operacionais do projeto da cadeia de suprimentos.

Na visão de TOWILL (1997) ambos os autores publicaram um conjunto de princípios para a concepção de sistemas gerenciais que podem ser reunidos em uma metodologia de engenharia.

TOWILL (1997) destaca que se considerarmos o fio condutor do controle, como muitas vezes pensado para ser mais aplicável a uma produção com fluxo em linha, ou seja, economia de escala esse tipo de controle pode ser considerado como um procedimento igualmente aplicável em produção de lote unitário, tendo como consequência a economia de investimentos em inventário de matéria prima, em processo e de produto acabado. Trata-se, no entanto, de forte similaridade com os princípios do sistema Toyota de Produção.

Para TOWILL (1997) Jack L. Burbidge sempre teve o cuidado de salientar que o conceito de sistema de controle de estoque que opera com determinada frequência de reordenação de ordens, desenvolvido no século passado, não se aplica as condições operacionais atuais onde o *mix* de produtos cresceu drasticamente, em alguns casos exponencialmente, diferentemente da lógica do *Period Batch Control*, que embora não se trata de um sistema de controle de estoque e sim de um sistema de coordenação de ordens de produção permite um melhor alinhamento das ordens liberadas em bloco com a necessidade de suprimentos a partir do uso de uma ferramenta de planejamento de materiais dando suporte.

A diferença é que no caso do primeiro cada componente é considerado dentro da estrutura de um produto acabado separadamente dos demais. Consequentemente causa uma grande variação caracterizando o fluxo como sendo de vários ciclos e de várias fases levando a inventários altamente flutuantes na utilização da planta.

A Figura 2.4 de BURBIDGE (1961) ilustra o exemplo de um sistema monofásico e monociclo (Parte A) e um sistema multifase e multiciclo (Parte B). O resultado impacta na uniformidade ou não do ciclo de estoque de acordo com a Figura 2.5 de BURBIDGE (1961).

Na década de 1960 Jack L. Burbidge já argumentava que os sistemas de controle de estoque existentes muitas vezes levam à crença equivocada de que o primeiro passo na melhoria de atendimento à demanda é aumentar os níveis de estoque.

É nesse ponto que TOWILL (1997) ressalta a nova mentalidade que considera a necessidade de ver as operações *Just in Time* no estilo japonês como uma manifestação da redução do *lead time* em conjunto com a aplicação de sistemas de controle de produção mais simples desenvolvidos após a segunda guerra mundial e sistematizados a partir da década de 1950.

A contribuição de Jay Forrester, segundo TOWILL (1997), foi mostrar através de simulações a necessidade de se desenvolver sistemas especialistas concebidos com o propósito de manter os benefícios aparentes esperados em ambientes de pouca estabilidade ou momentos em que a estabilidade for reduzida, o que requer extremo cuidado em se manter a aderência do sistema de acordo com a dinâmica do ambiente no qual o sistema de manufatura está inserido sem perder a simplicidade, e enfatiza que só o fato de manter os atrasos do fluxo de materiais, do fluxo de informações e do fluxo de caixa para um mínimo possível já representa ganhos de desempenho para todo o sistema.

Figura 2.4 – Caracterização de sistemas monofásico, monociclo e sistemas multi fase e multi ciclo. Fonte: BURBIDGE (1961)

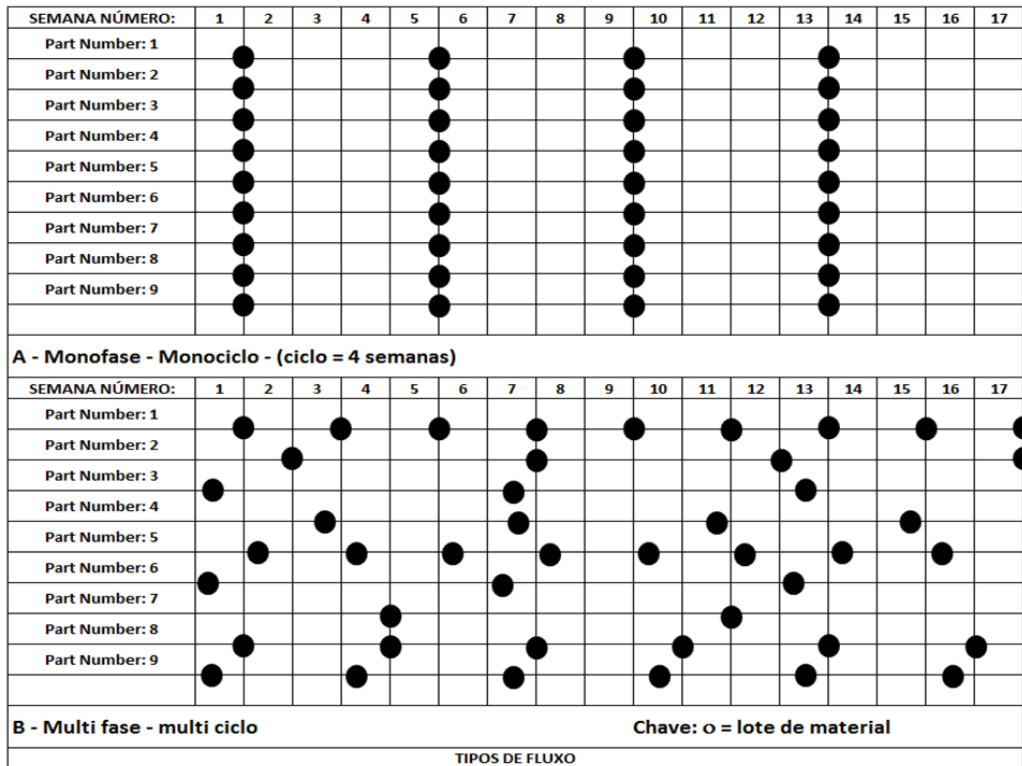
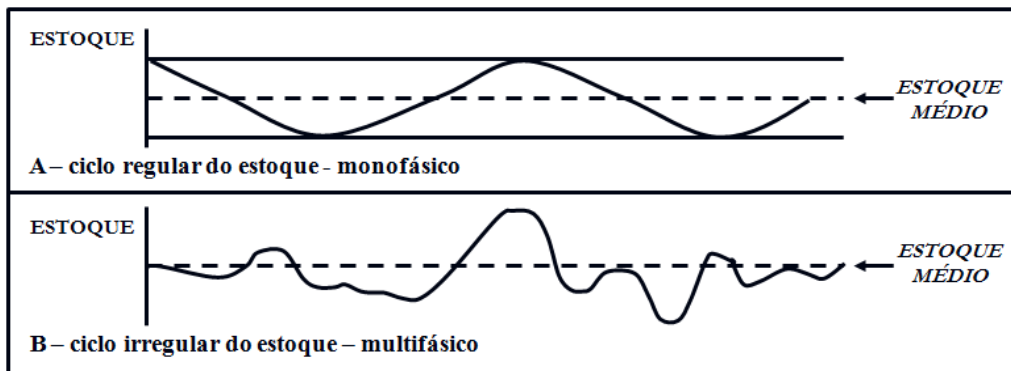


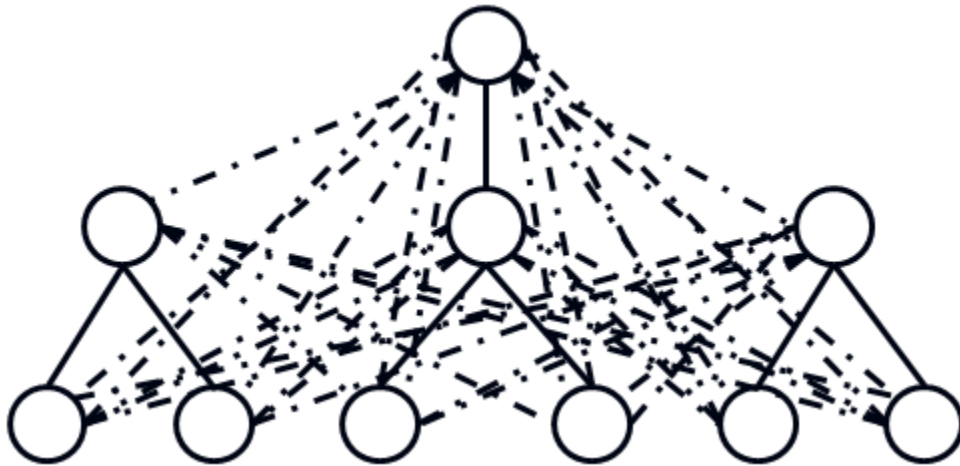
Figura 2.5 – Efeito da fase sobre o ciclo total de estoque. Fonte: BURBIDGE (1961)



Com o propósito de estudar esses sistemas TOWILL (1997) destaca o trabalho de GARDNER, M., and ASHBY, W. (1970) que reproduzem a partir de um modelo de simulação simples a relação causal entre o número de variáveis de um sistema com a porcentagem de todos os *links* possíveis de serem realizados em uma *network*, e com a probabilidade de estabilidade de resposta do sistema. A Figura 2.6 ilustra os prováveis *links* entre os elos de uma cadeia de suprimentos, sendo a linha cheia os *links* firmados e as linhas tracejadas os prováveis *links* que podem vir a existir.



Figura 2.6 – Links possíveis entre os elos. Fonte: TOWILL (1997).



Contudo, segundo TOWILL (1997), Jay Forrester destacou o papel fundamental da retroalimentação desses sistemas enfatizando a dinâmica dos sistemas a partir de dois fenômenos:

- (A) Amplificação da demanda (o fenômeno normalmente referenciado como um problema da cadeia de suprimentos);
- (B) O desencadeamento de demandas sazonais atípicas (fenômeno igualmente importante a ser projetado para fora da cadeia de suprimentos).

TOWILL (1997) afirma que a amplificação da demanda ao longo da cadeia considerada razoável na literatura é em torno de 10:1. Embora possa ser artificialmente elevado, na prática, uma proporção de 2:1 em cada interface do negócio é comum. A Figura 2.7 ilustra o problema de amplificação da demanda.

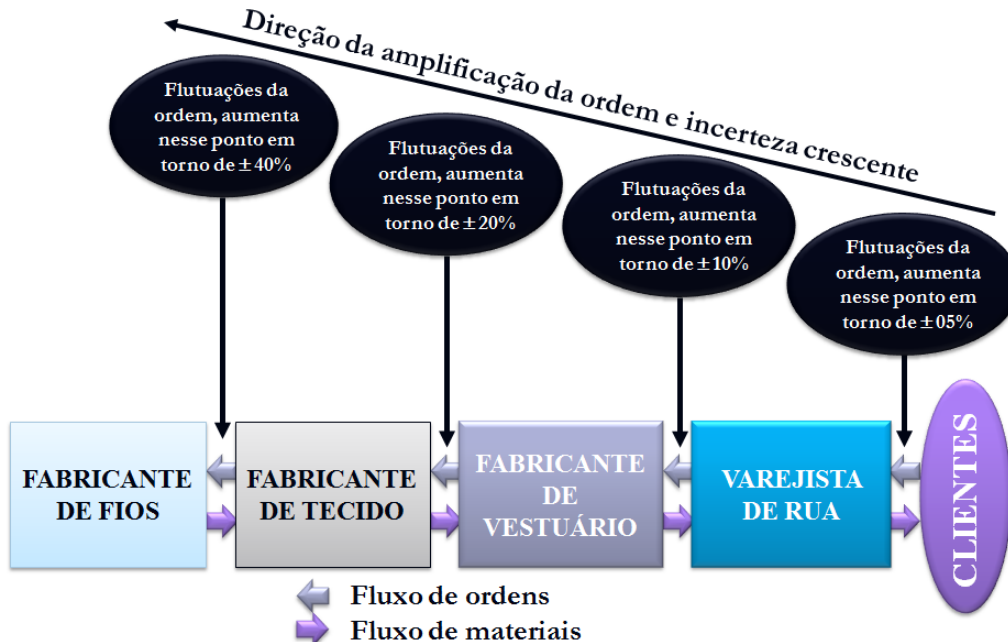
TOWILL (1997) também destaca nesse cenário que provavelmente nesses casos o varejo retém os dados que caracterizam uma eventual redução da demanda e acabam por não transmitir a informação à montante da cadeia de suprimentos sobre a percepção das oscilações de vendas em um determinado horizonte de tempo, e que depois acaba por enviar uma ordem de compra a mais ou a menos do esperado por parte dos fornecedores de forma descontinuada.

Contudo, de acordo com a caracterização do problema através da abordagem de Burbidge, casos similares resultam em algum momento em falta de produto para atender à demanda e outros momentos o excesso de estoque assume o descompasso entre o volume realmente vendido ou de possível realização de venda e o nível real dos estoques. A abordagem de Burbidge é similar à abordagem de Forrester nesse caso.

O problema de amplificação de demanda e conseqüentemente de logística de produção quanto ao fluxo de materiais nas unidades de manufatura quando integrado aos elos da cadeia é abordado na literatura por vários autores e mencionado por TOWILL (1997). Os Princípios do controle do fluxo de materiais publicado por BURBIDGE (1961) e redefinido por BURBIDGE (1984) refletem os mesmos problemas de controle de inventário nas indústrias de manufatura que ocorrem às décadas sem uma solução em definitivo do problema da incerteza e da capacidade de resposta da manufatura.

O presente trabalho busca abordar o impacto dos investimentos em TI na busca da minimização do problema de descontrole no fluxo de produção que causa entre outros problemas operacionais o efeito da amplificação da demanda com ênfase desde o controle no chão de fábrica pontualmente nos processos produtivos, passando pelos diferentes níveis gerenciais das indústrias quanto ao fluxo de informações e o modelo de gestão da fábrica apoiado no projeto da Tecnologia da Informação para ambientes complexos, como é o caso da empresa objeto do estudo de caso do presente trabalho.

Figura 2.7 – Estrutura básica da tradicional cadeia de abastecimento de vestuário (com base na descrição. Fonte: TOWILL (1997) *apud* STALK e HOUT, 1990).



O presente trabalho apresenta uma análise crítica e detalhada dos investimentos em TI da empresa a partir da comparação dos resultados operacionais obtidos pela empresa com o escopo e complexidade do seu projeto de TI que visa uma maior integração entre o nível operacional no chão de fábrica e a cúpula da empresa responsável pela gestão do negócio.

A fim de fundamentar teoricamente a análise proposta o presente trabalho se apoia principalmente no trabalho de TOWILL (1997) que descreve com propriedade a abordagem proposta inicialmente Burbidge, o qual propôs cinco regras:

**REGRA 1:** Somente produzir os produtos que a fábrica pode rapidamente faturar.

**REGRA 2:** Somente produzir em um determinado período os componentes necessários para a montagem do período seguindo de acordo com o tempo de resposta dos processos anteriores em função do cronograma de montagem.

**REGRA 3:** Minimizar o tempo de produção dos materiais.

**REGRA 4:** Reduzir ao mínimo possível o período de tempo de planejamento, ou seja, a menor quantidade de produtos a serem fabricados que pode ser gerenciada de forma eficiente e controlada.

**REGRA 5:** Somente receber entregas de fornecedores em pequenos lotes na quantidade e no tempo em que for necessário para a montagem.

Conforme mencionado por TOWILL (1997) Burbidge em seu *paper* de 1984 adéqua as regras na forma de seis “**Leis dos Sistemas de manufatura**”:

1. A Lei de **Gestalt** – o todo não é a soma de suas partes “e que” um conjunto de soluções não ótimas nunca pode produzir uma verdadeira solução ideal;
2. A Lei do Fluxo de Materiais;
3. A Lei do conhecimento prévio do futuro (Gestão da Demanda);
4. A Lei da dinâmica industrial;
5. A Lei do Ciclo de Ordenação;
6. A Lei dos *links* existentes (*connectance*).

A Tabela 2.3 descreve cada uma das Leis quanto à definição e abordagem aplicada. De acordo com RIZIEBOS (2001) a ampliação da demanda após a segunda guerra mundial nos países industrializados acabou por destacar a importância da sequência das operações, que passou a ser considerada como estratégia de manufatura, de modo a se mostrar ao longo do tempo relevante para a otimização dos recursos de manufatura e abordada em um número expressivo de *paper* com maior frequência nas últimas décadas. RIZIEBOS (2001) afirma também que os autores puderam observar que a resposta de uma parte do sistema de produção para certa mudança do modo de executar a produção, geralmente para maiores volumes de produtos para o atendimento à demanda, acaba por razoavelmente justificar a necessidade da programação efetiva da produção pela magnitude do volume diversificado de produtos a ser produzido nos dias atuais.

Segundo GARDNER, M., *and* ASHBY, W. (1970) as variações de demanda, detectadas já no período pós-guerra, passaram a ocorrer a partir do aumento do *mix* dos produtos oferecidos ao mercado sendo amplificadas a partir da ordenação das novas ordens de produção de diferentes produtos em fases sucessivas da cadeia de abastecimento de distintos tipos de indústria. Riziebos (2001) ressalta que as principais causas para a mudança de comportamento da demanda imposta aos sistemas de produção foram detectadas em alguns casos pontuais como:

- (1) **Capilaridade do sistema de distribuição:** o comprimento dos dutos e, portanto, a extensão do atraso no sistema de manufatura e no *feedback* da informação;
- (2) **Níveis de estoque:** problema de controle e dimensionamento do inventário com incorretas políticas de estoques que muitas vezes foram utilizadas de modo equivocado, tal como uma tendência para o aumento da quantidade de itens como estoque de segurança e se há a projeção incorreta do aumento da demanda;
- (3) **Modelos estatísticos não adequados:** uso de técnicas ou modelos estatísticos de projeção de demanda imprecisos a fim de prever os padrões de demanda histórica, que não se confirmam no futuro próximo.

TOWILL (1997) cita a importância do sistema de coordenação de ordens de produção, *Period Batch Control*, pesquisado por Burbidge e criado por R. J. Gigli na abordagem do problema de fluxo de materiais, descrito por se tratar de um método de ciclo único ou monociclo de controle da produção, que pode operar eficientemente com altas taxas de rotatividade de estoque e que pode ser aplicado a todas as formas de produção unitária ou por lote sendo possível operar com um ciclo de planejamento de no máximo uma semana, na realidade o uso do modelo de programação da produção na empresa objeto de estudo em outro formato acaba tendo o mesmo propósito de operação. O programa de ordenação proposto a partir do *Period Batch Control* permite ordenar um período para cada estágio ou processo no fluxo de materiais.

BURBIDGE *and* HALSALL (1994) mencionam a possibilidade de reduções do *lead time* da ordem de 5:1 e reduções de estoque de 2 a 5:1. Segundo TOWILL (1997) o *Period Batch Control* é um sistema *just-in-time*, projetado para a montagem de produtos quando eles são necessários para atender pedidos dos clientes, para fazer peças quando elas são necessárias para a montagem, e aceitar a entrega de peças e materiais comprados somente quando eles são necessários para processamento posterior.

TOWILL (1997) lembra que Burbidge tornou público o PBC em 1961 e Jay Forrester previu sistemas sociais complexos, que muitas vezes respondem na direção errada, por si só causando um atraso de mais tempo e confusão ainda maior. A Tabela 2.3 mostra os princípios (Lei) Burbidge.

Tabela 2.3 – As seis leis de Burbidge. Fonte: TOWILL, 1997.

<b>Princípio (Lei)</b>	<b>Definição</b>	<b>Abordagem</b>
1. Lei de Gestalt	O todo não é a soma de suas partes e, por extensão um conjunto de soluções sub ótimas pode não produzir uma verdadeira solução ideal.	A abordagem holística exige que todos os estágios do projeto do sistema devem ser multidisciplinares e começar com o planejamento corporativo seguido por um sistema completo do fluxo de materiais que deve cobrir compras, manufatura e distribuição.
2. Lei do fluxo de materiais	A eficiência de um sistema de manufatura é inversamente proporcional à complexidade de seu sistema de fluxo de materiais.	Devemos projetar sistemas de fluxo simples de materiais baseado em organização de produtos e então restringir a liberdade de escolha de planejamento de produção para manter este sistema simples.
3. Lei do conhecimento prévio do futuro (Previsão)	Não é dada aos seres humanos a habilidade de prever o futuro.	A maioria dos sistemas de manufatura ignora esta lei baseando a produção em previsões do longo prazo de vendas futuras. Devemos regular o fluxo de materiais através de uma série de programas de curto prazo que são mais propensos a cobrir as necessidades reais e atuais.
4. Lei da dinâmica industrial	Se a demanda por bens é transmitida ao longo de uma série de inventários usando controle de estoque (ou seja, ponto de reposição) ordenação, então a amplitude da variação da demanda irá aumentar a cada transferência.	Se o projeto do sistema é tal que não há qualquer maneira possível que a demanda pode amplificar então esse efeito, deve inevitavelmente, ser desencadeado durante as operações normais.
5. Lei do ciclo de ordenação	Se os vários componentes produzidos na fábrica são ordenados e fabricados com diferentes tempos de ciclo, eles vão gerar alta amplitude e variações imprevisíveis tanto no estoque quanto na carga de trabalho.	Muitas fábricas ainda usam sistemas de ordenação desatualizados de multi-ciclo com base na teoria do lote econômico. Estes devem ser substituídos por sistemas sincronizados PBC.
6. Lei dos <i>links</i> existentes ( <i>connectance</i> )	Qualquer mudança no valor de qualquer variável do sistema de manufatura vai induzir ou ser induzida de alguma forma pelo menos por outra variável do sistema.	As empresas precisam monitorar, codificar, registrar, compreender e explorar essas relações.

Riziebos (2001) estuda uma variante específica do sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control*, de planejamento cíclico, é o sistema *Period Batch Control* monociclo. A essencial característica deste sistema, em especial, é a sua natureza de período cíclico, onde cada nova ordem de produção tem um prazo de execução idêntico. Riziebos (2001) explora o fato do sistema, fornecer um ponto central de coordenação do fluxo de materiais em um sistema celular e um sistema de linha de montagem sincroniza a transferência do trabalho em momentos fixos no tempo. Isso resulta em um processo intermitente, mas com previsível fluxo de materiais dentro da organização e um plano de produção transparente, similar ao processo de planejamento e programação da empresa objeto de estudo. De acordo com o autor o *Period Batch Ccontrol* é similar ao sistema *Kanban*, exceto que as ordens são acumuladas por um período antes de fazer substituições.

### 2.3. *Period Batch Control*

Historicamente, no caso do controle do fluxo de materiais, as técnicas e métodos aplicados com o propósito de auxiliarem na coordenação das ordens de produção e aquisição não se diferenciam significativamente das práticas aplicados no século XXI, o que realmente impacta de modo incisivo no planejamento dos materiais no mundo contemporâneo é o uso da TI como exposto nas publicações de BENDERS (2002) e BURBIDGE (1994).

O presente trabalho buscou relacionar os princípios inicialmente propostos por R. J. Gigli durante a segunda guerra mundial com o contexto atual da empresa objeto do estudo de caso.

#### 2.3.1 Contexto histórico do desenvolvimento do sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control*

A partir das publicações de BENDERS (2002) e BURBIDGE (1994), R. J. Gigli, o criador do *Period Batch Control* foi contratado pela *Associated Industrial Consultants* (AIC) em 1929 de acordo com o *paper* de Fleming de 1959, ano em que faleceu.

Segundo esses autores a primeira aplicação prática do *Period Batch Control* foi durante a fabricação dos aviões *Spitfires* na Inglaterra durante a segunda guerra mundial.

Com sérios problemas de fornecimento de uma das principais matérias primas, nesse período, década de 1940, o governo Britânico criou um ministério para tratar do assunto que contratou a *Associated Industrial Consultants* (AIC) para o desenvolvimento e execução de um projeto para solucionar o problema.

R. J. Gigli como diretor da *Associated Industrial Consultants* (AIC) assumiu o projeto e teve a oportunidade para aplicar o PBC junto com o consultor J. R. Thorpe, citado por BENDERS (2002).

BENDERS (2002) relata que havia um problema de prioridade de materiais envolvendo componentes estampados para a fabricação das aeronaves, produzidas em apenas oito prensas distribuídas no Reino Unido. Cerca de quarenta e oito fabricantes de aeronaves e cinco mil subcontratados ou terceiros eram os clientes dos quinhentos mil componentes estampados com aproximadamente quinze especificações.

Os componentes incluíam mais de quarenta e seis mil seções especiais, bem como barras padrão, variando apenas em especificação. Por medo de escassez no futuro, o *staff* dos fabricantes e dos subcontratados gerava ordens de aquisição com quantidades enormes, que os fornecedores não podiam atender.

De acordo com o *paper* de BENDERS (2002) o trabalho de R. J. Gigli na implantação do PBC envolveu as seguintes etapas:

1. A primeira etapa foi persuadir os fabricantes e os terceiros a declarar os estoques de material que já tinha e para preparar listas de componentes do plano mestre a partir de cada tipo de aeronave a ser fabricada, tipo de ação que a indústria não tinha precedentes de ter realizado;
2. A lista individual do plano mestre de componentes foi agrupada em uma única lista mostrando todos os componentes estampados em todas as indústrias relacionadas na cadeia;
3. O cálculo do volume das chapas a serem estampadas de acordo com as quantidades a serem consumidas de cada aeronave por mês;
4. Distribuição da quantidade total adquirida entre os fabricantes e terceiros.

Este trabalho foi considerado uma das maiores contribuições feitas pela *Associated Industrial Consultants* (AIC) quanto ao esforço de Guerra a partir de documentos consultados por BENDERS da *Inducon*. Quando as complicações surgiram devido à necessidade de reparar danos nos aviões em combate, uma correção diária do plano de materiais e de produção era realizada a partir de um redimensionamento adicional de acordo com a necessidade.

O *staff* do escritório trabalhou para desenvolver um procedimento predeterminado e o ciclo de abastecimento foi mantido com precisão todos os meses.

Enquanto isso, o Ministério da Aeronáutica encomendou prensas adicionais dos Estados Unidos e alocou as prensas para os sites de todo o país como uma garantia contra a limitação dos fornecedores do concorrente. Benders (2002) relata a tentativa de recuperar um exemplar do livro de R. J. Gigli de Controle de materiais publicado em 1947 referenciado na literatura consultada pelo autor, mas, apesar do esforço não conseguiu uma cópia e conclui que apenas um número limitado de cópias deve ter sido editado na época. Provavelmente, conclui Benders (2002) a edição deve ter sido realizada para uso interno dos consultores da *Associated Industrial Consultants* (AIC).

É importante ressaltar, também a partir de BENDERS (2002), que o *Period Batch Control*, bem como a manufatura celular, foi incluído na publicação da *Associated Industrial Consultants* (AIC) sobre *Layout* em 1963, e que faz parte da abordagem dos *papers* de Fleming.

### **2.3.2 Considerações de Benders e Riezebos a respeito dos princípios do sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control***

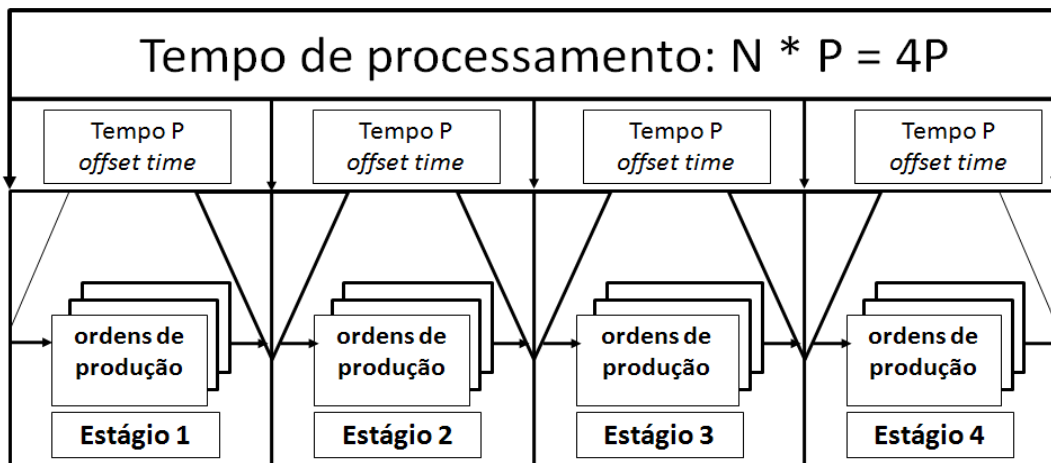
Benders, e Riezebos (2002) referem-se ao PBC – *Period Batch Control* como um sistema de coordenação de ordens de produção clássico e não como um conceito ultrapassado de planejamento da produção desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial. O *Period Batch Control* faz uso do princípio da explosão da lista de materiais dos produtos acabados. O PBC, segundo Benders e Riezebos, é um sistema de planejamento cíclico que opera com ciclos de produção de período fixo ou períodos com duração em que as peças solicitadas devem ser produzidas, esse período antecede outro em que o estágio seguinte será realizado sendo caracterizado como um sistema de fluxo programado.

Desta forma, o PBC coordena os vários estágios de transformação que são necessários para atender a demanda dos clientes por um determinado produto. A coordenação efetiva da cadeia de abastecimento nesse contexto torna possível evitar ou reduzir os estoques de desacoplamento entre os estágios ou outros tipos de ineficiências entre as etapas existentes nos processos de transformação.

A Figura 2.8 mostra o esquema básico de um sistema PBC com quatro estágios de acordo com Benders e Riezebos (2002).



Figura 2.8 – Esquema básico do PBC - Fonte: Benders e Riezebos (2002).



Benders e Riezebos (2002) afirmam ainda que o PBC é um sistema diferente dos outros sistemas de planejamento encontrados na literatura, no modo como realiza essa coordenação, e mais especificamente, nos três princípios que se aplica na configuração do sistema de planejamento PBC:

- (1) *Single cycle ordering* – é um sistema de ordenação de ciclo único – refere-se à frequência de liberação das ordens de produção: cada componente tem a mesma frequência de ordenação que o seu produto pai;
- (2) *Single phase* – monofásico – refere ao momento da liberação das ordens de produção: ordens de produção são liberadas para o sistema de produção ao mesmo tempo (definido como o início de um período);
- (3) *Single offset time* – refere ao *lead time* das ordens de produção (por estágio): toda ordem de produção liberada tem *lead time* idêntico.

A combinação dos princípios 2 e 3, leva a ordens de produção com liberação e datas devidas idênticas em cada ciclo. O tempo disponível para completar uma ordem de produção, *offset time*, é igual ao período de duração  $P$  de acordo com a Figura 2.9.

Para obter a quantidade necessária de um produto, muitas vezes, os processos de transformação estão envolvidos em uma sequência lógica a partir do seu roteiro de fabricação. Subconjuntos destes processos podem ser combinados em uma única ordem de produção para o mesmo estágio, de modo que estes processos são realizados durante o mesmo período. As atividades que podem ser realizadas em paralelo geram ordens de produção extra para o estágio. O PBC libera as ordens de produção por estágio. O tempo de processo de cada produto é igual, portanto, ao número de estágios sucessivos  $N$  vezes dentro do seu processo de transformação, o *offset time* que no caso é igual ao  $P$ .

O PBC tem como objetivo tempos de processo o mais curto possível a partir de uma coordenação efetiva dos estágios no processo de transformação.

As Figuras 2.9 e 2.10 apresentam o esquema proposto e a configuração dos pontos de desacoplamento dos estoques ao longo do fluxo de acordo com os estágios existentes para um determinado produto ou família de produtos.

Figura 2.9 – Lead time (L) da ordem do cliente versus o tempo de processamento T. Fonte: Benders e Riezebos (2002).

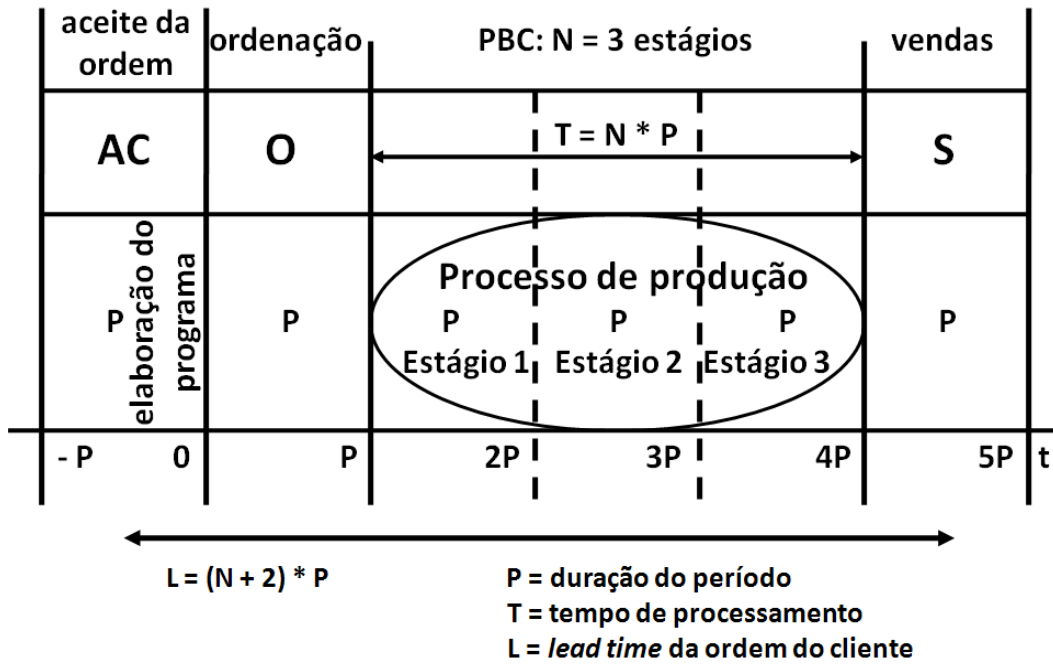
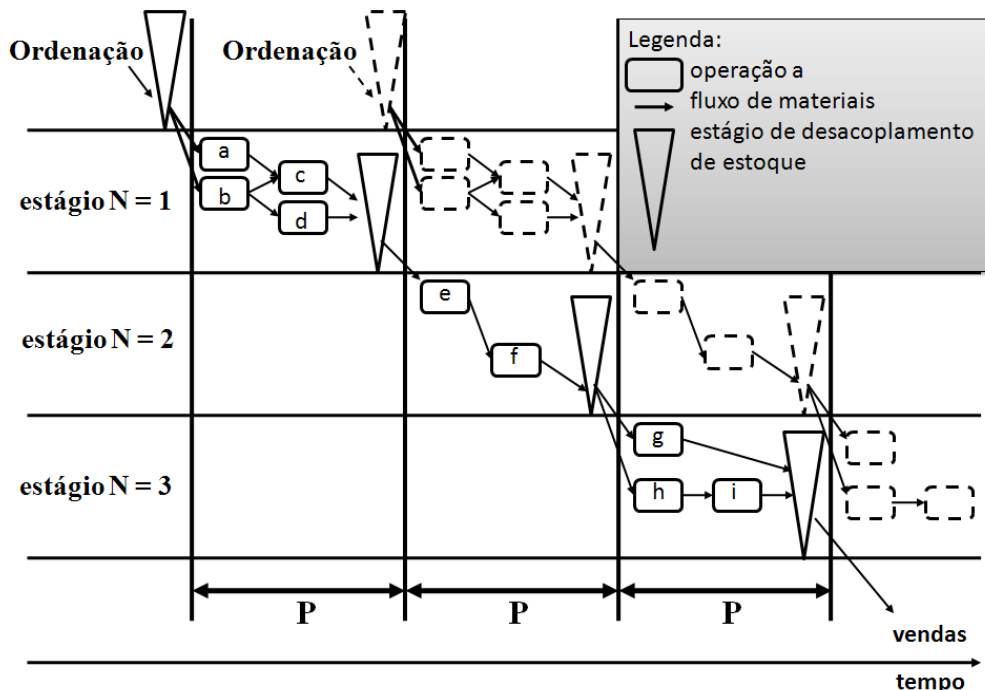


Figura 2.10 – Sistema PBC em um processo de produção de três estágios. Fonte: Benders e Riezebos (2002).



Segundo Benders e Riezebos (2002), as principais características do PBC a serem destacadas:

1. **Sistema Monociclo** – O PBC é um sistema de ciclo único. Ele usa o mesmo ciclo de planejamento ou a mesma frequência de liberação de ordens de produção para todos os produtos que são controlados com este sistema. Cada período que libera as ordens de produção para todos os componentes e peças requeridos para atender a uma quantidade do produto final a ser fabricado é referente ao próximo ciclo. Esta periodicidade é uma característica essencial do sistema de planejamento PBC, porque leva a mesma frequência de ocorrência dos produtos no plano, a menos que esses produtos tenham demanda irregular. Se os produtos podem ser ordenados a cada período, isto reduz tanto o *lead time* da ordem do cliente quanto à média de inventário de produtos acabados.
2. **Sistema Monofásico** – O PBC libera as ordens de produção em uma única fase. No momento da liberação, todas as ordens de produção devem ser disponibilizadas para o próximo estágio. Um sistema monofásico apresenta uma sincronização a ser respeitada, que é comparável ao processo de transferência das peças ou componentes em um sistema intermitente com produção em série, a partir de um determinado tamanho de lote. A sincronização proposta pela lógica do PBC tem várias vantagens.
  1. Primeiro todos os trabalhadores do sistema sabem em que momento o sistema irá exigir que seu trabalho tivesse terminado. Se algumas estações de trabalho não são capazes de completar o seu volume de trabalho dentro deste tempo, os outros trabalhadores que tenham terminado o seu trabalho podem muitas vezes ajudar ou então torná-lo mais fácil para estes postos de trabalho para realizar sua tarefa dentro do tempo disponível. O sincronismo da transferência do trabalho só é possível se a finalização do trabalho, antes do momento da transferência, estiver dentro do programado no fluxo de acordo com o roteiro de fabricação e o tempo de processo de modo que os objetivos devem ser realistas. Isso inibe os trabalhadores a aumentarem a independência dos outros colaboradores do sistema. Tal independência pode funcionar como sendo contraproducente, pois leva a um maior pulmão de inventário ou pontos de desacoplamento do inventário no sistema a fim de evitar o bloqueio ou a escassez de material, menor consciência dos problemas em outras partes do sistema e menos incentivos para melhorar o sistema como um todo, ao invés de buscar melhorias locais.

2. Segunda vantagem do sincronismo da transferência de peças ou componentes é que os trabalhadores não têm que se preocupar com a disponibilidade dos materiais e ferramentas requisitados. Não há necessidade de construir um *buffer* ou pulmão de entrada antes da estação de trabalho. A disponibilidade de materiais, componentes e ferramentas são garantidas por outras partes do sistema de produção, que são responsáveis e especializados nessas atividades de abastecimento. Isso reduz a duração do tempo de busca, que de outra forma representa uma parte significativa do tempo de produção total ou do *throughput time*.

O princípio do PBC monofásico provoca uma situação menos nervosa no chão de fábrica pelo fato do conjunto de ordens de produção para esta parte do sistema de produção ser liberada de uma só vez. Assim, a estabilidade durante um período é alcançada. As semelhanças a partir das particularidades descritas com a proposta de um projeto *Lean Manufacturing* são visíveis no PBC – *Period Batch Control* desenvolvido na Segunda Guerra Mundial é importante destacar.

3. **Mono *offset time*** – O PBC também é chamado de sistema mono *offset time*, um termo introduzido por STEELE (1998). O PBC usa o mesmo *throughput time* (*offset time*) para as ordens de produção liberadas para um estágio, ou seja, o tempo de processamento de cada estágio é similar entre o *mix* de produtos fabricados pelo recurso de manufatura utilizado em cada estágio. Combinado com o princípio de fase única ou sistema monofásico, isso resulta em um sistema onde cada ordem de produção tem a mesma *due date*.

A operação de um sistema de PBC pode ser ilustrada com as Figuras 2.9 e 2.10. Antes de iniciar a produção, as ordens foram aceitas e relacionadas (estágio AC) e as matérias-primas necessárias foram ordenadas e recebidas durante o estágio “O”, de tal modo que para o início de um novo período, elas são disponibilizadas para o estágio  $N = 1$ . A Figura 2.9 mostra que várias operações no estágio  $N = 1$  são realizadas de acordo com as ordens de produção especificadas.

Elas têm que estar prontas antes do final do período com a duração  $P$ . Peças e componentes podem ser colocados em um estoque de desacoplamento onde aguardam a transferência para o próximo estágio.

Todas as ordens de produção devem ser concluídas antes do início do período seguinte para efetivamente serem desacopladas para ambos os estágios. No início do próximo período, as ordens de produção para o próximo estágio são dadas aos operadores das máquinas.

Os materiais necessários estão disponíveis na quantidade exata necessária na posição do estoque de desacoplamento. Ao mesmo tempo, as operações no estágio  $N = 1$  recebem novas ordens de produção que mais uma vez tem que ser completadas dentro de um período de duração  $P$ . Depois de ter terminado a produção, o produto é vendido e entregue ao cliente (estágio  $S$ ). A necessidade dos estágios ‘O’ e ‘S’ depende das características da cadeia de abastecimento, ou seja, o cumprimento dos prazos de entrega de ambas as partes requeridas e do produto final. A maioria das publicações sobre o PBC, em situações complexas de fabricação, assume que separar as fases de ordenação e vendas é necessário, mas na prática, as soluções que podem ser encontradas podem eliminar a necessidade desses estágios.

BENDERS e RIEZEBOS (2002) enfatizam também que os sistemas PBC diferem fundamentalmente do bem conhecido sistema *Economic Batch Quantity* – EBQ, quantidade do lote econômico em uma cadeia de processos de transformação. A ordenação pelo sistema EBQ espera vantagens de custos a partir do *trade-off* entre os custos de realização do inventário e os custos envolvidos através do reordenamento dos materiais. Segundo esses autores o sistema PBC opta por fixar a frequência da ordem para todos os produtos e peças, o sistema EBQ independentemente determina ordens com tamanhos ótimos para peças e produtos, resultando em uma grande variedade de frequências de ordens. Outro sistema abordado por Benders e Riezebos (2002) é o *Standart Batch Control System* – SBC, este sistema de controle com lote padrão sincroniza a ordenação de um pequeno lote de produtos finais com a reordenação da quantidade exata de peças necessárias e componentes.

O sistema SBC não é um sistema monofásico nem um sistema de *offset time* único. O momento de liberação para esse sistema não precisa ser o mesmo e o tempo *throughput* planejado de uma ordem de produção para um lote-padrão varia por peça e não é pré-determinado. Entre esses sistemas, o mais conhecido é o *Kanban* que pode ser considerado como um tipo especial de sistema SBC: ordens de peças para um produto pai são divididas em várias subordens de um tamanho padrão. O tempo entre a ordenação dessas subordens deve ser maior do que o tempo necessário para reabastecer o inventário, não muito maior.

O tamanho padrão das subordens cria um fluxo eficiente da cadeia de abastecimento. Contudo, o sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* opera quase balanceado. O *Kanban* combina o dimensionamento de lotes de tamanho padrão com um mecanismo visual para controlar a produção. Utiliza o nível de planejamento para evitar o carregamento desbalanceado.

Outro sistema abordado por BENDERS e RIEZEBOS (2002), o *Base Stock Control – BSC* busca superar os problemas dos sistemas EBQ de outro modo. O BSC se concentra na redução dos custos dos estágios de desacoplamento na cadeia de abastecimento. Decisões sobre o calendário de novas ordens de componentes não são baseados diretamente na demanda dos itens a ser processada, a demanda é irregular e só chega quando uma nova ordem do produto pai é colocada. A base dos sistemas BSC está nas suas decisões de reordenar sobre a demanda indireta das peças. Se um produto final contendo dois componentes do tipo X é vendido, o estoque virtual do componente X é reduzido por dois. Isso pode gerar um sinal para reordenar um lote de componentes X. Um bem concebido sistema BSC irá operar com que este novo lote X chegue para estoque antes da ordem atual para as peças que precisam ser fabricadas para o produto pai serem alocadas. A decisão na cadeia de abastecimento permanece independente, mas partilha da informação gerada pelo sistema de BSC operar com menor estoque.

Por fim, o sistema de planejamento das necessidades de materiais MRP usa a ideia do período fixo aplicado no PBC – *Period Batch Control* (o *time bucket*), mas permite que o *lead time* das ordens de produção mude. Os sistemas discutidos por Benders e Riezebos (2002) representam um pequeno grupo dos sistemas de planejamento disponíveis na literatura. Todos estes sistemas enfatizam determinados aspectos do planejamento da produção. A Tabela 2.4 compara os sistemas com relação às características do sistema PBC. Todos esses sistemas focam os aspectos de coordenação das ordens de produção relacionadas em um planejamento de materiais. Obviamente, nem todos os sistemas são adequados a qualquer condição de produção.

Qual sistema é adequado a um determinado ambiente de manufatura deve ser decidido caso a caso, e a escolha é contingencial a partir de uma variedade de fatores.

Desse modo Benders e Riezebos (2002) definem nesse contexto propostas para adequar as principais limitações dos sistemas de coordenação de ordens de produção com ênfase na minimização dos níveis de estoque e avaliam alguns mecanismos para a coordenação da cadeia de acordo com a Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Avaliação de alguns mecanismos para a coordenação da cadeia.

	<b>PBC</b> <i>Period Batch Control</i>	<b>SBC</b> <i>Standart Batch Control</i>	<b>EBQ</b> <i>Economic Batch Quantity</i>	<b>BSC</b> <i>Base Stock Control</i>	<i>Kanban</i>	<b>MRP</b> <i>Materials Requirements Planning</i>
<b>Frequência da ordem</b>	Idêntico para todos os produtos e componentes (monociclo)	Idêntico para todos os produtos e componentes (monociclo)	Pode variar entre componentes e produtos (multi ciclo)	Pode variar entre componentes e produtos (multi ciclo)	Pode variar entre componentes e produtos (multi ciclo)	Pode variar entre componentes e produtos (multi ciclo)
<b>Momento de sincronização</b>	Igual para todas as ordens de produção (monofásico)	Varia por ordem de produção (multi fase)	Varia por ordem de produção (multi fase)	Varia por ordem de produção (multi fase)	Varia por ordem de produção (multi fase)	Varia por ordem de produção (multi fase)
<b>Ordem de produção</b> <i>Throughput time</i>	Idêntico ( <i>offset time</i> único)	varia (multi <i>offset time</i> )	varia (multi <i>offset time</i> )	varia (multi <i>offset time</i> )	varia (multi <i>offset time</i> )	Varia (multi <i>offset time</i> )
<b>Eficiência da cadeia</b>	Resposta rápida (ordenação balanceada)	Resposta rápida (ordenação balanceada)	Não resposta rápida (ordenação independente)	Parcialmente resposta rápida (reage sobre a demanda final, ordenação não balanceada)	Resposta rápida (ordenação balanceada)	Resposta rápida (ordenação balanceada, mas depende da regra aplicada para o dimensionamento do lote)

Fonte: Benders e Riezebos (2002).

Uma situação peculiar de produção que deve ser destacada em um projeto de sistema PBC abordado por Benders e Riezebos (2002) é o benefício que o sistema deve garantir com o desacoplamento controlado de materiais nos estágios.

O desacoplamento controlado de materiais nos estágios aumenta o tempo de processo, se tratar o caso de uma única unidade a ser produzida e permite uma maior precisão do tempo envolvido na coordenação dos materiais e co-processamento de lotes dentro de um estágio. Situações de produção podem se beneficiar da aplicação de princípios específicos do estágio de processamento em lotes. FERNANDES e GODINHO FILHO (2010) abordam o ponto de desacoplamento de estoque em sistemas de produção em detalhe.

### 2.3.2 Manufatura Celular

Basicamente o sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control* é adequado a sistema de produção semi repetitivos normalmente com configuração do fluxo de produção da manufatura celular, assim como o sistema de coordenação de ordens de produção *kanban*. Cabe nesse tópico, no entanto, uma abordagem da manufatura celular com ênfase no uso do PBC como definido por RIZIEBOS (2002).

RIZIEBOS (2002) afirma que a eficiência de sistemas de produção com *layout* funcional, pode ser obtida a partir da alta utilização de processos especializados, tornando possível a produção de uma larga variedade de produtos.

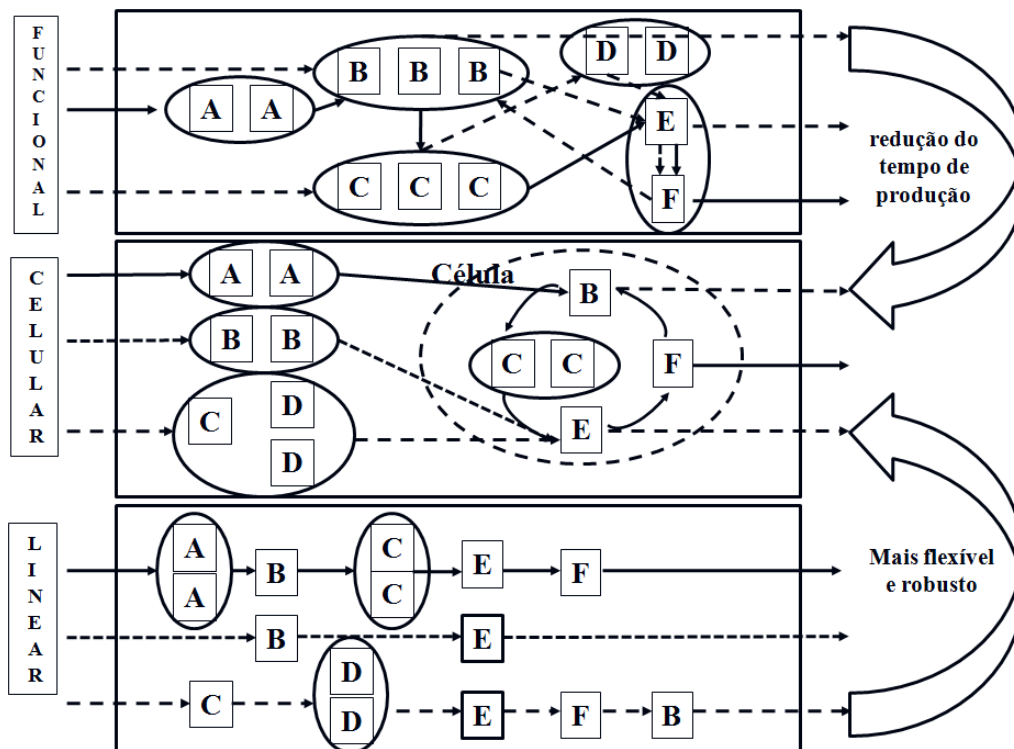
O autor conclui de acordo com a Figura 2.11 que embora sistemas de produção com *layout* linear sejam capazes de apresentar tempos de produção muito curtos, não são flexíveis, sendo antagônicos ao *layout* funcional.

Afim de, adequar as diferenças entre os dois tipos de *layout* e contrabalancear eficiência e flexibilidade, segundo o autor, sistemas de manufatura intermitente podem ser tanto flexíveis quanto terem tempos de produção mais curtos a partir da configuração da manufatura celular.

Para RIZIEBOS (2002) a manufatura é composta de dois sistemas principais:

1. Sistema de Planejamento – responsável por regular, coordenar e monitorar o fluxo de produção no sistema de produção;
2. Sistema de Produção – responsável pelo desempenho do processo de transformação requerido.

Figura 2.11 – Configuração dos *layouts*, funcional, celular e linear. Fonte: RIZIEBOS (2002).



Premissas da mudança para manufatura celular. Fonte: Jan Riezebos (2001) – página 02



O autor ressalta que o modo do sistema de planejamento realizar a sua função influencia fortemente o desempenho do sistema de produção.

Sistemas de planejamento podem ser diferentes no modo de distribuir as tarefas e responsabilidades de empresa para empresa e no modo como esses sistemas de planejamento decompõe o problema de planejamento em subproblemas (agregação/desagregação) e que RIZIEBOS (2002) separa em três classes de problemas relacionados à tarefa de planejamento:

- (i) Conciliar os recursos de manufatura – mão de obra e máquinas com os recursos materiais a fim de manter um fluxo uniforme de produção;
- (ii) A coordenação de tarefas não envolve somente as tarefas específicas de um operador e sim a relação dessa tarefa com as demais tarefas dependentes no processo de fabricação do produto o que torna o processo mais complexo;
- (iii) Um trabalhador especializado em um processo deve manter um rendimento maior do que um trabalhador obrigado a atuar em vários trabalhos ou processos diferentes.

Essas considerações de *layout* são relevantes para o presente trabalho em função da empresa objeto de estudo, operar na sua infraestrutura operacional verticalizada com parte da fábrica concebida com *layout* funcional, parte em pequenas células e parte com fluxo em linha na linha de montagem e que são integradas na cadeia interna de suprimentos.

Nesse caso há um sistema híbrido em termos de configuração do *layout* havendo a necessidade de diferentes sistemas de coordenação de ordens de produção gerenciando o fluxo de produção na fábrica de modo integrado e sistematizado. A questão é: como a TI auxilia no processo e qual a necessidade de softwares específicos para cada configuração de *layout*, o que também é avaliado no presente trabalho a partir da integração dos sistemas computacionais do nível do chão de fábrica ao nível tático.

## **2.4 Programação da Produção**

Programação da produção consiste em alocar recursos limitados para a execução de tarefas ao longo do tempo. Segundo Britan (1983) “A programação da produção se interessa pela alocação de recursos e o sequenciamento de tarefas para produzir bons produtos e serviços”.

Apesar da alocação de recursos e das decisões de sequenciamento ser diretamente relacionadas, é muito difícil para um modelo matematicamente realizar a interação entre elas.

Contudo, através do uso do conceito de sequenciamento (*approach*) hierárquico, a alocação dos recursos e os problemas de sequenciamento das tarefas podem ser resolvidos separadamente. Primeiro o problema da alocação dos recursos é resolvido e seus resultados são fornecidos como entradas para o problema de sequenciamento das tarefas. O problema de alocação de recursos às vezes pode ser resolvido usando técnicas de planejamento agregado da produção. Para especificar os dados de entrada (*inputs*) do problema de sequenciamento das tarefas, a 1ª fase de elaboração do plano de produção deve ser detalhar o conteúdo de cada ordem de produção do plano mestre.

Uma relação de parte dos componentes pode ser obtida de um modo sequencial usando o sistema de planejamento das necessidades de materiais MRP. Apesar do MRP ainda continuar a ser de uso popular na prática, alguns problemas necessitam ser resolvidos para tornar a ferramenta de planejamento de materiais mais efetiva.

Segundo Hermann (2006) em função da complexidade da programação da produção há três visões diferentes a respeito da programação:

**Perspectiva da solução do problema:** é a visão da programação quanto a um problema de otimização. Trata da formulação da programação quando um problema de otimização combinatória de forma isolada se encontra no planejamento da manufatura e no sistema de controle local. A modelagem considerando as variáveis do sistema e as restrições existentes no processo de alocação e sequenciamento deve ser considerada.

**Perspectiva do tomador de decisão:** é a visão de que a programação é uma decisão que um homem deve tomar. Programadores realizam uma variedade de tarefas e usam tanto informações formais quanto informais para a realização dessas tarefas. Os programadores devem tratar das incertezas, gerenciarem os gargalos e antecipar os problemas que as pessoas causam.

**Perspectiva organizacional:** é uma visão de um nível do sistema de que a programação é parte do complexo fluxo de informação e do processo de tomada de decisão que constitui o planejamento da manufatura e o sistema de controle. Tais sistemas são tipicamente divididos em módulos que realizam diferentes funções tal como planejamento agregado e planejamento das necessidades de materiais.

Ainda de acordo com Bayindir (2005) a programação da produção pode ser classificada a partir dos critérios descritos de acordo com a Figura 2.12.

**1. Tipo de fluxo**

- (a) *Flow shop*: Todas as tarefas têm fluxo de processos idênticos e requerem a mesma sequência das operações.
- (b) *Job shop*: As tarefas têm diferentes fluxos de processo e podem requerem sequências significativamente diferentes das operações.

**2. Tipo de processo**

- (a) Processamento unitário: tarefas são processadas uma a uma.
- (b) Processamento em lote ou batelada: um número de tarefas é processado junto como um lote.

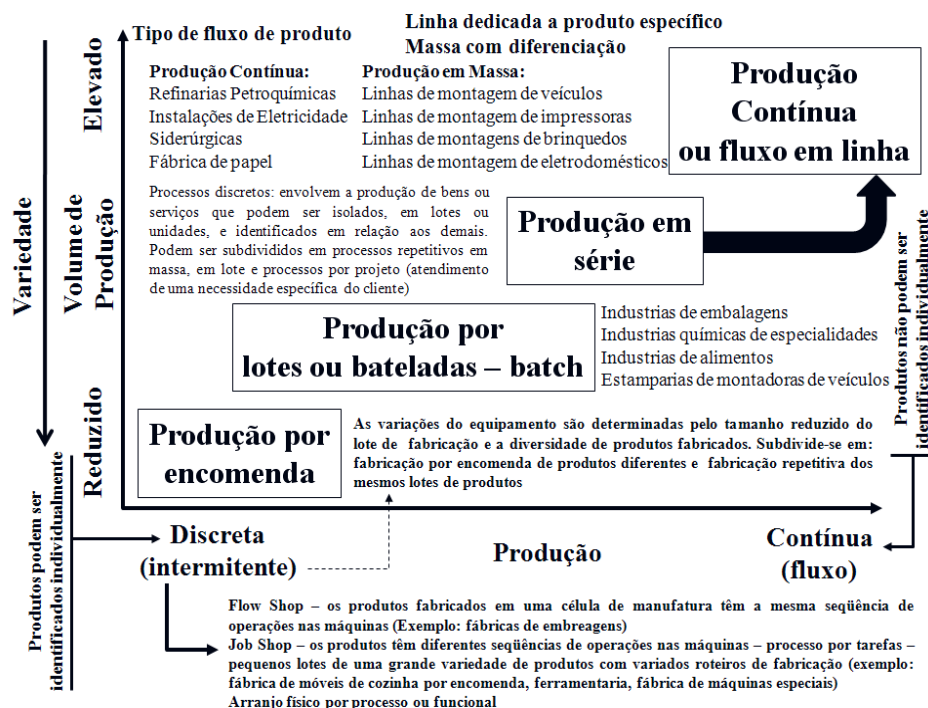
**3. Padrão de liberação da tarefa (o tempo de liberação da tarefa é o tempo no qual o processo pode ser iniciado)**

- (a) **Estático**: tarefas são (ou assume-se que são) liberadas para o chão da produção no tempo zero.
- (b) **Dinâmico**: tarefas são (ou assume-se que são) liberadas para o chão da produção no tempo necessário.

**4. Configuração do centro de trabalho**

- (a) Máquina dedicada (*single machine*)
- (b) Máquinas idênticas em paralelo
- (c) Máquinas similares em paralelo
- (d) Máquinas não relacionadas em paralelo

Figura 2.12 – Tipo de fluxo de produto. Fonte: AZZOLINI (2012).



### 2.4.1 Diferença entre planejamento da produção e programação da produção

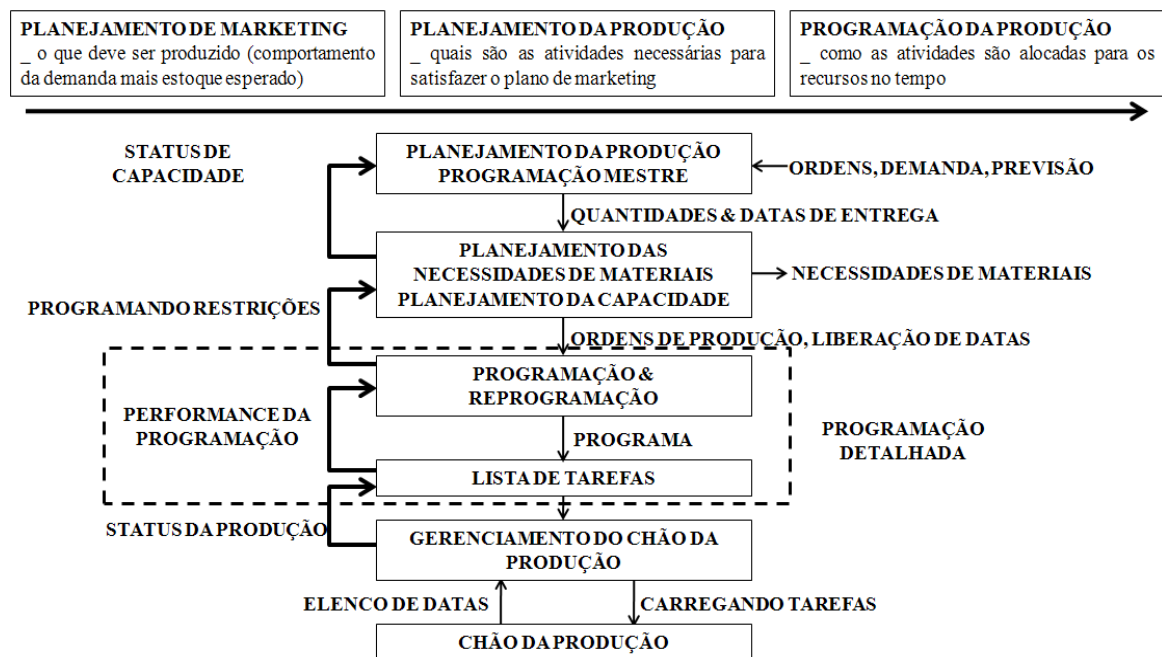
Segundo Barták (1999) “a diferença essencial está na resolução do plano ou programação resultante”.

Enquanto o planejamento industrial trata das tarefas contidas em planos gerais para períodos mais longos de tempo onde atividades são designadas para os departamentos, a programação industrial trata das tarefas contidas em programações detalhadas para máquinas individuais em um período de tempo mais curto.

"A partir desse ponto de vista, a programação pode ser vista como uma alta resolução de um planejamento em um período de tempo mais curto”.

Barták (1999) também define um novo planejamento em conjunto com o sequenciamento na programação em seu *paper* de acordo com a Figura 2.13.

Figura 2.13 – Hierarquia do planejamento. Fonte: AZZOLINI (2012).



### 2.4.2. Benefícios da programação da produção

Há algumas metas e benefícios da programação da produção que devem ser descritos.

Uma programação da produção pode determinar tanto se uma promessa de entrega pode ser cumprida quanto identificar os períodos de tempo disponíveis para a manutenção preventiva.

- Uma programação da produção determina ao pessoal do chão da fábrica uma relação explícita do que deve ser feito de modo que os supervisores e gerentes podem medir seu desempenho.
- Minimiza o estoque em processo – *Work in Process* – WIP.
- Minimiza o tempo de fluxo médio do sistema.
- Maximiza a utilização da máquina ou do trabalhador.
- Minimiza os tempos de *setup*.
- Uma programação da produção pode identificar conflitos do uso de recursos, controle da liberação das tarefas da produção e assegurar que as matérias primas requeridas estejam ordenadas no tempo.
- Melhora a coordenação do aumento da produtividade e a minimização dos custos operacionais.

### **2.4.3 Gerenciamento da ordem de produção e da programação das ordens**

O gerenciamento das ordens é vital para assegurar que os sistemas *make to order* atendam a seus objetivos.

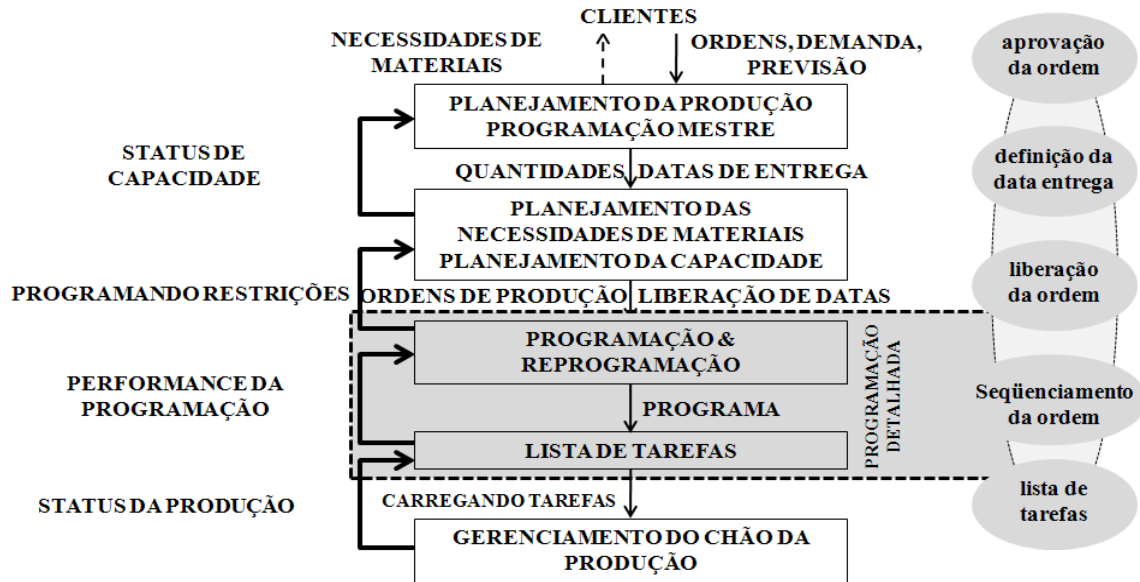
Pinedo (1995) ilustra o fluxo de informações e a hierarquia de procedimentos relacionados e como uma ordem é processada via o planejamento da capacidade, programação e atividades listadas para o gerenciamento do chão da fábrica de acordo com a Figura 2.14.

O gerenciamento da ordem de produção é relacionado com o planejamento da capacidade, nível de utilização corrente da produção, prioridade de cliente e o aprazamento baseado na data devida.

Alguns dos clientes podem ter um de acordo com a companhia de modo que nós podemos determinar a prioridade mais alta de acordo com a negociação.

A utilização de recursos é feita considerando esses fatores. Quando aceita-se uma ordem considerando como possível determinar o intervalo de prazos baseado no tempo e no estado corrente do nível da produção, torna-se mais fácil o gerenciamento da fábrica.

Figura 2.14 – Decisões chave em diferentes estágios do gerenciamento dos processos envolvidos da ordem de produção, planejamento da produção e programação das operações (*Order Management, Production Planning, and Operations Scheduling – OMPPOS*) a partir de Kempainen (2005) o qual se baseou no Pinedo (1995).



#### 2.4.4. O Gap entre a teoria e a prática

Programações baseadas em aplicações de computador são muito raras atualmente segundo PINEDO (1995), essa afirmação ainda é válida nos dias atuais.

Apesar do fato que durante esta última década muitas companhias tem feito grandes investimentos no desenvolvimento de ferramentas específicas para a programação da produção tanto quanto na implantação dos sistemas de programação, não há muitos sistemas sendo usados regularmente. Sistemas, após serem implementados, muitas vezes permanecem somente por um determinado período de tempo, sendo na maioria das vezes, por uma razão ou outra, ignorados completamente.

O mundo real é de qualquer maneira diferente do mundo idealizado pelos modelos de computadores de modo que há algumas restrições sem uma solução de imediato, há também um intervalo de variação da acuracidade das informações além das mudanças repentinas da programação da produção por problemas diversos. BERLUNG et al (2007 – pg. 165) menciona em seu *paper*: “O resultado do processo de programação é influenciado pelo programador adicionando capacidades humanas que não podem ser automatizadas, resolvendo um problema quando o sistema técnico falha e negociando entre os grupos de empregados para controlar a incompatibilidade dos objetivos”.

A influência da tecnologia sobre as limitações do sistema de programação da produção é equivalente às ferramentas de programação disponíveis atualmente. A organização, finalmente, influencia o resultado como um todo quanto à proximidade entre os empregados, tratando as estruturas, a posição dos programadores na hierarquia do ambiente de programação da produção e sua função interconectando atividades de diferentes áreas organizacionais.

Também, WIERS (1997) apresentou a aplicabilidade da pesquisa das operações e técnicas de inteligência artificial e suas falhas na prática:

1. **Robustez.** Robustez refere-se à extensão na qual uma programação deve permanecer inalterada quando a informação na qual uma programação é baseada muda. A robustez evita nervosismo na programação em situações com incerteza. Muitos autores reconhecem que o nervosismo deve ser evitado tanto quanto o possível.
2. **Complexidade.** A complexidade é usada frequentemente para construir e pode ser definida de muitos modos. Neste contexto, a complexidade refere-se ao número de elementos do mundo real que são relevantes para o problema de programação e os relacionamentos entre esses elementos. A complexidade refere-se ao número de elementos reais que são relevantes para o problema da programação e o relacionamento entre eles. Alguns dos assuntos mencionados estão relacionados pela complexidade do problema, tal como: simplificado de mais e o domínio do conhecimento do problema.
3. **Medida de desempenho.** Os critérios de otimização de algumas técnicas de programação não tratam do critério usado na prática. Na prática, o desempenho é muitas vezes um material de julgamento pelo programador humano e pode ser assunto para negociação.
4. **Entrada fixa versus entrada variável.** Muitas técnicas de programação assumem que a informação de entrada é determinada e não pode ser alterada. Contudo, na prática, a situação muitas vezes não acontece: entradas, tal como a disponibilidade de capacidade pode ser alterada se for julgado necessário.
5. **Fixação Organizacional.** A relação da tomada de decisão na programação com outras áreas da organização compõe um cenário mais amplo com essas outras partes da organização, o que não é considerada geralmente nas técnicas de programação.
6. **Disponibilidade e acuracidade dos dados.** O processo de programação predominantemente depende da disponibilidade de dados com acuracidade. Se essa condição não é encontrada, a programação deve estar incorreta e não pode ser executada apropriadamente.

7. **Interação com o programador humano.** É reconhecido por alguns autores que o programador humano deve permanecer como um fator indispensável no processo de programação. Contudo, algumas técnicas não consideram a interação com o programador.

8. **Aprendendo a partir da experiência** (Técnicas de inteligência artificial). A inteligência que é desenvolvida na inteligência artificial a partir das técnicas de programação não são, muitas vezes, estável na prática. Contudo, esses sistemas devem aprender com a experiência para manter a base da sua inteligência atualizada. Muitas das técnicas de programação com inteligência artificial não são capazes de aprender a partir da experiência, e por essa razão podem tornar-se obsoletas.

9. **Disponibilidade e confiabilidade dos especialistas** (Técnicas de inteligência artificial). A inteligência da inteligência artificial é baseada nos sistemas de programação e às vezes inclui a especialidade que deve ser obtida a partir de um especialista humano. Contudo, em muitos casos, esta “*expertise*” não pode ser adquirida adequadamente.

#### **2.4.5 Mundo Contemporâneo – contraponto com a evolução histórica descrita nesse capítulo**

A constituição de um mercado comum internacional impôs as organizações mudanças específicas em seus processos operacionais o que caracterizou o efeito da globalização e estabeleceu formas diversificadas de acesso a matérias primas, componentes e produtos fabricados. AZZOLINI et al (2012).

Em qualquer parte do mundo empresas dispostas a fabricar essa gama de itens com matérias primas específicas em seus processos de fabricação, em uma amplitude de diversificação jamais vista, devem se adequar a essa nova realidade operacional.

AZZOLINI et al (2012) destaca que embora como dito anteriormente muito dos fundamentos de gestão das operações foi desenvolvido na primeira metade do século passado atualmente a tecnologia da informação assume um papel relevante como apoio à programação da produção tanto quanto ao fluxo de informações envolvendo toda a cadeia interna e externa quanto à base de dados e informações detalhadas que alimenta os *softwares* especialistas em programação da produção.



O que implica segundo o autor, em montar produtos acabados com componentes específicos e distribuí-los com prazos cada vez mais apertados o que vem a contribuir de modo muito mais efetivo do que no século passado para com o perfil mais exigente do consumidor final, diante de um universo de opções jamais visto. Neste contexto esse mesmo consumidor mais ávido a inovação passa a adquirir produtos diferenciados em tamanho, cor, design, tecnologia e outras especificidades.

A partir desse novo cenário competitivo e internacional movido pelo consumo e pela inovação constante de novos produtos com novas tecnologias estabelecesse mudanças significativas às organizações quanto à estrutura e infraestrutura envolvidas na operação do fluxo de materiais desde a aquisição da matéria prima até a entrega do produto acabado ao consumidor final.

Segundo BERLUNG et al (2007) a complexidade dos processos de negócios envolvidos nas cadeias de suprimentos e redes de cooperação torna a gestão, mais eficiente e eficaz das empresas de manufatura que buscam soluções da programação da produção em sistemas especialistas desenvolvidos para atender necessidades específicas. Tais ferramentas mudam o processo decisório do Planejamento, Programação e Controle da Produção permitindo um maior controle e acuracidade dos dados envolvidos em todo o processo.

É fato, no entanto, de acordo com a literatura, que a capacidade dos sistemas de informações e a capacidade dos gestores de coordenar todo o processo tornam-se imprescindíveis. Nesse contexto é fato também a importante participação da tecnologia da informação como já mencionado, a qual desempenha um papel fundamental na integração e na rapidez com que as informações são transmitidas e tratadas pelos elos envolvidos nesse sistema global.

De acordo com PIRES (1995) o mundo contemporâneo mudou de modo que, a partir da década de 1990, o cenário competitivo das organizações de manufatura envolvidas pelo aumento da concorrência e pela amplitude do “*spectro*” da diversidade de produtos disponíveis no mercado, agora de cunho internacional.

É nesse sentido que CORRELL (2007) destaca que além do aumento da variedade de produtos a serem oferecidos os fabricantes passam a disponibilizar produtos personalizados a partir de determinadas cores, acessórios e particularidades pertinentes a uma determinada linha de produtos caracterizando um novo conceito para os sistemas produtivos: a customização em massa, a qual requer mecanismos de controle e de programação da produção distintos dos aplicados até então.

CORRELL et al (2007) destaca que entre os mecanismos de controle e programação está à parametrização dos sistemas de inventário ao longo da cadeia dimensionando os estoques de componentes e matérias primas de acordo com o nível de padronização dos elementos componentes da estrutura de produto do *mix* a ser fabricado.

Nesse caso a busca de um nível de padronização adequado à capacidade de resposta da cadeia de suprimentos passou a ser um desafio para essas empresas a fim de adequar o fluxo de materiais quanto ao controle e a programação sem descaracterizar o conceito “customização em massa”.

Segundo CORRELL (2007) um dos maiores entraves do processo de parametrização dos sistemas especialistas no controle e dimensionamento de inventário é o tratamento dos parâmetros de dimensionamento de estoque a partir de políticas envolvidas nas estratégias de atendimento à demanda.

O autor destaca o procedimento de retificação desses parâmetros na grande maioria dos casos ocorre manualmente e de modo estático na operação do sistema havendo a necessidade de um esforço enorme dos envolvidos em ajustar tais parâmetros, de acordo com as mudanças de consumo. O fato é que na maioria dos ambientes de manufatura a variedade de itens é muito grande e o ajuste manual de parâmetros é extremamente trabalhoso.

Há segundo alguns autores modelos probabilísticos que ajustam os parâmetros de acordo com o comportamento da demanda exportando os dados referentes aos parâmetros para o sistema de controle de inventário e emissão das listas de materiais.

Além da segmentação dos componentes e matérias primas da estrutura do produto, na busca de um nível de padronização adequado ao fluxo de materiais e ao sistema de produção, identificou-se também a necessidade de se estabelecer e medir indicadores de desempenho pertinentes ao sistema. Os indicadores atuam no sentido de validar as decisões tomadas com relação ao atendimento das necessidades e expectativas desse novo cenário competitivo, relevantes ao mercado consumidor, ávido a produtos que atendam seus pré-requisitos, principalmente quanto ao quesito custo baixo.

De acordo com esse quadro o pré-requisito preço, tempo de entrega, customização pertinente ao segmento de produto, entre outros passam a compor um cenário de elevada competitividade, o que é destacado pelos autores citados no presente trabalho, com ênfase no trabalho de CORRELL (2007).

Como consequência a qualidade deixa de ser um pré-requisito e passa a ser parte do produto final, matéria prima ou componente, o problema agora é desenvolver um modelo de Gestão da Produção que integre todas as variáveis de processo relacionadas aos recursos transformadores e recursos transformados de modo a garantir decisões assertivas quanto ao atendimento dos propósitos da manufatura, é o que o presente projeto de pesquisa procurou investigar na empresa objeto de estudo. Além dos indicadores relacionados ao processo de fabricação há a necessidade também da identificação de indicadores específicos do fluxo de materiais a fim de medir e estabelecer indicadores de desempenho importantes à cadeia de suprimentos, envolvendo a identificação dos níveis de estoques distribuídos ao longo do sistema interligando as duas pontas, ou seja, fornecedores e consumidores finais.

De acordo com o novo contexto exposto há um grande desafio à frente dos profissionais que atuam na área de Gestão da Produção e conseqüentemente reconhecem a necessidade da quebra de paradigmas que emperram os sistemas de produção de se adequarem a essa nova realidade. AZZOLINI (2012). Esse entendimento representa um avanço, mas não se traduz em solução ou soluções efetivas para o problema havendo a necessidade de uma análise mais profunda. O que deve envolver o estabelecimento de novos conceitos, novos paradigmas e análises mais detalhadas e particulares de cada sistema de produção através de parcerias e estudiosos do assunto, principalmente dando o enfoque da análise quantitativa através de métodos específicos de estruturação e de solução de problemas. Isso ocorre principalmente quando se trata de sistemas de produção complexos com muitas etapas de fabricação envolvendo diferentes processos e diferentes tipos de produtos em um mesmo sistema. As mudanças caracterizadas até o momento, de forma bastante simplista e evidente para profissionais que militam na área não envolveram as particularidades de um elemento estratégico do sistema: o departamento de Planejamento, Programação e Controle da Produção, o qual é tratado no próximo item.

#### **2.4.6 Níveis hierárquicos do Planejamento, Programação e Controle da Produção**

A Figura 2.15 identifica os níveis hierárquicos do planejamento, programação e controle da produção sem o enfoque de fluxo de informações. De acordo com a Figura 2.15 o planejamento a nível macro estabelece para a manufatura, a partir do planejamento de vendas e operações (**S&OP**), uma diretriz da demanda a ser projetada para a produção.

Trata-se de uma projeção macro de vendas por linha de produtos a serem produzidos pela manufatura no médio e longo prazo.

Os números da venda esperada para o *mix* de produtos contemplados pela projeção podem ser definidos a partir de modelos de previsão de venda, “*feeling*” do departamento comercial, “*feedback*” da rede de distribuidores (**delineado no DRP – planejamento dos recursos de distribuição**) e do perfil do *mix* de produtos quanto ao potencial de vendas no período.

Os resultados apontados pelo planejamento de vendas e operações em um primeiro momento são confrontados com o planejamento de capacidade de longo prazo (**RRP**) a fim de delinear um cenário geral de capacidade versus demanda a fim de identificar se a estrutura de recursos de manufatura atende o potencial de vendas esperado assim como as operações envolvidas.

Nesta etapa há o cuidado em se estimar as perdas de tempo no fluxo de produção envolvendo movimentação de matéria prima, componente, estoque em processo, preparação de máquinas operatrizes, retrabalho, inspeções, liberação e separação por ordem de produção entre outras variáveis que reduzem a produtividade da planta em um determinado período de operação. Para mensurar as perdas estabelece-se um parâmetro definido como fator de carga.

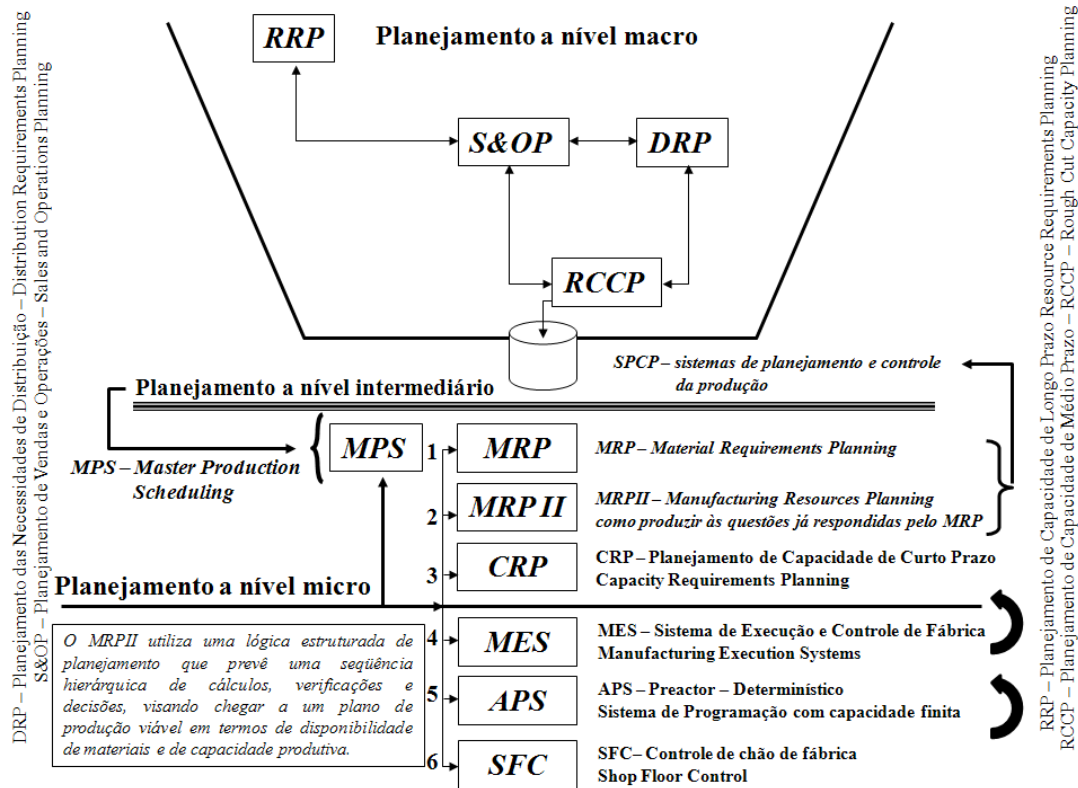
O fator de carga atribuído ao dimensionamento real da capacidade do sistema de produção varia de acordo com o sistema de produção e conseqüentemente de acordo com as particularidades dos produtos fabricados pelo sistema sendo em média, de acordo com a literatura, 75% para o setor metal mecânico e 85% para o setor têxtil.

As perdas de produtividade apontadas são críticas na produção “**discreta**” podendo ocorrer pontualmente na produção contínua e por batelada envolvendo questões preponderantes da gestão da manutenção de equipamentos e não na operação em si.

De acordo com a literatura os níveis hierárquicos do planejamento requerem dados e informações, que embora, se relacionam com forte interdependência para a tomada de decisão com foco em objetivos comuns, apontados e controlados por processos distintos e que, portanto, deve ser tratado por técnicas, ferramentas e métodos muito particulares a partir do uso da tecnologia da informação, o que requer um projeto de TI: robusto, integrado e flexível aos ajustes do plano do uso de recursos da fábrica em função das oscilações de demanda a partir de uma visão sistêmica de todo o conjunto de elementos que constitui a operação: estrutura e infraestrutura.

O presente trabalho visa avaliar esse contexto a partir do objeto de estudo que por sua vez é de alta complexidade quanto ao modelo de gestão da manufatura.

Figura 2.15 – Níveis hierárquicos do planejamento. Fonte: AZZOLINI (2012).



### 2.4.7 Fator de carga

A estimativa do fator de carga leva em consideração alguns “**fatores**” pertinentes ao processo de produção de acordo com a Figura 2.16.

Considerando como exemplo um conjunto de 4 máquinas que operam em dois turnos de 8 horas diárias de trabalho nos 5 dias úteis da semana com disponibilidade de 320 horas semanais estima-se uma perda de 6,25% por movimentação e tempo de espera em fila, ocasionada pelo **WIP (Work in Process – estoque em processo)**, reduzindo a disponibilidade de 320 horas para 300 horas semanais.

Por fatores mensurados e identificados na operação, normalmente as horas consumidas pela produção, na execução das ordens corresponde a 270 horas contra os tempos definidos nos roteiros de produção da ordem de 240 horas com um indicador de eficiência de 88.89%. Além da perda pela ineficiência dos recursos ou dos processos dificilmente a manufatura garante o uso integral da disponibilidade dos recursos de manufatura. Em função de falhas no sequenciamento dos roteiros de fabricação nas diversas etapas do processo resulta em lacunas de tempo de difícil eliminação.

Esses fatores, dependendo do processo de programação da produção e do delineamento do fluxo de produção resulta como demonstrado em um indicador de utilização de 90% para esse caso específico, ou seja, o tempo de utilização semanal de 270 horas não corresponde às 300 horas de disponibilidade. A produtividade por sua vez, caso, a alocação de recursos como demonstrado na Figura 2.17 prevê o uso de 240 horas contra as 300 horas de disponibilidade, garante uma perda de produtividade de 20% que em conjunto com a ineficiência aumenta significativamente as perdas de tempo do sistema produtivo. A sobreposição das perdas mensuradas, da ineficiência e da produtividade induz um fator de carga de 75% como mensurado o que reduz significativamente a capacidade da planta comprometendo os custos de operação.

O dimensionamento do **planejamento da capacidade de médio prazo (RCCP)** é consequência do dimensionamento anterior e ambos dependem do apontamento realizado pelo **controle do chão de fábrica (SFC)** o qual deve contemplar procedimentos automatizados ou não de coleta dos dados da operação quanto ao tempo de processo de modo preciso. O controle do chão de fábrica realimenta constantemente o fluxo de informações.

Há nesse contexto da interface entre o nível micro do planejamento e os níveis macro e intermediário uma complexidade dependendo do sistema de produção e desvios inerentes ao plano de produção programado e do plano de produção executado dependendo do controle realizado e da precisão das informações que circulam no ambiente de manufatura.

Figura 2.16 – Dimensionamento do fator de carga. Fonte: AZZOLINI (2012).

máquinas	4	Indicadores		
horas por turno	8			
número de turno	2	eficiência	utilização	produtividade
dias úteis da semana	5	88,89%	90,00%	80,00%
capacidade em horas - semanal	320			
perda	6,25%	eficiência	240 / 270	
capacidade em horas efetivas - semanal	300	utilização	270 / 300	
Horas consumidas pela produção na execução	270	produtividade (1)	240 / 300	
Tempo padrão da operação	240	produtividade (2)	88.89% * 90.00%	
a perda por movimentação, espera em fila (6.25%)		93,75%		
Qual o fator de conversão a ser aplicado a capacidade semanal em horas a fim de se obter a capacidade real do sistema produtivo?				
perda por movimentação, espera em fila (6.25%)	93,75%			
eficiência	88,89%			
utilização	90,00%			
Fator de carga	75,00%	93.75% * 88.89% * 90.00%		

### 2.4.8 Variável tempo

Basicamente dependendo do sistema o parâmetro quanto ao dimensionamento do tempo envolvido no fluxo de produção por item é o “*Lead Time*” o qual compreende alguns componentes de acordo com a Figura 2.18.

De acordo com CORRELL, J. G., EDSON, N. W. (1999), o *Lead Time* dependendo do roteiro de fabricação do produto é composto por unidade de tempo distribuída entre a liberação da ordem para a fabricação, separação da lista de materiais, espera ou permanência em fila, *setup*, operação e movimentação, havendo a repetição do conjunto: tempo de fila, tempo de *setup*, tempo de operação e tempo de movimentação por operação do roteiro.

Evidente que devem ser consideradas as particularidades do processo de fabricação de cada produto principalmente quando se trata de produção discreta e monitoramento dos tempos mencionados através do SFC – controle de chão de fábrica, o que torna fundamental sua precisão que depende do nível de automação inerente ao sistema e procedimentos de controle e apontamento.

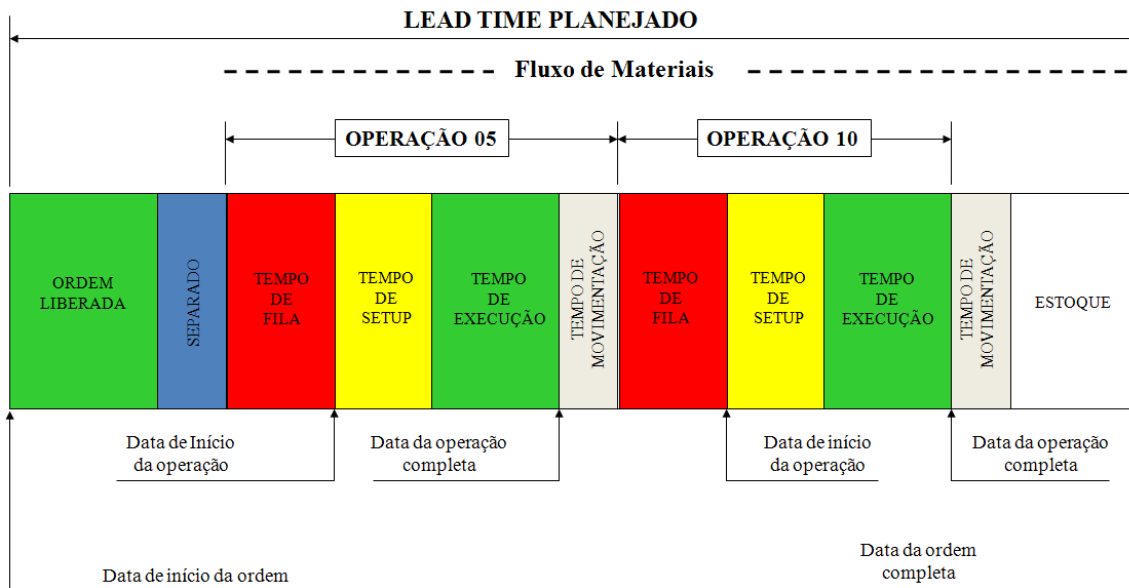
É importante ressaltar que o  $\Delta t$  de cada um dos elementos que compõem o tempo de ciclo pode ser significativo ou tender a zero dependendo da configuração do *layout*, o qual é diretamente dependente do produto quanto ao volume a ser fabricado.

O processo de fabricação também influencia de acordo com o roteiro, complexidade na fabricação e montagem do produto envolvendo especificações técnicas e a tecnologia envolvida assim como a dimensão do produto.

Como exemplo enquanto o  $\Delta t$  de um avião, relacionado ao tempo de movimentação pode ser considerável para alguns componentes e em alguma etapa do processo de montagem ou fabricação do componente, o  $\Delta t$  do tempo de movimentação no processo de fabricação de uma embreagem de automóvel é quase que insignificante, tendendo a zero.

O fato do conjunto de embreagem ter um número de componente muito menor do que um avião, além da dimensão desses mesmos componentes também ser muito menor, resulta em um *layout* ou configuração da localização dos recursos produtivos também distintos, de acordo com o processo de fabricação e montagem.

Figuras 2.18 – Variáveis do processo de fabricação. Fonte: CORRELL, J. G., EDSON, N. W. (1999).



A Figura 2.18 ilustra a necessidade da estratégia de atendimento à demanda avaliar os componentes da variável tempo no cálculo do *lead time* da operação.

Os principais componentes da variável tempo são:

**QUEUE (Q) Fila** – o tempo de fila é a quantidade de tempo que uma tarefa espera em um centro de trabalho antes do setup ou do trabalho ser realizado na execução da tarefa.

**MOVE (M) Movimentação** – a quantidade de tempo que o componente leva para se movimentar de um recurso, onde foi executada a operação atual, para o próximo recurso que deve executar a operação seguinte de acordo com o roteiro de fabricação do componente.

**SETUP (S)** – o tempo de troca do componente e do ferramental se houver requerido a partir da execução de um produto para a execução de outro produto. Este tempo em alguns casos está inserido dentro do intervalo de tempo do padrão.

**RUN (R) Execução** – a quantidade de tempo requerido para fazer um componente sendo que para uma determinada quantidade de componentes o tempo total é calculado multiplicando a quantidade de componentes pelo tempo efetivo para realizar uma única peça a ser fabricada. Quanto ao tempo de setup o mesmo, figura somente no início do tempo padrão.

**STANDART HOURS – tempo padrão** – é o tempo total requerido para se executar uma operação do início ao fim definida no roteiro de fabricação de um componente ou o tempo total requerido para a execução de todas as operações de um roteiro de fabricação de um componente específico. O tempo pode ser determinado através do estudo de tempo, estimativas ou algum outro método que representa um valor com a precisão devida ao processo.

**ORDER RELEASE – ordem liberada** – o tempo normalmente requerido para preparar a ordem (preparar desenhos, especificações, imprimir a folha de trabalho ou lista de tarefas, conjunto de documentos de instruções especiais entre outros) e transportar a ordem com os documentos e materiais para o chão de fábrica.

**PICK – separação** – o tempo médio requerido para reunir os materiais brutos ou componentes e movimentá-los para a área de produção.

**STORE – Estoque** – tempo médio requerido para verificar as tarefas completadas e colocar componente pronto no estoque.

Nesse caso dependendo da estratégia é importante considerar no término do ciclo o *takt time* que representa a taxa de produção mínima para atender ao mercado para a produção discreta.



O gestor da manufatura deve, no entanto, identificar as variáveis que influenciam diretamente o resultado final quanto a prazo e quantidade a ser entregue ao mercado: *mix* de produtos, roteiros de fabricação, *layout* da fábrica, recursos transformados e recursos transformadores, fluxo de produção, tempos envolvidos no *lead time* e estratégias de atendimento à demanda.

#### **2.4.9 Integração entre o Nível Tático e o Nível Operacional do Planejamento, Programação e Controle da Produção junto ao APS (*Advanced Planning System*)**

Na década de 40 as montadoras já gerenciavam as listas de materiais de seus produtos com mais de 5000 componentes.

Caso fosse utilizado uma folha A4 contendo em torno de 50 linhas uma mera lista de materiais de um veículo poderia contemplar na época em torno de 100 folhas sendo datilografadas em máquinas de escrever convencionais.

Não havendo copiadoras a disponibilidade das cópias para compras, engenharia e PCP também deveriam ser datilografadas, além das correções necessárias em função da troca de componentes em função da mudança de tecnologia, alterações de projeto do produto e de processo ou mudança de componente.

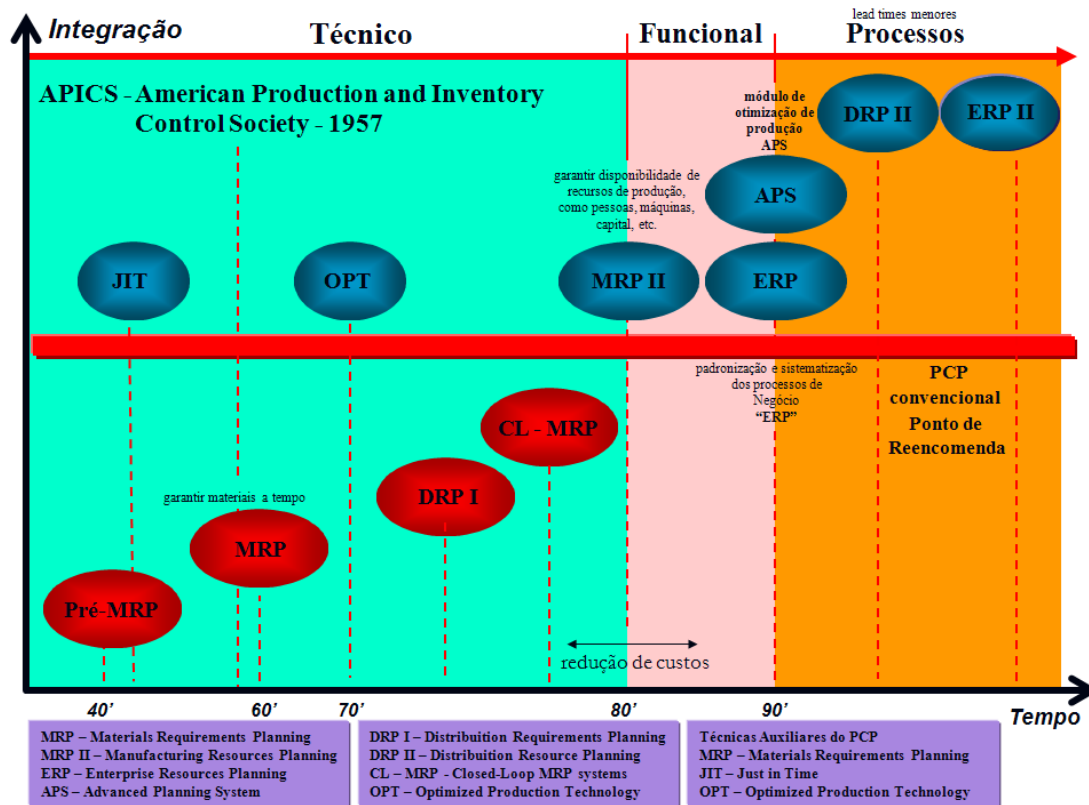
Opcionais dos produtos como rádio, tipos de interior, cores, motorização, câmbio e inúmeros outros itens com certeza causariam transtorno na atualização das listas envolvendo um efetivo de profissionais para esse fim bastante numeroso. Contudo, sem o computador para apoiar as atualizações das listas de materiais o trabalho braçal envolvido era bastante significativo.

A partir da década de 50 com o surgimento do computador surgem algoritmos específicos para tratar dessa tarefa como a técnica de planejamento das necessidades de materiais, o MRP (*Materials Requirements Planning*).

A Figura 2.19 ilustra a evolução da tecnologia da informação aplicada à gestão da produção desse período até os dias atuais.

A evolução do MRP ao MRPII se dá posteriormente à necessidade da manufatura de controlar não somente os materiais necessários como também todos os recursos de manufatura gerenciando o processo a partir dos roteiros de fabricação, recursos transformadores disponíveis e turno de trabalho.

Figuras 2.19 – Evolução da tecnologia da informação e das técnicas auxiliares do planejamento e controle da produção. Fonte: AZZOLINI (2012).



Nesse intervalo de tempo surge de acordo com as particularidades dos ambientes em que foram desenvolvidas as técnicas auxiliares de planejamento e controle da produção: *Just-in-time* e o *Optimized Production Technology* cada uma atendendo de acordo com o seu escopo de atuação as necessidades comuns do processo de gerenciamento da fábrica: otimizando uso de recursos e minimizando níveis de estoque em processo.

Cabe lembrar que o sistema de coordenação de ordens de produção *Period Batch Control* foi desenvolvido na década de 1940. Nesse nível o grande desafio é estabelecer os critérios e regras de sequenciamento das tarefas a fim de programar a sequência das ordens de produção e garantir a minimização do *lead time* ao longo do processo.

Os recursos utilizados no processo de fabricação, de acordo com o roteiro de fabricação dos produtos, podem ser dedicados e dispostos em um arranjo celular no caso da embreagem e de alguns componentes do avião onde as distâncias a serem percorridas, para a movimentação, são pequenas.

Em virtude dos recursos transformadores estarem localizados próximos uns dos outros para o exemplo anterior, o que não acontece em um sistema produtivo por encomenda de grandes projetos, as variáveis envolvidas no dimensionamento do *lead time* tornam-se menores.

Essa diferença implica em avaliarmos dois pontos relevantes:

1. No caso do avião os roteiros de fabricação envolvem para a programação a definição das rotas a fim de garantir uma otimização com a redução de tempos que compõe o lead time relevantes como o tempo de movimentação;
2. No caso da embreagem o processo de fabricação envolve para a programação o balanceamento de linha a partir do *takt time* do produto.

## **2.5 Modelo de integração proposta na literatura consultada**

A metodologia proposta pela Oliver Wight de integração dos níveis descritos está apoiada na interface de aplicativos especialistas para a integração das informações e reflete como o fluxo de informações da empresa objeto de estudo “**Capital**” deve ocorrer.

O propósito dessa dissertação como exposto na introdução é a partir dessa metodologia identificar o quanto a empresa está próxima com relação à gestão da sua operação do modelo proposto pela metodologia proposta pela Oliver Wight a qual se destaca na literatura como uma das mais completas. CORRELL (2007).

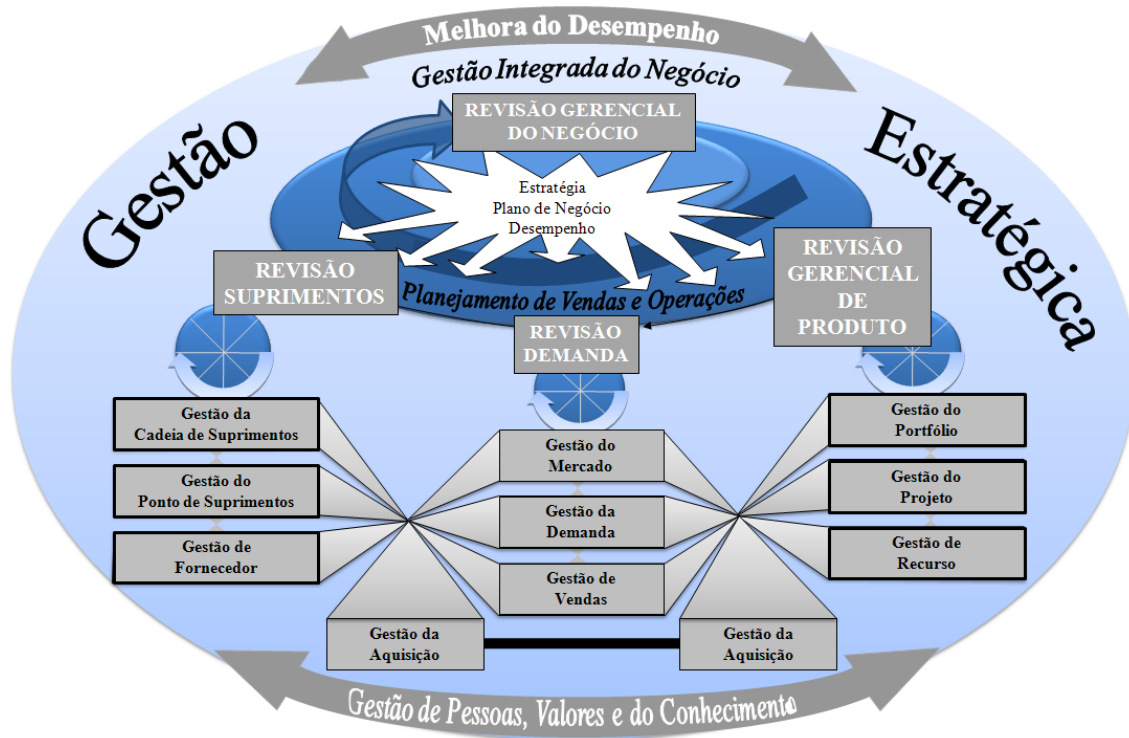
### **2.5.1 Metodologia proposta pela Oliver Wight**

O Modelo de Negócio Integrado (*Integrated Business Model*) proposto pela Oliver Wight é descrito na Figura 2.20. O modelo tem como propósito a Melhoria de Desempenho dando ênfase às métricas de desempenho a partir da execução de procedimentos corretos a partir da divisão da responsabilidade pontual de cada colaborador no contexto do negócio.

O modelo busca adequar as empresas ao critério Classe A como um modelo de indústria que auxilia na comparação do desempenho de uma organização com as melhores. Há nesse processo de classificação uma Lista de Checagem Classe A (*Class A Checklist*).

De acordo com a avaliação dos quesitos da lista para cada processo de negócio avaliado se a empresa avaliada receber nota cinco (**excelente**), nota quatro (**muito bom**), nota três (**bom**), nota dois (**regular**) e nota um (**ruim**). Caso a empresa não realiza o processo, zero. Empresas Classe A tem obtido em média nota 4,5.

Figura 2.20 – Modelo de Negócio Integrado. Fonte: CORRELL, J. G. et al (2007).



De acordo com a Figura 2.20, o Modelo de Negócio Integrado busca representar os processos que precisam ser integrados no gerenciamento para ser possível o controle das atividades do topo da Figura 2.20 a sua base. A Figura 2.20 mostra ainda o gerenciamento de produtos, gerenciamento da demanda e gerenciamento de suprimentos como três pilares de sustentação no centro do diagrama. Cada uma é designada por uma “roda” de atividade preparatória que serve para prepará-las para as revisões do processo de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*).

Utilizando como exemplo a “roda” da Revisão de Suprimentos é importante ressaltar que na maioria das empresas elementos individuais em cada um dos três pilares de sustentação parecem estar pouco integrados, e geralmente com objetivos internos concorrentes e conflitos de velocidade. Na melhor das hipóteses, a integração dos pilares de sustentação é quase sempre fraca.

Em contraste, as companhias que seguem os princípios da Classe A, apresentam padrões de desempenho elevado a partir de funções totalmente integradas, com um foco multifuncional para alcançar a estratégia de atividades e continuamente melhorar o resultado das mesmas. Essa integração é concluída por um processo definido por CORRELL e KELVIN (2007) como Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*). A Figura 2.21 mostra uma visão mais detalhada do modelo.

Figura 2.21 Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*). Fonte: CORRELL, J. G. et al (2007).



A Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) que a elipse da Figura representa, é o planejamento estratégico e o planejamento do negócio com contínuas revisões financeiras e de reconciliação das pendências e desbalanceamentos. O processo de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) por si só é o que companhias bem sucedidas usam para implantar seus planejamentos de estratégia e de projetos por toda a empresa. Em outras palavras, usam a Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) para ligar atividades estratégicas com atividades executáveis.

Neste processo os gerentes Seniores revisam os resultados das atividades atuais formalmente, regularmente e minuciosamente para ter certeza de que todas as atividades funcionais e resultados continuem no caminho certo.

O processo culmina em um único planejamento de operações e confere às pessoas de todos os níveis da empresa a capacidade de tomar boas decisões dia após dia, semana após semana, mês após mês. Como resultado, cada vez mais, decisões são tomadas em pouco tempo, e boas informações fluem continuamente tanto do topo para a base quanto da base para o topo, entre todas as áreas funcionais.

No topo da elipse da Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) está o que a Oliver Wight define como Revisão Gerencial do Negócio. Essa revisão é o ponto culminante do processo de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*).

É uma revisão concisa e decisiva de planejamentos mensais recomendados e permite a apresentação de soluções recomendadas para resolver diferentes questões. Se todo o trabalho preliminar for feito corretamente, é uma revisão rápida e um processo de aprovação. Entretanto, se há um debate importante, que permite que o gerente Sênior teste recomendações e valide condições de atividades e estratégias atuais o processo pode ser mais demorado. No fim, é uma reunião para tomar decisões que resulta em um único plano de demanda, suprimentos, gerenciamento de produtos, e planejamento financeiro cobrindo o próximo período de 18 a 24 meses. Com os planejamentos aprovados rapidamente devem ser comunicados pela empresa. Os líderes funcionais tem a responsabilidade de executá-los e de enviar os resultados planejados. Com este modelo, todos na organização estão no mesmo patamar e trabalham com os mesmos objetivos. A estratégia da empresa é fortemente ligada com as estratégias funcionais e com processos de planejamento e execução integrando a estratégia competitiva com a estratégia da cadeia de suprimentos.

A Revisão Gerencial do Negócio só pode surtir efeito a partir da consistência das revisões que precedem a cada mês. Todo mês, os processos de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) começam com uma Revisão Gerencial de Produtos, o que assegura o domínio da visão de Vendas e *Marketing* para todos os produtos do portfólio dos planos, assim como dos planos de entrega, tempo, e custo. Isso é facilitado pelo Coordenador (Gerente, Diretor) de Produtos. O foco normalmente está no que mudou da revisão do último mês e é tomado o devido cuidado para assegurar que os recursos estejam disponíveis para executar os planejamentos com sucesso.

Essa revisão mensal dá ao Gerente de Demanda a informação que o gerente pode usar para deduzir maiores demandas para os novos produtos ou serviços, e menores demandas para os substituídos ou descontinuados. Este importante insumo para o planejamento de demanda e troca de produtos e recursos necessários são geralmente examinados por companhias fazendo o tradicional Planejamento de Vendas e Operações, que ainda é essencial para desenvolver previsões corretas e impecáveis lançamentos de novos produtos e iniciativas similares.

Nesse processo a Revisão de Demanda considera todas as fontes de demanda, incluindo demandas não efetivas, como a fabricação de amostras. O gerenciamento de Demanda considera padrões históricos, utiliza ferramentas estatísticas de previsões e retira informações de todos que tenham contato com os clientes.

A partir das informações e dados o desempenho é analisado a partir das características de todos os mercados e clientes com os compromissos firmados por capacidade, rendimento e margens.

A Revisão de Suprimentos é dirigida pelo produto da Revisão de Demanda e leva em consideração os planejamentos estratégicos e os de atividades e a estratégia de operação. Os profissionais envolvidos na Revisão de Suprimentos analisam todas as restrições a partir do Planejamento de Necessidades de Recursos (RRP – *Resource Requirements Planning*). O executivo responsável pelo planejamento e pelo desempenho (na maioria das empresas o gerente ou diretor da Cadeia de Suprimentos) revê o desempenho, a capacidade, a flexibilidade, e as estratégias de suprimentos alternativos quando as restrições de suprimentos criam um desequilíbrio entre demanda e suprimento. O gerente ou diretor deve ser preciso, especialmente em companhias de capital intensivo, onde equipamentos subutilizados são identificados como problema de ociosidade fazendo com que estes planejamentos sejam revistos para aumentar as vendas dos itens produzidos, ou modificar o equipamento para outros propósitos, ou para reduzir à capacidade e consequentemente a ociosidade do equipamento.

O Gerente de Suprimentos facilita e coordena o processo de preparação guiando-o para a Revisão de Suprimentos, trabalhando próximo ao Gerente de Demanda para balancear a capacidade de demanda e suprimento por entre o horizonte do planejamento. Ao mesmo tempo eles mantêm as reservas o mais baixo possível enquanto aumenta o serviço ao consumidor e minimiza custos ao mesmo tempo.

O resultado desta revisão é a promessa de um planejamento de suprimentos alcançável que suporta os requerimentos do gerenciamento de demanda e produto, ou um acesso a alternativas quando alguma abertura entre demanda e suprimentos não pode ser fechada. A capacidade do balanceamento de suprimentos e da demanda é onde os processos tradicionais de Planejamento de Vendas & Operações terminam.

O processo de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) continua integrando as análises financeiras continuamente no processo e durante cada uma dessas revisões.

As análises são realizadas enquanto todos os planejamentos são revisados na Revisão de Reconciliação, normalmente liderada pelo líder do processo de Reconciliação Integrada.

A Reconciliação de diferenças, problemas ou pendências, e lacunas são conduzidas continuamente através do mês. Tendo a habilidade de examinar implicações financeiras de planejamentos alternativos nas reuniões de revisão individual responsabiliza as pessoas a tomarem decisões para níveis organizacionais apropriados e permite que o grupo no comando foque sua atenção nas pendências ou problemas mais importantes durante a Revisão Gerencial do Negócio. Há normalmente uma resumida reunião de reconciliação final pelo líder para finalizar a informação para a Revisão Gerencial do Negócio, mas as análises e as decisões são feitas durante o mês.

Talvez a coisa mais importante sobre o processo de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) é como ele é ligado diretamente ao planejamento estratégico, ao planejamento de atividades, a projetos da companhia inteira, e planejamento de Curto Prazo e atividades de execução diárias.

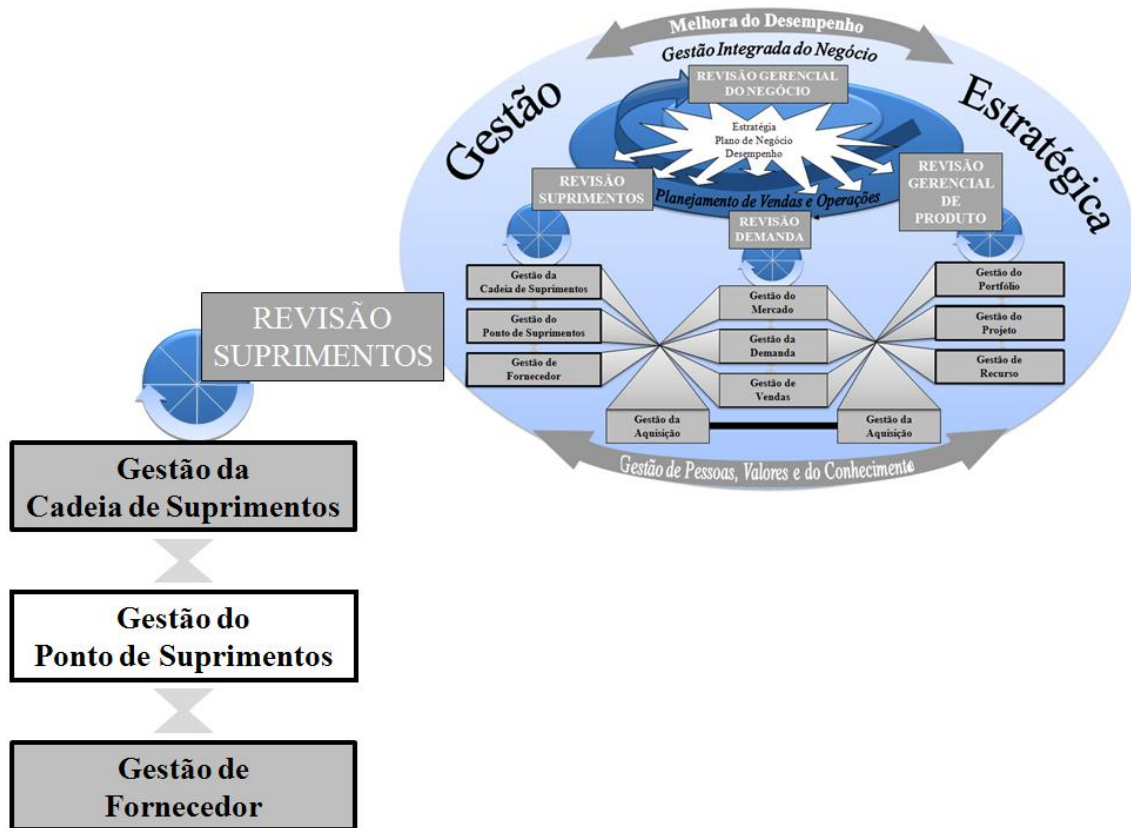
Esta ligação dá ao comando a habilidade de assegurar que todas essas decisões e atividades diárias através da organização mantenha cada uma das famílias de produtos da Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) em linha com a estratégia e alinhadas com os planejamentos aprovados na Revisão Gerencial do Negócio. Não há ambiguidade; todos operam com um mesmo conjunto de planos e números autorizados; a responsabilidade não é ambígua; e os resultados são localizados e relatados. O endosso mais eloquente e ao mesmo tempo o mais simples que a Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) permite que o gerente sênior ‘atinga os números’ e ‘entregue as estratégias consistentemente’.

Superficialmente, essa ligação entre estratégia e execução na Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*) parece ser uma simples extensão do processo tradicional de Planejamento de Vendas & Operações. Há uma pequena diferença conceitual, mas não é fácil implementar. E é apenas um elemento da mudança de hábitos requerida na jornada para a excelência da atividade comercial. É um grande esforço, mas implica em benefícios rápidos.

No modelo Gerenciamento de Pessoas, Valores e Conhecimento significa um processo de ‘capturar’ conhecimento, levando a um maior controle e melhorias de atividades. Já o Gerenciamento do Ponto de Suprimentos no modelo de acordo com a Figura 2.22, que no Modelo de Negócio Integrado é o pilar de Revisão de Suprimentos.



Figura 2.22 – Modelo de Gerenciamento de Pontos de Suprimentos. Fonte: CORRELL, J. G. et al (2007).



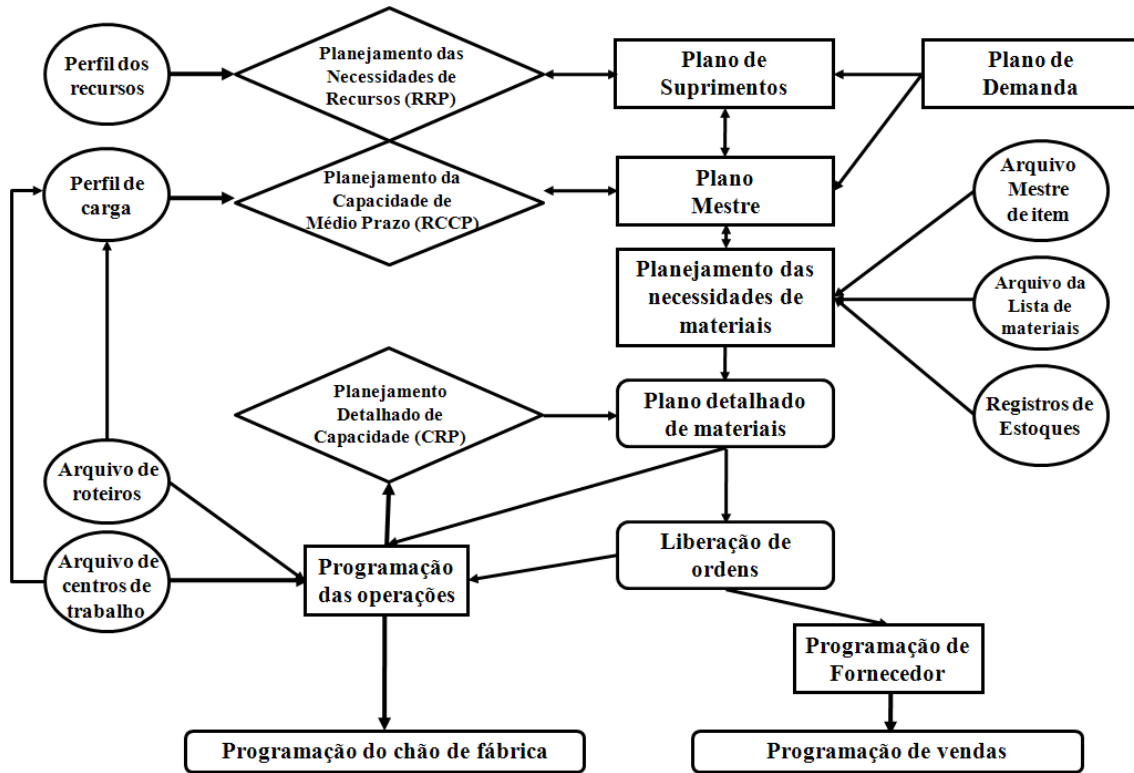
Tudo começa com a caixa de Gerenciamento do Ponto de Suprimentos. A maioria das companhias Classe A há o papel do Gerente de Suprimentos.

A responsabilidade dele é coordenar todas as atividades de suprimentos, assim há um planejamento acordado. A função é crítica no processo de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*). Com relação ao processo que opera dentro da caixa de Gerenciamento do Ponto de Suprimentos de acordo com a Figura 2.22 uma versão mais detalhada do Modelo de Gerenciamento do Ponto de Suprimentos é apresentado na Figura 2.23.

O condutor chave é o Planejamento de Suprimentos, que é o resultado da reunião da Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*). É isso que a organização dos suprimentos tem a responsabilidade de fazer, resumindo em famílias de produtos. Agrupar em famílias de produtos facilita quando há muitos itens para o gerente sênior controlar. O Planejamento de Suprimentos dirige o plano mestre de produção.

Aqui, os itens são divididos entre itens ou opcionais. O trabalho do programador mestre é assegurar que todas as famílias de produtos estejam no Plano Mestre, nada mais.

Figura 2.23 – Modelo Detalhado do Gerenciamento dos Pontos de Suprimentos. Fonte: CORRELL, J. G. et al (2007).



O Plano Mestre, por sua vez, conduz o Planejamento das Necessidades de Materiais. Neste processo os últimos itens e opcionais são divididos automaticamente pelo sistema de Planejamento de Recursos das Empresas (Sistema Integrado de Gestão – ERP), usando a Estrutura dos Materiais e registros de estoque. Nesse processo, chamado de explosão da lista de Materiais, planos detalhados de materiais são criados para todos os itens necessários para atender ao Plano Mestre, produzidos tanto internamente quanto externamente. O planejador de materiais trabalha para assegurar que os planos suportem o Plano Mestre de Produção e o Plano de Suprimentos.

Na esquerda de cada um destes processos estão, respectivamente, Planejamento das Necessidades de Recursos (RRP – *Resource Requirements Planning*); Planejamento de Capacidade de Médio Prazo (RCCP – *Rough-Cut Capacity Planning*) e o Planejamento de Capacidade de Curto Prazo (CRP – *Capacity Requirements Planning*).

Uma vez detalhado o planejamento de materiais é possível integrá-lo com a Programação do Chão de Fábrica. Esses processos são os tópicos mais importantes da discussão da integração dos elementos de manufatura da fábrica. Todos os quatro processos – planejamento de suprimentos, Plano Mestre, planejamento de materiais, e planejamento de capacidade – dependem da validação de cada planejamento em determinado estágio.

Isso significa que os dados de entrada dos processos também precisam ser precisos. No caso do Plano Mestre e do Planejamento de Necessidades de Materiais, os quatro conjuntos de dados que precisam ser precisos são o planejamento de demanda, o estoque, os itens pais, e as estruturas de materiais. Quão preciso e como medir cada um está na Lista de Checagem Classe A. A terceira exigência para o planejamento ser válido é que ele precisa ser gerenciado propriamente. Isso significa que suprimentos e demandas precisam estar alinhados para suportar não só a demanda, mas também a capacidade de suprimentos externa e interna.

Os processos da esquerda: Planejamento das Necessidades de Recursos (RRP – *Resource Requirements Planning*), Planejamento de Capacidade de Médio Prazo (RCCP – *Rough-Cut Capacity Planning*), e Planejamento da Capacidade de Curto Prazo (CRP – *Capacity Requirements Planning*) são fundamentais na gestão da capacidade.

Estes são os três níveis de planejamento de capacidade que devem ser implantados nas empresas.

O Planejamento das Necessidades de Recursos testa apenas recursos-chave ou críticos disponíveis para os volumes agregados das famílias de produtos entre 18-24 meses; o Planejamento de Capacidade de Médio Prazo (RCCP – *Rough-Cut Capacity Planning*) testa apenas recursos-chave ou críticos em nível individual de algum item do Plano Mestre. Ao contrário do Planejamento da Capacidade de Curto Prazo que testa a capacidade de todos os centros de trabalho complementares para o horizonte de execução do planejamento de materiais como um todo, com o objetivo de atender ao Plano Mestre. Qualquer demanda independente, assim como as solicitações feitas, serão incluídos no Plano Mestre e no Planejamento das Necessidades dos Materiais e mais para frente no planejamento de curto prazo de capacidade. Esses três níveis de planejamento de capacidade dão segurança através da sequência de suprimentos para que possamos executar nossos planos.

O Planejamento das Necessidades de Materiais também guia os Inventários do fluxo de produção de Fábricas através da programação de Operações.

Isso dá informações detalhada dos inventários do fluxo de produção da fábrica quando necessário, para dizer para os centros de trabalho individuais quais, quando e quantos produtos produzir.

No passado, era comum para o planejamento de suprimentos, ser feito de cima para baixo. Planejadores diriam, “Apenas nos dê o planejamento agregado e nós iremos separá-los pelos níveis dos itens usando um histórico de conjuntos de itens de produtos, e então fazer o nosso planejamento de suprimentos”. Com o avanço dos poderosos sistemas computacionais, a maioria das empresas guia as previsões detalhadas direto para o planejamento de capacidade de curto prazo, além do tempo de planejamento considerado, para descobrir a necessidade de capacidade e criar ocupação alternativa para condições de falta de capacidade. As ferramentas de planejamento de capacidade de recursos e RCCP – Planejamento de Capacidade de Médio Prazo (RCCP – *Rough-Cut Capacity Planning*) são usadas geralmente para uma rápida análise e no Processo de Gestão Integrada do Negócio (S&OP – *Sales and Operations Planning*). Elas também são utilizadas para terem certeza de que não há nenhum limite evidente antes de começar uma atividade de planejamento detalhado. Todos os recursos necessários como pessoas, equipamentos, e instalações precisam estar disponíveis para suportar os planejamentos.

A fábrica é uma importante usuária do planejamento de capacidade, mas outras áreas como o *marketing*, vendas, engenharia, e toda a cadeia de suprimentos externos precisam ser considerados. O que todo o processo está tentando perguntar:

- O que o cliente quer?
- O que eu tenho?
- O que eu preciso fazer, e quando eu preciso fazer?
- O que tenho que fazer para fazer isso?
- O que eu tenho que conseguir, e quando tenho que conseguir?

Essas questões devem ser respondidas pela direção de toda a cadeia de suprimentos a partir previsão do Gerenciamento do Planejamento de Demanda pelos próximos 18 a 24 meses.

Cada um desses três processos de planejamento de capacidade baseia-se em dados validados para dirigirem seus planejamentos de capacidade. Todos os três dependem principalmente da precisão do Centro de Trabalho e dos dados de Rastreamento.

É evidente que todo esse processo depende entre outros fatores de roteiros de fabricação bem elaborados, concisos e reais. Estes são documentos que descrevem os processos de fabricação e contém os dados necessários para o planejamento de capacidade.

Elaborar o planejamento de capacidade de curto prazo implica em ter os roteiros de fabricação elaborados para refletir precisamente o que estava realmente acontecendo no chão de fábrica.

Nesse processo sistemas avançados de planejamento de capacidade, *Lean Manufacturing* e manufatura ágil podem ser aplicados no nível operacional.

## CAPÍTULO 03

### ESTUDO DE CASO

#### 3. Modelo de Programação da Produção, aplicado a partir de um *software* APS (*Advanced Planning System*), na Gestão Estratégica da Manufatura

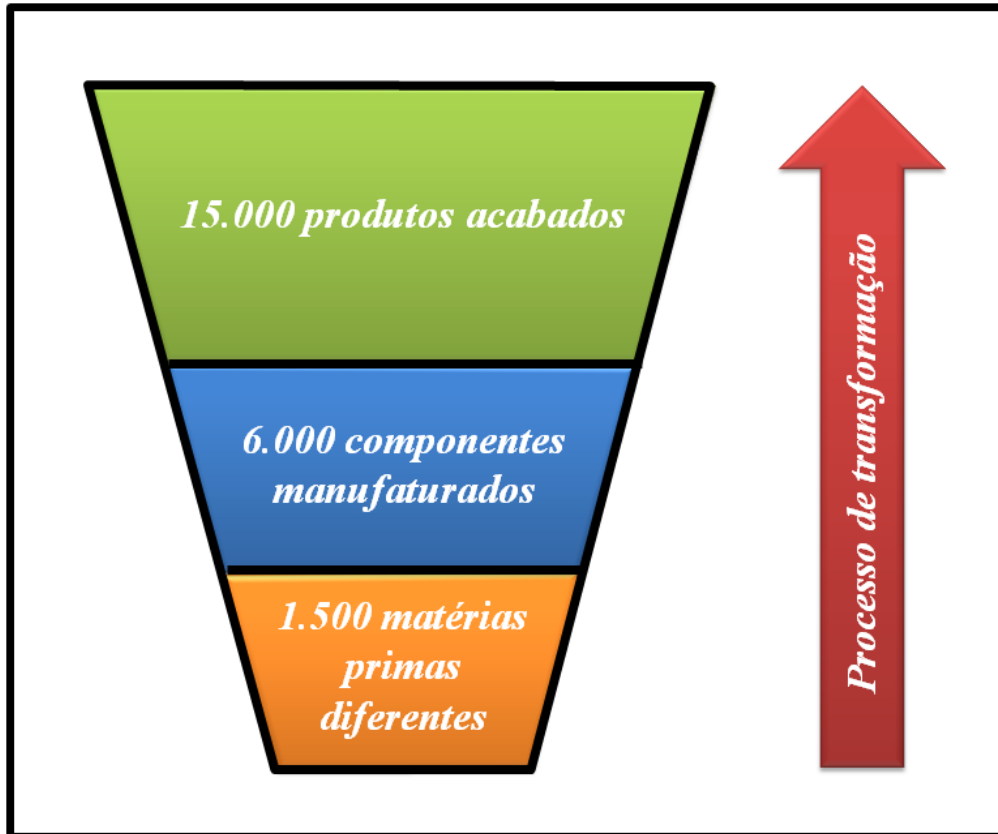
##### 3.1.1. Introdução

O estudo é baseado em dados levantados em uma empresa de manufatura do interior do estado de São Paulo do ramo eletroeletrônico com mais de 50 anos de existência, aqui denominada simplesmente de “**Capital**”. É uma empresa com capital totalmente nacional e Ltda. A variedade de produtos acabados e componentes manufaturados faz com que o sistema de produção seja bastante complexo, iniciando desde a programação para compra de matérias primas, programação de produção de componentes manufaturados e finalizando com a programação do setor de montagem de produtos acabados. Esta verticalização faz-se necessária devido à grande variedade e complexidade do sistema de produção e diferentes soluções para seus produtos. Embora tenha toda esta complexidade seus produtos não são destinados ao ramo automobilístico, mesmo assim busca e aplica as melhores práticas em seu sistema de fabricação.

A “**Capital**” possui aproximadamente 15.000 produtos acabados, mais de 6.000 componentes manufaturados, podendo muitos destes componentes, ser produzido em mais de 600 diferentes cores, 2500 componentes comprados além de mais de 1.500 matérias primas variando seus prazos de compra em até 4 meses. Destes 15.000 produtos apenas em 200 a “**Capital**” trabalha com a estratégia de atendimento à demanda *make to stock*, sendo este estoque controlado por um método definido de *safety to stock* (método de controle de estoque considerando os volumes de produção, tempo de entrega, período médio entre pedidos e desvio padrão), e os 14.800 produtos restantes a “**Capital**” trabalha com a estratégia de atendimento à demanda *make to order*, ou seja, trabalha somente com produtos realmente vendidos e pedidos firmados. A Figura 1 identifica a característica do sistema produtivo da empresa “**Capital**” como um sistema implosivo de estrutura do produto.

A produção de produtos acabados em percentual referente ao total produzido pela “**Capital**” é de 3% para os produtos MTO (*make to stock*) e de 97% para os produtos MTO (*make to order*).

Figura 3.1 – Caracterização do sistema de produção em relação à transformação do material. Fonte: próprio autor.



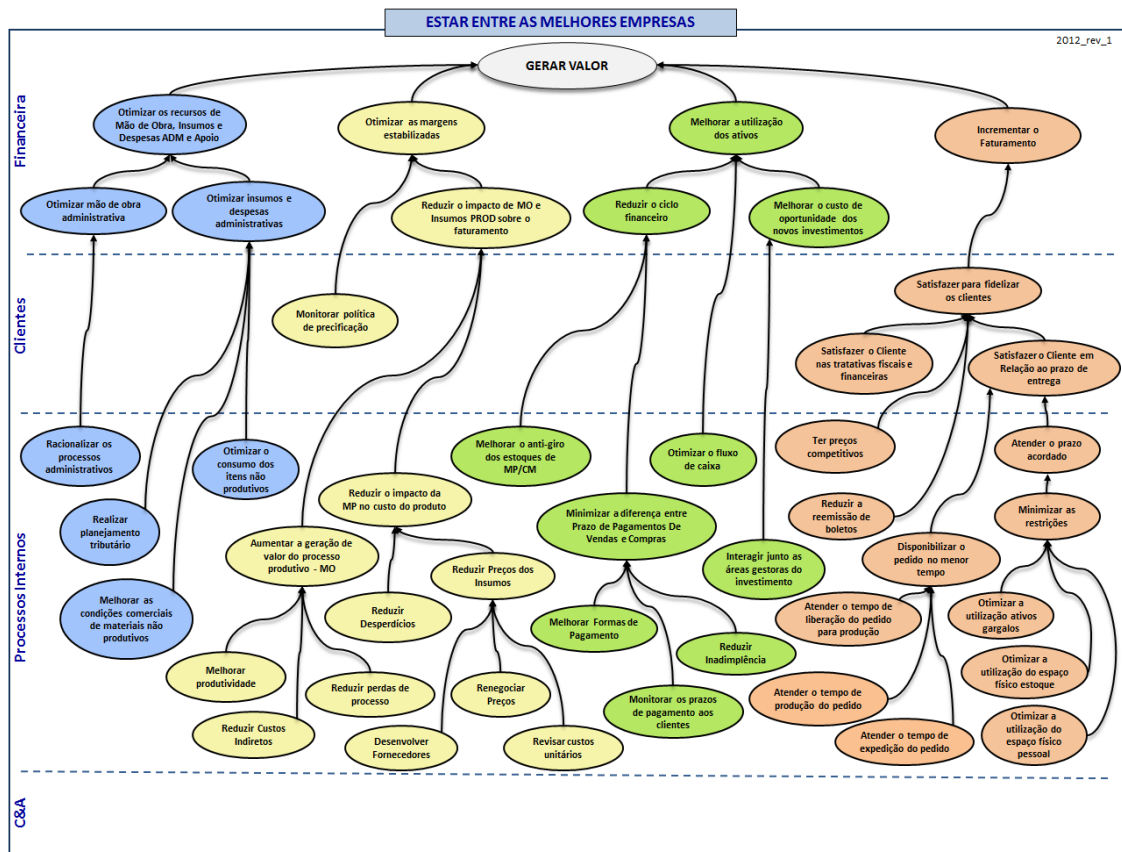
Na sua produção a “**Capital**” emprega aproximadamente 1.500 funcionários. As áreas ligadas diretamente ao sistema de produção são:

1. Manufatura de componentes metálicos:
  - 1.1 Estamparia;
  - 1.2 Tornearia;
  - 1.3 Tratamento de Superfície (prestador serviço a e b);
2. Manufatura de componentes injetados:
  - 2.1 Injetora;
  - 2.2 Tampografia (prestador de serviço de a);
3. Montagem; e
4. Expedição.

A empresa possui para a análise de investimento a partir dos indicadores de desempenho o *Software*: GEPLANES desenvolvido pela empresa *LINKCOM*. A solução foi desenvolvida a partir de um portal específico para a empresa objeto do estudo. O sistema utiliza a metodologia PDCA para acompanhamento das ações descritas na Figura 3.2 com desdobramento quanto aos investimentos em TI na área de suprimentos na Figura 3.3.

O fluxo descrito na Figura 3.3 pode ser dividido em quatro fluxos: o fluxo azul trata da análise do processo de gerar valor da perspectiva da Gestão Administrativa do Negócio, o fluxo amarelo trata da análise do processo de gerar valor da perspectiva da Gestão de Custos, o fluxo verde trata da análise do processo de gerar valor da perspectiva da Gestão de melhorar a utilização dos ativos e o fluxo marrom trata da análise do processo de gerar valor da perspectiva da Gestão do Faturamento.

Figura 3.2 – Mapa Estratégico da empresa objeto do estudo – área de suprimentos. Fonte: próprio autor.



De acordo com o escopo do presente trabalho, embora os fluxos sejam tratados pela empresa objeto do estudo de modo conjunto e, portanto integrado, cabe explorar o em cada um dos fluxos representados as variáveis que impactam no processo de gerar valor da perspectiva da Gestão da Manufatura.



De acordo a Figura 3.2 pode ser destacado as seguintes metas relacionadas ao processo de gerar valor da perspectiva da Gestão da Manufatura:

**Custos – Fluxo amarelo**

- 1) Reduzir o impacto de M.O e insumos da produção sobre o faturamento;
- 2) Aumentar a geração de valor do processo produtivo;
- 3) Melhorar produtividade;
- 4) Reduzir desperdícios;
- 5) Reduzir perdas de processo.

**Financeiro – Fluxo marrom**

- 1) Disponibilizar o pedido no menor tempo;
- 2) Atender o tempo de liberação do pedido para a produção;
- 3) Otimizar a utilização de recursos gargalos;
- 4) Atender o tempo de produção do pedido;
- 5) Otimizar a utilização do espaço físico do estoque;
- 6) Atender o tempo de expedição do pedido.

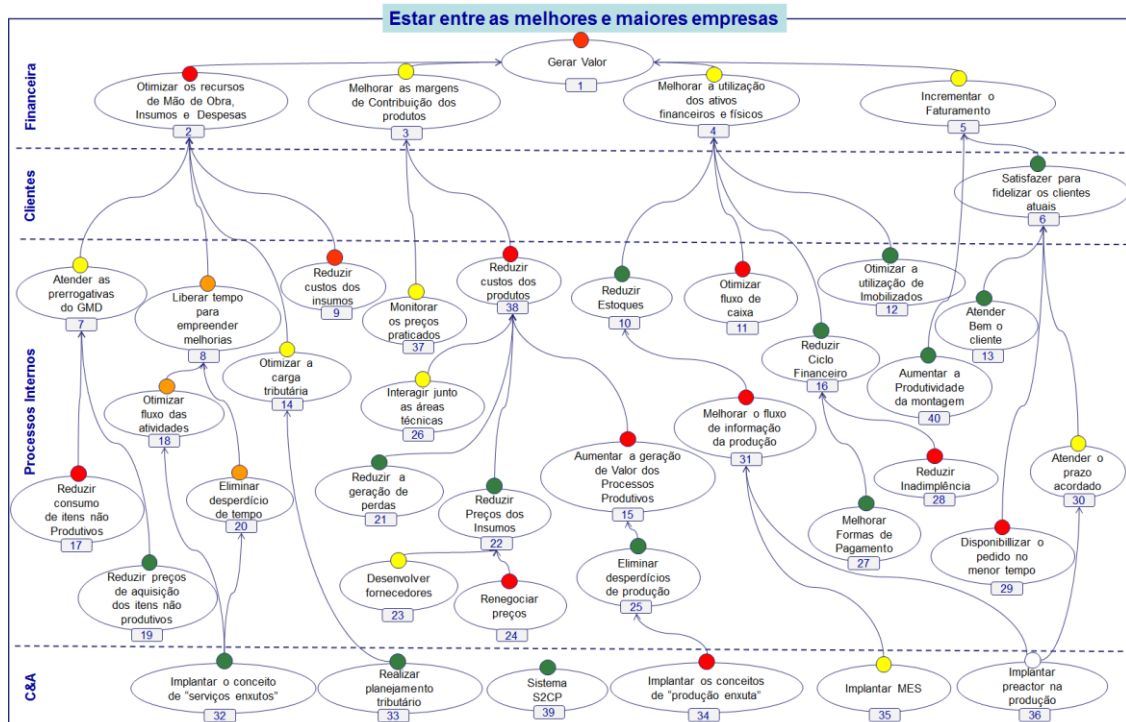
Contudo, o desdobramento das metas se traduz na forma como os objetivos traçados podem ser alcançados. A Figura 3.3 define a forma definindo a necessidade de projetos de melhoria relacionados a:

- 1) Implantar os conceitos de produção enxuta;
- 2) Investimentos em TI, destacando a implantação do software MES e do *software* especialista em programação da produção *Preactor*.

Neste caso a viabilidade da integração dos processos de negócio da empresa é definida pelo seu fluxo de informações que deve ocorrer de modo dinâmico e consistente quanto à atualização e veracidade dos dados e informações geradas diariamente na operação de modo que os responsáveis de área tomem ciência das ocorrências do dia a dia e atuem de modo a minimizar restrições e prováveis demandas não atendidas que podem restringir o atendimento dos prazos e das metas previamente definidas pelo comitê gestor: Produção, Financeiro e Comercial similar à proposta da Oliver Wight.

Figura 3.3 – Mapa Estratégico da empresa objeto do estudo – área de suprimentos. *Softwares* aplicados.

Fonte: próprio autor.



Nesse caso o autor do presente trabalho utiliza uma adaptação do modelo proposto por AZZOLINI (2004), representado na Figura 3.4, que considera a partir da proposta de Shingo duas funções principais da indústria quanto às estratégias da manufatura:

- 1) **Função processo** – acompanhamento dos objetos do trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo de materiais.
- 2) **Função Operação** – acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc.) ao longo do tempo e do espaço.

AZZOLINI (2004) destaca que a partir das funções é possível estabelecer qual a estrutura e a infraestrutura que a empresa deve buscar a fim de manter a competitividade do negócio sustentada a partir da estratégia da manufatura.

No caso da empresa objeto do estudo a infraestrutura definida conta com uma integração vertical com apenas fornecedores de matéria prima básica a ser conformada por processos de fabricação distintos, definindo entre os processos um *layout* funcional com configuração pontual para cada um dependendo do tipo de componente processado e a tecnologia do processo utilizada.

Figura 3.4 – Modelo de Integração da Manufatura. Fonte: adaptado de AZZOLINI (2004).



No caso da empresa objeto do estudo a diferença básica quanto ao *layout* dos processos ocorre somente na montagem com uma configuração no formato de linha com MO dedicada por família de produtos. A complexidade no caso, de acordo com o mapa do fluxo de valor (Apêndice A – Figura A5), é equacionar o fluxo de materiais em consonância com o fluxo de informações entre os processos de modo a minimizar os níveis de estoques ao longo da fábrica sem prejudicar o atendimento à demanda.

De acordo com a Figura 3.4 a definição da estrutura requer a atenção para a definição do sistema de planejamento a partir do sistema de coordenação de ordens de produção o qual para a empresa objeto do estudo é o *kanban*. O maior problema ou desafio do uso do sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* é o seu dimensionamento para sistema de produção dinâmicos quanto às oscilações da demanda com alta frequência, o que torna o sistema de produção de alta complexidade.

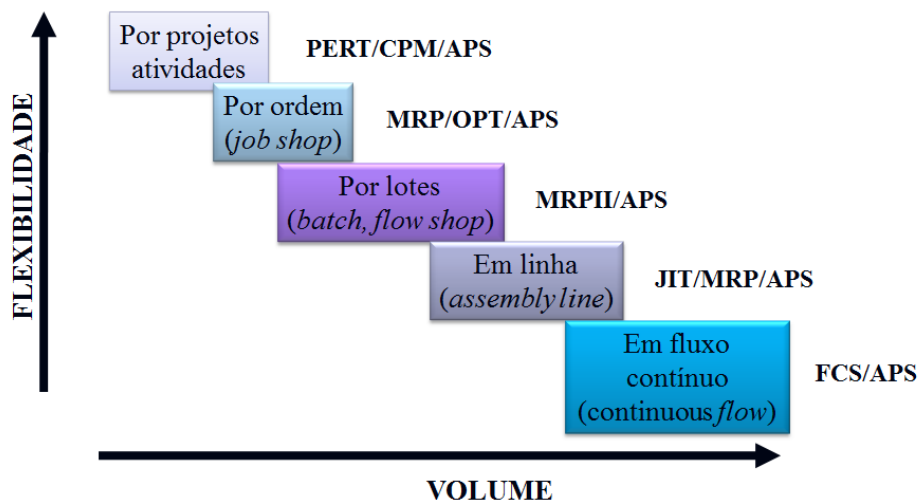
O sistema de produção da empresa nesse quesito deve produzir em torno de 15.000 itens diferentes que quando considerado as possibilidade de variedade de cor, tamanho e especificações técnicas de clientes pode chegar a 75.000 itens aproximadamente.

O fato, contudo, é que embora o *kanban* auxilie na gestão visual da necessidade de fabricação dos componentes o mesmo deve sofrer alterações constantes das quantidades dos componentes a ser produzidos, principalmente quanto a determinadas particularidades como cor, tamanho e especificações técnicas dos clientes, o que gera instabilidade do sistema devido a sua ineficiência quanto a manter a atualização dos dados e informações em tempo real devido à dinâmica do sistema de produção destaca por TOWILL e FORRIDGE (1997).

A proposta de AZZOLINI (2004) é justamente, nesses casos de alta complexidade, a necessidade do desenvolvimento de um projeto de TI que contemple *softwares* especialistas capazes de apoiar o processo de gestão da manufatura quanto ao apontamento dos dados de produção e informações dos processos de negócio da empresa de modo consolidado, capaz de munir os tomadores de decisão com cenários da realidade da operação da empresa em tempo real em função do que deve ser produzido para atender às necessidades de demanda. De acordo com o autor o *software Preactor* integrado com o ERP deve fazer o papel de conciliação em tempo real dos dados dos processos de fabricação e as respectivas informações relacionadas aos pedidos de venda com a atualização dos planos de produção de cada setor de produção.

Cabe nesse caso definir a integração do fluxo de informações estratégico e operacional como exposto. A partir das metas de produção definidas nos mapas estratégicos das Figuras 3.2 e 3.3 o escopo do projeto de TI deve manter o foco na estrutura e infraestrutura descritas na Figura 3.4 de modo similar a proposta da Oliver Wight. A Figura 3.5, de acordo com FERNANDES et al (2010) demonstra a necessidade do uso conjunto do MRPII e APS nesses casos.

Figura 3.5 – Uso dos *Softwares* nos diferentes sistemas de produção. Fonte: FERNANDES et al (2010).



### 3.1.1. Fluxo de informações Estratégico e Operacional

Nos dois blocos de manufatura existe uma interdependência entre as áreas de processamento e prestação de serviço, onde o componente somente está liberado para o setor de Montagem após sofrer o serviço final de acabamento envolvendo o processo tampográfico para componentes injetados e galvânicos para componentes metálicos.

A estrutura de produtos acabados é bastante variável, podendo ter produtos acabados com apenas 3 componentes, ou até mesmo produtos com até 100 diferentes componentes, utilizando na maioria dos produtos mais de uma unidade de cada item.

Para facilitar o controle e a programação dos mesmos a “**Capital**” divide estes produtos em mais 80 diferentes famílias, proporcionando uma melhor divisão e maior produtividade do pessoal envolvido na montagem dos produtos de acordo com a habilidade dos montadores e disposição dos dispositivos na linha de montagem.

O controle de estoque da empresa é bastante diferenciado entre matéria prima e componente, sendo as matérias primas controladas através de pontos de compra e componentes manufaturados descrito no próximo parágrafo.

Este controle é muito específico para cada item, por que os prazos de entrega dos mesmos são muito diferenciados, variando as entregas desde 1 dia até 120 dias da data de efetivação do pedido de compra. Com isso, são necessários estoques de segurança para minimizar possíveis faltas oriundas de fontes externas com seus fornecedores.

Com os componentes manufaturados o controle é dividido em basicamente dois métodos. Cerca de 70% dos itens possuem dimensionamento lote *Kanban*, sistema puxado. O método utilizado para este sistema é de semáforo, porém no lugar dos tradicionais cartões, o *Kanban* é eletrônico.

Os estoques de componentes são informatizados e conforme são consumidos e atingem níveis mínimos pré-determinados de unidades é disparado o processo de reposição dos lotes. A metodologia utilizada para o cálculo e controle destes lotes é baseada em consumos históricos. Este lote tem a função de melhorar o tempo de resposta dos setores de manufatura frente à demanda.

O restante dos componentes, 30% não possuem estoque. Somente é disparada sua produção quando um pedido é efetivado pela área comercial, e o sistema informatizado é atualizado com a necessidade de fabricação MRP II - *Manufacturing Resource Planning*.

Para a fabricação dos produtos acabados são necessários os componentes advindos dos setores de manufatura, sendo necessária uma perfeita sincronização destes setores para a fabricação dos componentes.

A não sincronização na fabricação dos componentes implica em estoque intermediário desnecessário de componentes, uso antecipado de matéria prima, assim como atraso na Montagem, resultando em não cumprimento dos prazos acordados com os clientes finais.

Toda esta verticalização na transformação da matéria prima, passando pelos componentes manufaturados até chegarem à montagem é estratégia corporativa da empresa, pois com este cenário, seria comum imaginar um longo prazo de entrega, porém a “**Capital**” adota como um diferencial competitivo entre outras práticas e parametrização de todo o sistema produtivo a partir do sistema de informação que apoia toda a operação ter um prazo de entrega de produtos acabados na maioria dos casos de apenas 2 dias. Em média o prazo de entrega é de 5 dias úteis.

Toda a comunicação entre as áreas de manufatura é realizada através de sistemas informatizados, fazendo com que a informação transcorra na empresa constantemente.

A informação em tempo real dá todo o suporte para o planejamento do chão de fábrica, focando principalmente os itens manufaturados que não possuem estoques reguladores.

Para manter o prazo de entrega sobre controle e sempre o menor possível, é utilizado um software APS (*Advanced Planning Scheduling*), especialista em programação da produção, para simulação e programação da montagem final dos produtos acabados, o *software* utilizado é o *Preactor 9.3*.

No setor de Montagem são 210 linhas diferentes, podendo cada uma delas montar apenas um produto por vez. Este *software* faz todo o sequenciamento da montagem de cada linha, utilizando para esta programação todas as variáveis disponíveis, sendo os recursos primários (esteira) envolvendo mão de obra e equipamentos e dispositivos como recursos secundários.

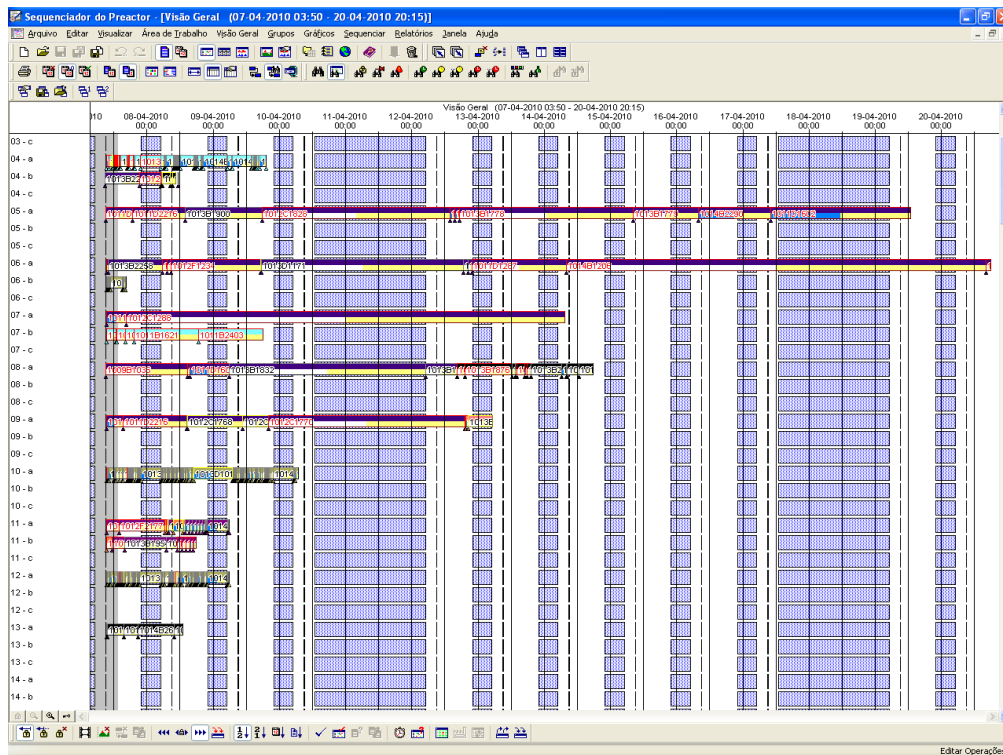
Após a validação do sequenciamento de todas as linhas com os horários de início e fim de cada produto, é realizada a exportação dos dados para o *software* que faz o gerenciamento do chão de fábrica, trata-se de um sistema legado desenvolvido internamente a partir da plataforma *Dataflex*, fazendo a explosão dos itens para cada setor de manufatura.

Este *software* faz a checagem de todos os itens com o estoque atual e informa em qual momento exato o componente precisa ser disponibilizado pelos setores de manufatura ao setor de Montagem.

Neste momento o *software* considera o tempo final de processamento do componente, sendo que para a maioria dos itens existe a interdependência entre as áreas de processamento de acordo como roteiro de fabricação.

O plano de produção é desenvolvido para as linhas de montagem a partir do sequenciamento gerado pelo *software Preactor* que define a lista de tarefas de acordo com a Figura 3.6.

Figura 3.6 – Tela do *Software APS Preactor* gerada a partir do modelo de programação desenvolvido para a linha de montagem. Fonte: próprio autor.



Para o alinhamento entre o setor de Montagem e o restante da fábrica são necessárias informações rápidas, confiáveis e reais. Para tanto é necessário que os sistemas informatizados utilizados pela “**Capital**” atendam seus objetivos, gerando informações precisas e que estas informações sejam transformadas em números financeiros para a mesma.

O método mais viável economicamente encontrado pela “**Capital**” foi um Híbrido entre o sistema de gerenciamento de chão de fábrica utilizado atualmente, o APS e o sistema MES que fornece informações reais em tempo real.

Os critérios de Priorização aplicados na modelagem desenvolvidos a partir do uso do software *Preactor* na montagem envolvem todos os produtos a serem montados, descritos acima, sendo as ordens de montagem desses produtos são exportadas para o *Preactor* a partir do *Dataflex* fazendo o sequenciamento da montagem conforme critérios definidos na configuração. Estes critérios foram criados e definidos conforme a expertise anteriormente desenvolvida e utilizada pelos próprios montadores.

A base para criação destes critérios ao longo do tempo era de realizar o menor número de setups, atualmente são montados mais de 200 diferentes produtos acabados diariamente, que poderia ocasionar o mesmo número de *setups*. Porém com a metodologia desenvolvida é possível montar diferentes produtos utilizando um único *setup*.

Para transferirmos esta expertise para o *Preactor* foi criada uma matriz de critérios, tendo como base os tipos de produtos e suas particularidades.

Como vemos a seguir, muitos produtos são similares, o que facilitou a criação desta matriz e a concordância da utilização deste sequenciamento advindo de um software. A matriz é desenvolvida no *Excel* e posteriormente importada para o *Preactor* de acordo com as Figuras 3.7 (matriz no *Preactor*) e a Figura 3.8 matriz no *Excel*.

O critério definido pela “**Capital**” no setor de montagem é o menor tempo gasto em *setup* no setor. Este fator foi de essencial importância para escolha deste método, pois no setor de montagem são aproximadamente 300 produtos montados diariamente.

Para transferir esta expertise ao *Preactor* foi criada uma matriz com os critérios de sequenciamento de cada produto, sendo que cada critério ganha um peso e a soma destes pesos define qual produto deve ser primeiramente sequenciado e assim sucessivamente com todos os produtos, sendo a ordem definida do menor peso para o maior, obedecendo cada produto em sua esteira (recurso primário).

O retorno desse sequenciamento alimenta o sistema de produção da empresa com as informações de hora e dia que o produto será montado e liberado para a expedição. A partir da lista de tarefas envolvendo os produtos acabados na montagem é realizada a Explosão dos componentes na fabricação. A partir do retorno das informações do *Preactor* para o sistema corporativo da empresa, é feito o direcionamento para os setores responsáveis pelo processo de obtenção dos componentes faltantes a partir dos horários de início e final de montagem, sendo assim, os setores sabem o exato momento que os itens (componentes) devem estar disponíveis para o setor de montagem.



A interface entre o sistema corporativo utilizado pela Capital e o *Preactor* é realizado através de planilhas da *Microsoft (csv)*. O gerenciamento dos componentes manufaturados é realizado pelo sistema corporativo da empresa a partir de dois sistemas de coordenação de ordens caracterizados como híbrido (*kanban* eletrônico e *MRP*). Com essa informatização é possível visualizar o saldo real dos componentes e matérias primas (saldo, entrada e saída). De posse destas informações é feita a priorização de produção dos componentes, visando a não interrupção do processo de montagem.

Componentes comprados são controlados por *MRP* a partir do sistema de ponto de reposição. Seus limites máximos e mínimos são definidos conforme o histórico de consumo e prazo de entrega. O processo de Montagem na empresa caracteriza a montagem final de todos os produtos acabados sendo todos os componentes enviados para este setor, e conforme a priorização do *Preactor* os componentes são montados seguindo a *BOM (Bill of Materials)* de cada produto.

Figura 3.7 – Matriz de sequenciamento da montagem no *Preactor*. Fonte: próprio autor

CPD	Família	Peso Família	Critério 1	Peso Critério 1	Critério 2	Peso Critério 2	Critério 3	Peso Critério 3	Critério 4	Peso Critério 4	Total Pesos
7392	22	2000000		0		0		0		0	2000000
11461	22	2000000	14100	0	14101	0	P1	0	A1	0	2000000
11460	22	2000000	14100	0	14103	0	P1	0	A1	0	2000000
11666	22	2000000		0		0		0		0	2000000
11459	22	2000000	14100	0	14123	0	P1	0	A1	0	2000000
11465	22	2000000	14100	0	14123	0	P1	0	N1	0	2000000
11464	22	2000000	14200	0	14201	0	P1	0	A1	0	2000000
11463	22	2000000	14200	0	14203	0	P1	0	A1	0	2000000
11462	22	2000000	14200	0	14223	0	P1	0	A1	0	2000000
3975	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
2162	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
2114	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
4702	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
4703	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
3349	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
3976	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
2116	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
3409	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
4388	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
4373	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
788	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
766	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000
2134	26	10000000	Fora linha	0		0		0		0	10000000

Inspeção e identificação dos produtos acabados passam por uma análise de conformidade, testes e pré-embalagem. A identificação de cada lote de produto acabado é realizada conforme seu pedido de vendas no próprio setor de montagem não havendo estoque de produtos acabados. A Figura 3.8 mostra a Matriz do modelo de sequenciamento utilizada no modelo de programação da produção desenvolvido no *software Preactor*.



A matriz descrita nas Figuras 3.8 e 3.9 utiliza a matriz de recursos primários para gerar o sequenciamento e a lista de tarefas definida pela Figura 3.6 no *software APS Preactor*.

Figura 3.9 – Modelo de matriz de recursos primários – esteiras. Fonte: próprio autor.

Nome	Recursos
1 - a	01 - a
1 - b	01 - a 01 - b
1 - c	01 - a 01 - b 01 - c
10 - a	10 - a
10 - b	10 - a 10 - b
10 - c	10 - a 10 - b 10 - c
11 - a	11 - a
11 - b	11 - a 11 - b
11 - c	11 - a 11 - b 11 - c
12 - a	12 - a
12 - b	12 - a 12 - b

### 2.2.1 Fluxo de Informações

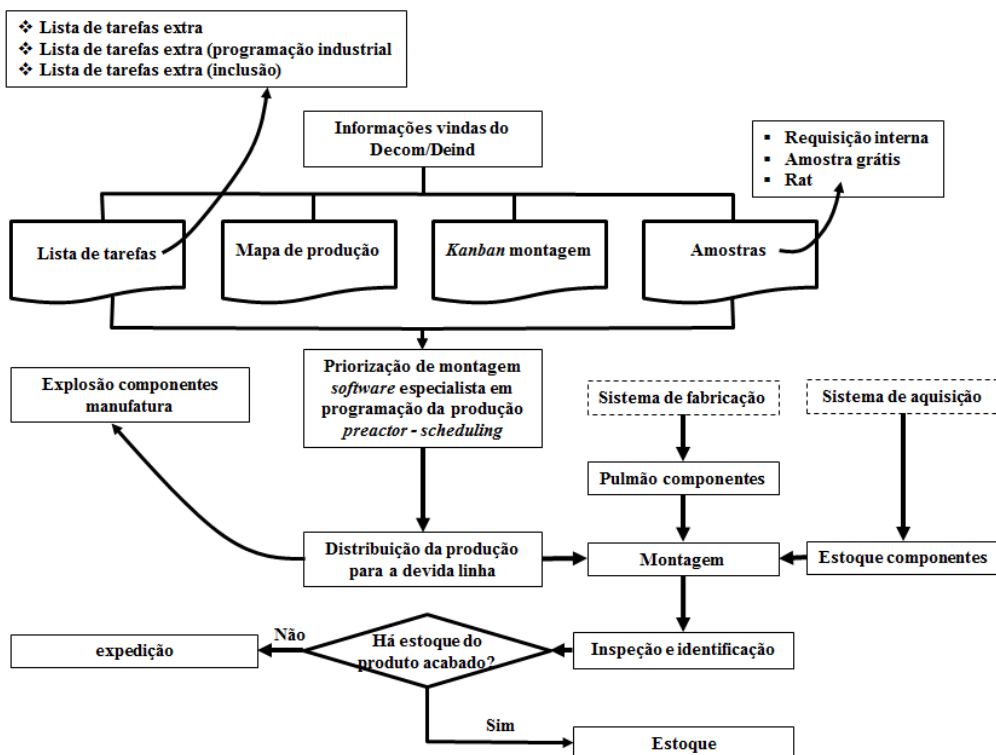
O fluxo de informações da empresa a fim de manter a integração das áreas a partir dos *softwares* especialistas e sistemas de informação utilizados é descrito na Figura 3.11. De acordo com o fluxo de informações o processo inicial do fluxo de informações a partir do departamento comercial se dá por um documento definido como *papeleta extra* (pedidos considerados pela Capital como especiais, pois seus prazos não atendem aos normais) que relaciona as programações industriais com os pedidos de vendas do período considerado de acordo com as informações de venda que informa o nível do mapa de produção até o nível de explosão dos componentes de manufatura a partir do fluxo de informações como descrito a seguir:

1. **Mapa de produção** – é o agrupamento dos pedidos vendidos com prazo de entrega similar. Estes mapas recebem numeração específica conforme o ano e a semana do ano. Estes mapas quando enviados aos setores de produção e montagem, são separados conforme suas linhas específicas de montagem.

2. **Papeletas** - são pedidos de um determinado cliente e item. Usa-se este recurso quando o cliente necessita do produto com a máxima urgência, não sendo possível aguardar a emissão de um novo mapa de produção.
3. **Kanban de montagem** - estoque pulmão de produtos acabados. Normalmente há o dimensionamento de lote para poucos itens e que tem sua venda constante.
4. **Amostras** - são considerados todos os produtos acabados com destino final para os clientes, assim como todos os produtos utilizados internamente na própria empresa.
5. **Priorização a partir do Preactor** – prioriza as ordens de montagem com todos os produtos a ser montado a partir da lista de pendências de produtos/pedidos exportada do *Dataflex* para o *Preactor*, para o sequenciamento de montagem conforme critérios definidos na configuração do modelo de programação do *software*. O retorno desse sequenciamento alimenta o sistema de produção da empresa com as informações de hora e dia que o produto será montado e liberado para a expedição.
6. **Explosão de componentes manufaturados** – disponibiliza as informações do *Preactor* fazendo o direcionamento para os setores de manufatura com os horários e data de início e final de montagem, sendo assim, os setores sabem o exato momento que os itens (componentes) devem estar disponíveis para o setor de montagem.
7. **Componentes manufaturados** - O sistema de gerenciamento de itens manufaturados é híbrido (*kanban* eletrônico e *MRP*). Com essa informatização é possível visualizar o saldo real informatizado (saldo, entrada e saída). De posse destas informações é feita a priorização de produção dos componentes, visando a não interrupção do processo de montagem. Com posse da informação da real necessidade dos componentes pelo setor de montagem proporciona ao setor de manufatura fazer uma melhor programação otimizando o *setup*, conseqüentemente as perdas de materiais e horas não produtivas. O nível de estoques do *Kanban* (estoque pulmão) é capaz de suportar aproximadamente 12 dias de montagem. Esses estoques são controlados através de curva ABC de valor (custo unitário x volume). Para os itens de nível A os volumes de estoques são menores que o nível B e este menor que o nível C.

8. **Componentes comprados** - estes itens são controlados por MRP e sistema de ponto de reposição. Seus limites máximos e mínimos são considerados conforme o histórico de consumo e prazo de entrega.
9. **Matérias Primas** – materiais que são transformadas nos três setores de manufatura: 1) Injetora, 2) Estamparia e 3) Tornearia. O controle de estoques destes itens é controlado por ponto de reposição, através de lotes máximos e mínimos. Para cada segmento de material são definidos diferentes volumes de estoques, sempre considerando no cálculo de controle o prazo de entrega e criticidade do material.
10. **Montagem** - é a montagem final de todos os produtos. Todos os componentes são enviados para este setor, e conforme a priorização do *preactor* são montados.
11. **Inspeção e identificação** - Os produtos acabados passam por uma análise de conformidade, testes e pré-embalagem. A identificação de cada lote é realizada conforme seu pedido de vendas no próprio setor de montagem.
12. **Estoque** - não é montado produtos para estoque, ou seja, todo o produto montado já tem seu cliente específico.
13. **Expedição** - recebe todos os produtos da montagem e realiza as embalagens finais para posterior faturamento e envio aos clientes finais.

Figura 3.10 – Fluxo de informações da manufatura / montagem. Fonte: próprio autor.



A partir dos *inputs* é gerado o Mapa de produção, que é o agrupamento dos pedidos vendidos com prazo de entrega similar. Estes mapas recebem numeração específica conforme o ano e a semana do ano corrente. Estes mapas quando enviados aos setores de produção e montagem, são separados conforme suas linhas específicas, ou seja, as linhas de montagem são dedicadas à família de produtos.

As Papeletas extras ou alterações do departamento comercial representam os pedidos de um determinado cliente com item específico e que ocorre diariamente ao longo da semana. Usa-se este recurso quando o cliente necessita do produto com a máxima urgência, não sendo possível aguardar a emissão de um novo mapa de produção. Essas papeletas impactam diretamente em reprogramações em toda a cadeia de produção da “**Capital**”. As ordens de montagem são coordenadas quanto às necessidades definidas por *Kanban* dimensionado para manter um estoque pulmão de produtos acabados. O dimensionamento a partir de lotes existe para poucos itens e que tem sua venda constante. As amostras são consideradas todos os produtos acabados com destino final a clientes assim como todos os produtos utilizados internamente na própria empresa.

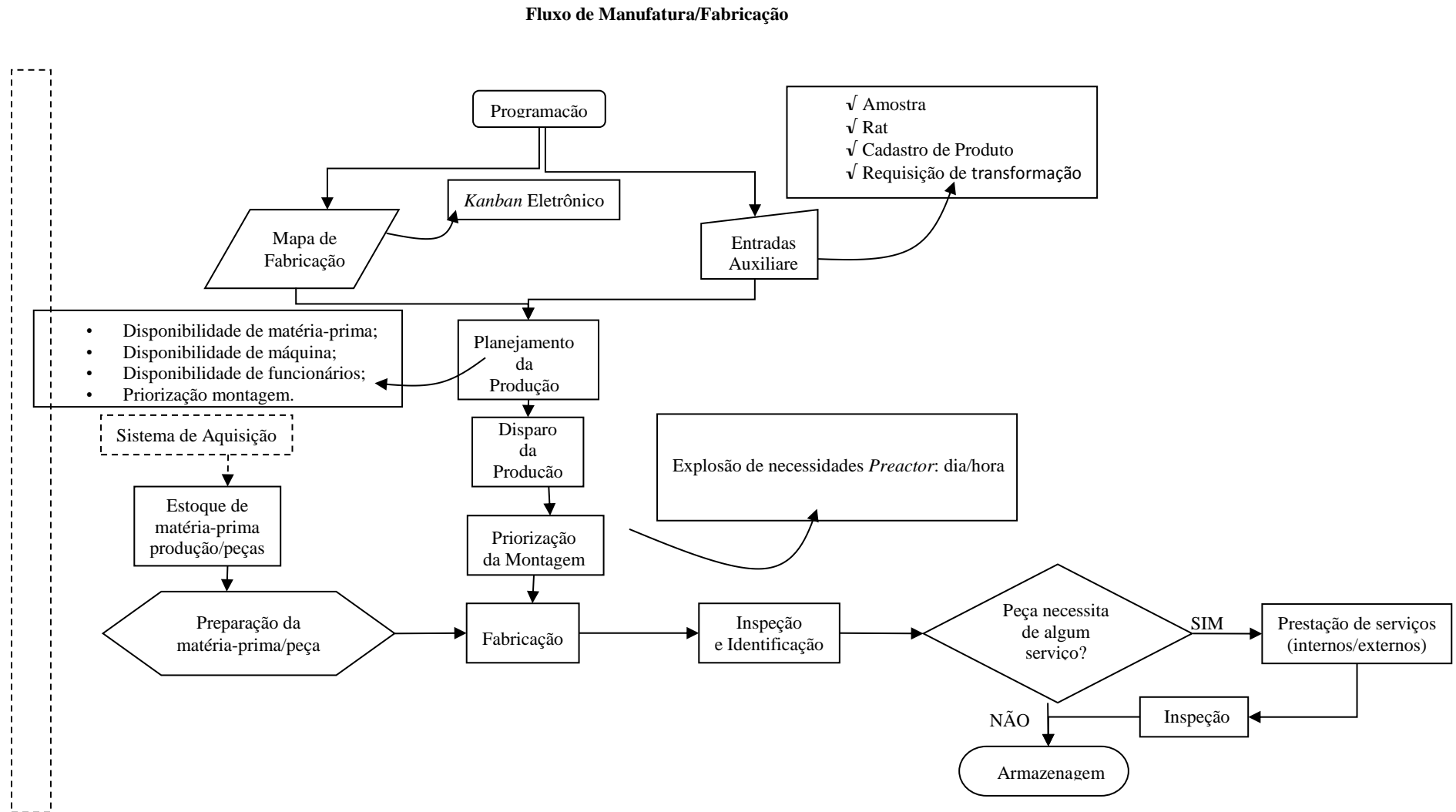
O critério de Priorização aplicado na modelagem pelo *Preactor* na montagem envolve todos os produtos a serem montados, sendo as ordens de montagem desses produtos importadas para o *Preactor* para sequenciamento da montagem conforme critérios definidos na configuração. A partir do fluxo descrito as informações são disponibilizadas para a manufatura com o fluxo de informação manufatura / fabricação, descrito pela Figura 3.11.

De acordo com o fluxo as informações geradas devem compor:

- a. **Mapa de fabricação** – representa a necessidade líquida do setor de montagem conforme sequenciamento do *preactor*. Neste momento é analisado juntamente com o *kanban*, sempre priorizando o setor de montagem e não o estoque;
- b. **Entradas auxiliares** – são as programações de amostras grátis e de necessidade interna de uso a qual a programação deve contemplar;
- c. **A função do Planejamento da produção** – é analisar criticamente o plano de produção gerado realizado pelo responsável do disparo da produção. Esta análise considera as datas e os horários definidos pelo sequenciamento do *preactor*;

- d. Disparo da Ordem de Produção** – é a emissão da ordem e envio para as máquinas das áreas de fabricação existentes conforme sequenciamento da montagem pelo *Preactor*;
- e. A Priorização da montagem** – é a necessidade dos componentes conforme a explosão dos produtos acabados, determinados pelo sequenciamento da montagem;
- f. Estoque de matéria-prima e compra** – é controlada por ponto de compra no sistema integrada da empresa – ERP (*Enterprise Resource Planning – Dynamics AX - Microsoft*). As baixas são feitas através do sistema *Dataflex* (sistema operacional com base DOS) e transferidas através de planilhas com extensão *.csv* para o AX alimentando o sistema de ponto de compra;
- g.** Fabricação é a transformação da matéria-prima em componentes manufaturados.
- h.** Inspeção e identificação de todos os itens antes de serem enviados para a próxima etapa;
- i.** Prestação de Serviço é sim = Injetados = tampografados;
- j.** Não = segue diretamente ao estoque pulmão da montagem;
- k.** Sim = estampados e usinados = tratamento de superfície;
- l.** Não = segue diretamente ao estoque pulmão da montagem;
- m.** Sim externo = Pintura;
- n.** Inspeção – todos os componentes manufaturados internamente sofrem inspeção final por amostragem.
- o.** O MRP de manufatura é gerenciado pelo *Software Dataflex*;

Figura 3.11 – Fluxo de informações Manufatura / Fabricação. Fonte: próprio autor.





### 3.2. Parametrização do sistema

Para atender a carteira de vendas sem perder um diferencial importante que a “**Capital**” julga que é o prazo de entrega dos seus pedidos, a produção da empresa trabalha em diferentes turnos, turnos estes que são adequados conforme a necessidade de cada setor para atender a demanda. Todas as alterações de horários obedecem à legislação em vigor da categoria de indústria e sindicato a partir da disponibilidade dos recursos a programação é realizada com a integração do *Preactor* e *Kanban* eletrônico.

#### 3.2.1. Programação - a priorização *Preactor* e *kanban* eletrônico

Após o ajuste fino e validação dos programadores de montagem é realizado o procedimento de planejamento de materiais do MRP alimentando todo o chão de fábrica com informações de necessidades e horários que devem ser cumpridos para atender os prazos acordados nos pedidos de vendas. Como todo o estoque é informatizado é gerada uma conta de saldo inicial menos os débitos previstos conforme o sequenciamento, sendo que o componente que zera o saldo primeiro é o que tem prioridade de produção. Os lotes dimensionados no sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* somente são produzidos quando não existe itens negativos no recurso que está sendo programado, ou sua quantidade de produção não afeta o setor de montagem quanto ao atraso na entrega pelos setores de manufatura à montagem.

#### 3.2.2. Estrutura de produtos

Embora a cadeia de produção da “**Capital**” seja bastante verticalizada, a estrutura de produtos é relativamente simples, tendo seus produtos no máximo 6 níveis, facilitando a elaboração e visualização das oportunidades de melhorias. Quanto ao consumo:

1. Componentes Manufaturados 6.000 itens corresponde a 60.000.000/mês;
2. Componentes Comprados 1.500 itens corresponde a 20.000.000/mês;
3. Matéria Prima corresponde a 1.150 itens.

Todo o controle dos itens e dimensionamento de estoque quando há é descrito a partir do fluxo primário de informações de acordo o modelo geral do sistema produtivo descrito na Figura 3.12 e a variedade de itens de cada setor na Figura 3.13.

Figura 3.12 – Fluxo Primário de Informações – Modelo Geral do Sistema Produtivo. Fonte: próprio autor

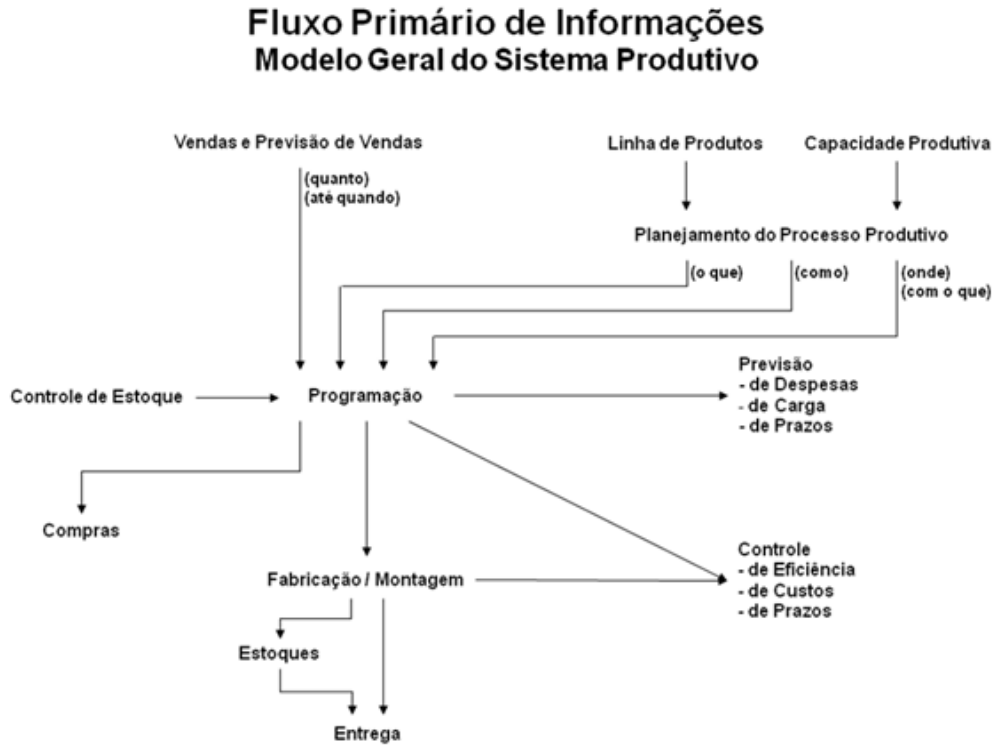


Figura 3.13 – Variedade de itens de cada setor. Fonte: próprio autor.

	<b>Itens</b>	<b>Cores</b>	<b>Matérias Primas</b>	<b>Produção</b>
Tornearia/Tratamento Superfície	150	NA	40	1.200.000
Estamparia/Tratamento /Superfície	1.400	NA	300	18.000.000
Injetora/Tampografia	4.450	600	150	20.000.000
Comprados	2.500	NA	NA	20.000.000
Montagem	15.000	NA	NA	8.000.000

O produto final do setor de montagem é o produto acabado da Capital, sendo estes produtos o resultado da união dos itens dos setores de manufatura e dos itens comprados. A grande variedade de itens proporciona uma enorme possibilidade de combinações, onde o resultado final resulta na somatória dos 15.000 produtos finais.

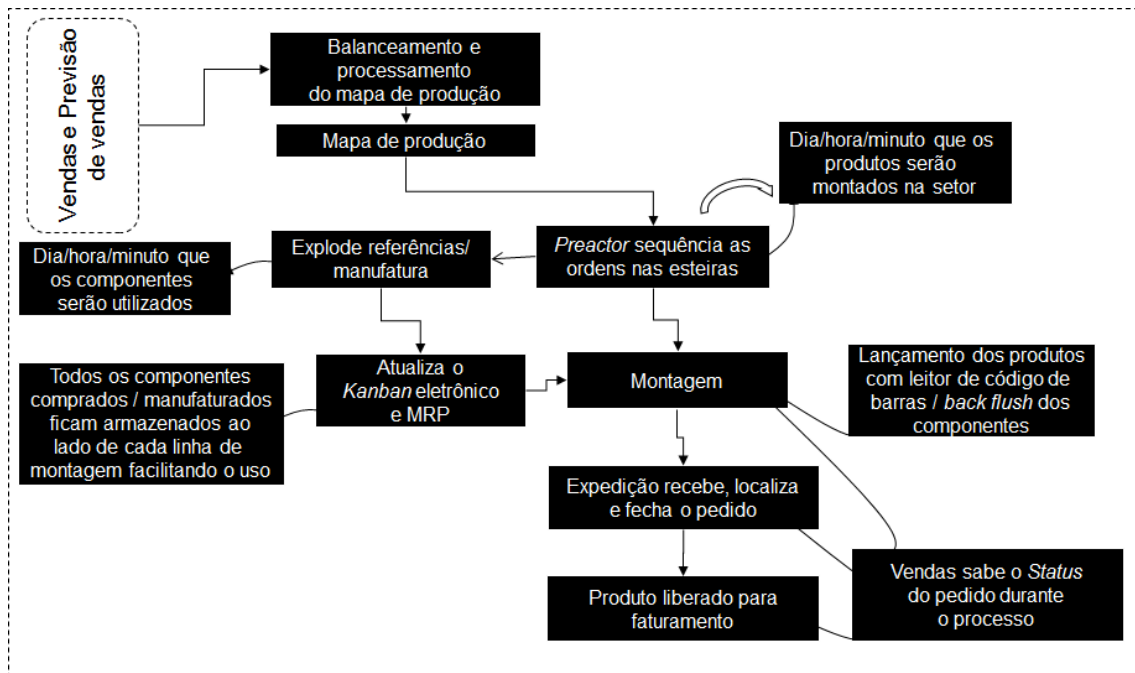
De acordo com a Figura 3.14 o Departamento Comercial realiza o processo de Gestão da Demanda a partir da previsão de vendas gerada através do *Software* ACACIA desenvolvido pela empresa Acacia Consultoria.

O objetivo do uso do *software*, de acordo com a entrada Vendas e Previsão de Vendas do Fluxo representado na Figura 3.10 é gerenciar o sistema de pedidos da empresa. A partir da projeção de vendas o balanceamento e processamento do mapa de produção verificam a necessidade dos componentes Manufaturados (em torno de 6.000 itens o que corresponde a 60.000.000/mês), componentes Comprados (em torno de 1.500 itens o que corresponde a 20.000.000/mês) e matéria Prima (em torno de 1.150 itens).

Com os dados gerados, a partir da necessidade identificada dos itens a partir da funcionalidade do sistema de coordenação de ordens de produção MRP do ERP da empresa, é realizado o ajuste necessário e gerado o mapa de produção.

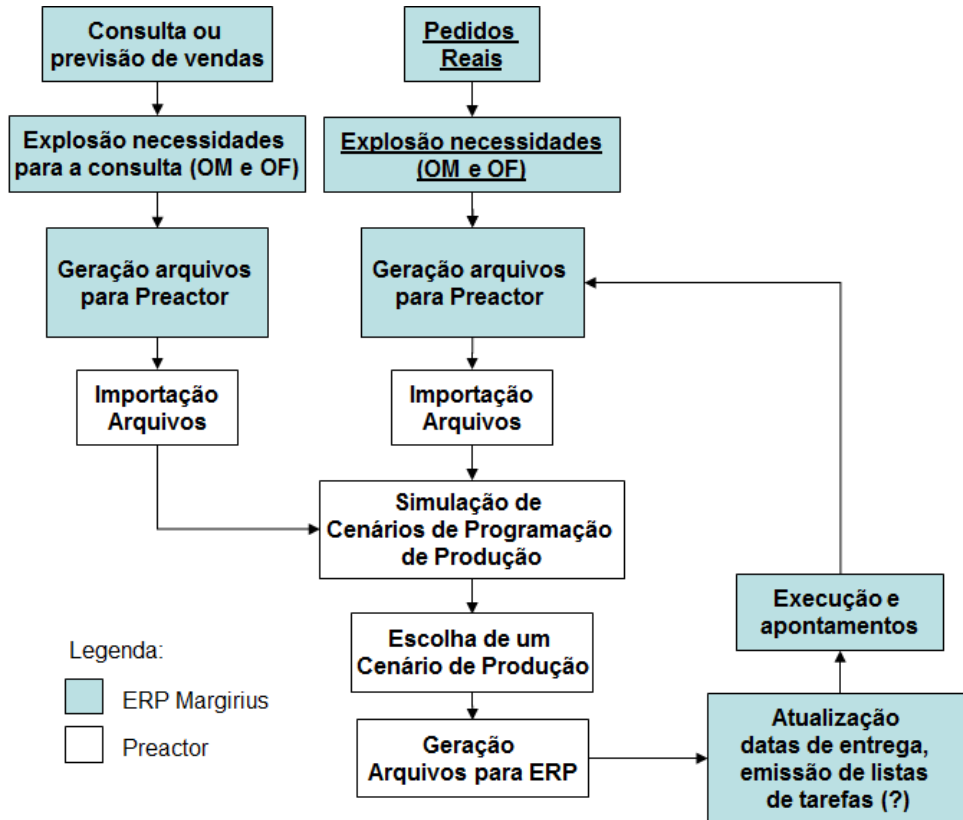
A partir do mapa de produção os dados são exportados para o *software Preactor* que interage com o MRP do ERP com a explosão da estrutura de materiais das referências (códigos dos produtos) definindo o planejamento dos componentes que serão utilizados, atualiza o *kanban* eletrônico e executa o *check list* do MRP com uma varredura de todos os componentes comprados / manufaturados que ficam armazenados ao lado de cada linha de montagem facilitando o uso. Após a verificação com a sequência gerada pelo *Preactor* as informações são disponibilizadas para a montagem e expedição com o lançamento dos produtos com leitor de código de barras dando baixa (*back flush*) ou atualizando os saldos de estoque dos componentes. Contudo venda é informada do *status* dos pedidos durante o processo.

Figura 3.14 – Fluxo de informações da programação da produção. Fonte: próprio autor.



A solução adotada a partir do *Preactor* é baseada, entre outros parâmetros na integração entre o ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa com o uso do sistema de coordenação de ordens de produção MRP de acordo com a Figura 3.15.

Figura 3.15 – Integração MRP com o *software Preactor*. Fonte: próprio autor.



A “**Capital**” utiliza duas nomenclaturas para classificar seus pedidos já em carteira, empenhado e não empenhado sendo:

1. **Empenhados** – pedidos firmados e já disponibilizados para a produção com prazos de entregas imediatos a capacidade de produção;
2. **Não Empenhados** – pedidos firmados mais ainda não disponibilizados para a produção. Na maioria destes casos, esses pedidos têm datas de entrega programadas com prazos superiores à capacidade da produção.

As Tabelas 3.1 e 3.2 mostram após o sequenciamento do *software Preactor* de acordo com a Figura 3.2. Na Tabela 3.1 o setor de injeção identifica que o componente 89014F tem estoque suficiente para atender os respectivos mapas de montagem que devem fazer uso do componente, não sendo programado pelo *Preactor*. Na Tabela 3.2 o saldo de estoque é atualizado na montagem com a respectiva alocação das quantidades a serem consumidas do item para cada uma das esteiras que devem montar algum produto acabado que consome o item 89014F.

Tabela 3.1 – Exemplo da visualização das informações de produção (**Sistema ERP AX**) a partir da programação do *Preactor* – Setor Injetoras. Fonte: próprio autor.

Setor	140		Injetoras			PPCP	<i>Preactor</i>	Produção
Data	Dia e hora		Referência	Estoque	Montagem	Saldo	OF	Saldo
07/10/2014	Quarta	09:23	465	0	1654	- 1654	8400	6746
07/10/2014	Quarta	09:23	717	0	13098	- 13098	0	- 13098
07/10/2014	Quarta	09:23	1683	0	707	- 707	2200	1493
07/10/2014	Quarta	09:23	2460	0	950	- 950	6000	5050
07/10/2014	Quarta	09:23	2496	0	9900	- 9900	10000	100
07/10/2014	Quarta	09:23	3565	1055	2010	- 955	0	- 955
07/10/2014	Quarta	09:23	3709	0	1000	- 1000	3300	2300
07/10/2014	Quarta	09:23	7612 H	0	12530	- 12530	20000	7470
07/10/2014	Quarta	09:23	10534 H	0	7750	- 7750	0	- 7750
07/10/2014	Quarta	09:23	10670	0	9900	- 9900	10000	100
07/10/2014	Quarta	09:23	11337 H	0	61588	- 61588	46000	- 15588
07/10/2014	Quarta	09:23	11684 H	377	1510	- 1133	1500	367
07/10/2014	Quarta	09:23	11703H	0	8000	- 8000	0	- 8000
07/10/2014	Quarta	09:23	11807 H	0	71700	- 71700	76000	4300
07/10/2014	Quarta	09:23	89014 F	51498	27774	23724	0	23724
08/10/2014	Quinta	09:23	89014 F	23724	8196	15528	0	15528
09/10/2014	Sexta	09:23	89014 F	15528	70	15458	0	15458
<b>Análise dos componentes</b>						FWUP	Montagem	

Tabela 3.2 – Exemplo da visualização das informações de produção (**Sistema ERP AX**) a partir da programação do *Preactor* – Setor Montagem. Fonte: próprio autor.

Setor	150		Montagem			Estoque: 06/10/2014 [Terça]	(SI) Saldo inicial	51498	Montagem
<b>Referência</b>		[ 1973 ] TECLA T 89014 F 16000							
<b>Processamento</b>			<b>07/10/2014</b>	<b>10:20:26</b>	<b>OF/VIRTUAL</b>		<b>(a) + (b)</b>		
<b>Data</b>	<b>Dia e hora</b>		<b>Mapa</b>	<b>Esteira</b>	<b>TIP</b>	<b>(a) Empenho</b>	<b>(b) Não empenhado</b>	<b>(c) Acúmulo</b>	<b>Saldo SI – (c)</b>
07/10/2014	Quarta	09:23	1012A	43 – b	PRG	3250	0	3250	48248
07/10/2014	Quarta	09:23	1012A	58 – b	PRG	9950	0	13200	38298
07/10/2014	Quarta	12:20	1012A	43 – b	PRG	3250	0	16450	35048
07/10/2014	Quarta	15:17	1012F	43 – b	PRG	7377	0	23827	27671
07/10/2014	Quarta	18:25	1012F	58 – b	NOR	3927	0	27754	23744
07/10/2014	Quarta	18:54	1014B	52 – a	NOR	20	0	27774	23724
08/10/2014	Quinta	07:10	1012F	43 – b	PRG	2123	0	29897	21601
08/10/2014	Quinta	07:10	1012F	58 – b	NOR	6073	0	35970	15528
09/10/2014	Sexta	09:41	1013B	55 – a	NOR	20	0	35990	15508
09/10/2014	Sexta	09:42	1013B	55 – a	NOR	50	0	36040	15458
<b>FOLLOW-UP MONTAGEM</b>						36040	0	36040	15458
<b>Análise dos componentes</b>						FWUP	Montagem		

A partir da integração entre os *softwares* especialistas na gestão da fábrica é possível exercer uma função mais efetiva de controle do inventário e das prioridades dos produtos acabados por data e hora de entrega, contudo tal informação pode ser repassada para todas as áreas através da necessidade dos componentes e matérias primas com base na estrutura do produto em tempo real de modo a informar o que deve ser feito e quando deve ser feito ao mesmo tempo para a fábrica toda, neste caso não há a possibilidade de determinados processos não cumprirem as suas datas de cada ordem de fabricação de sua responsabilidade por motivo de falta de informação.

### 3.3. Pontos frágeis da produção

Em função da complexidade da cadeia produtiva da empresa verticalizada alguns pontos de conexão entre as áreas, assim como, áreas específicas apresentam pontos de alta fragilidade requerendo uma atenção pontual para problemas específicos identificados também a partir do uso do modelo de programação:

- Não é possível saber, via sistema, quais máquinas estão sendo utilizadas e quais componentes manufaturados estão sendo produzidos;
- Não existe sistema para disponibilizar máquinas e funcionários;
- A priorização da fabricação é dificultada quando a montagem pede muitas peças com o mesmo status (U, N, D, sendo U (urgente), N (normal) e D (programados));
- Não é possível saber qual horário do dia a montagem precisará das peças para montar os produtos.

Contudo, avaliando as áreas pontualmente é possível identificar também os pontos frágeis sendo:

#### 1. Pontos frágeis para montagem

- Não é possível saber qual produto já foi liberado pela montagem;
- Priorização é pouco eficaz para períodos de alta demanda;
- *Kanban* eletrônico não é atualizado em tempo real;
- Não existe sistema para disponibilizar máquinas e funcionários;
- Não é possível saber o que está montando nas linhas em tempo real.

#### 2. Pontos frágeis para Comercial

- Informações sobre pedidos não são disponibilizados para o resto da fábrica em tempo real;
- Não é possível saber quais produtos já foram expedidos.
- Não é possível identificar via sistema como está o status do pedido em relação à manufatura e expedição;
- Atrasos de pedidos são identificados na data da entrega;
- As atualizações não ocorrem em tempo real.

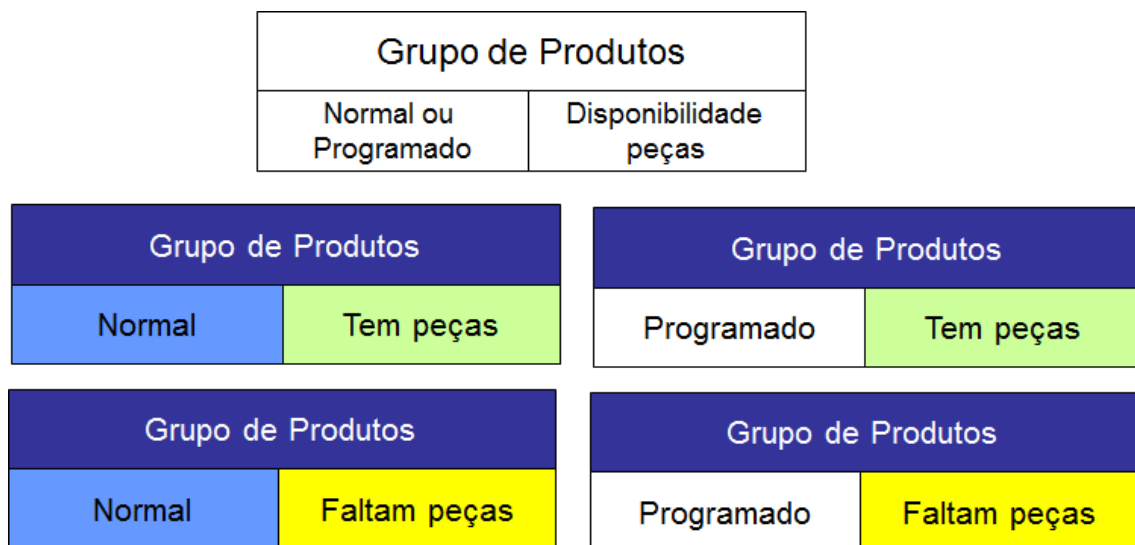
### 3.4. Objetivos do projeto *Preactor* – montagem

A partir dos pontos frágeis a proposta do uso do *software* especialista em programação da produção assume o objetivo de:

- a) Sequenciar os itens de pedido a partir dos critérios estabelecidos de acordo com as características da montagem dos produtos;
- b) Fazer o sequenciamento das ordens de produção respeitando critérios previamente definidos e políticas de atendimento da empresa;
- c) Permitir o ajuste rápido do plano de produção, em função de alterações verificadas na demanda, nas condições de produção e nas políticas de atendimento;
- d) Sincronizar a produção entre os diferentes setores de montagem;
- e) Facilitar as avaliações de necessidade de recursos ao longo do horizonte de produção;
- f) Melhorar a análise de necessidade de horas-extras, turnos de trabalho, equipamentos e equipes de trabalho;
- g) Poder analisar as consequências das reprogramações.

A Figura 3.16 apresenta o fluxo geral do funcionamento da solução desenvolvida a partir do modelo de programação do *software* especialista em programação da produção *Preactor*.

Figura 3.16 – Fluxo geral do funcionamento da solução. Fonte: próprio autor.



A proposta de implantação do *software* especialista em programação da produção, *Preactor*, desenvolvida pelo autor do presente trabalho na empresa “**Capital**”, busca a partir do uso do conceito de capacidade finita na montagem auxiliar na manutenção de um fluxo de informação ágil e preciso a partir de dados que permitam verificar:

1. Antecipação das Necessidades (CP) dos recursos gargalos assim como os recursos gargalos a partir dos planos de produção gerados a cada período;
2. Projeção precisa do Faturamento a partir de um plano de produção preciso;
3. Planejamento de Médio Prazo e Longo Prazo da operação e do negócio;
4. Informações para Vendas quanto ao atendimento dos pedidos;
5. Informações das necessidades da Fábrica;
6. Informações de Desempenho dos recursos de manufatura.

Contudo, a adequação do uso dos recursos quanto aos planos de produção a partir de um padrão de desempenho aceitável o *software* deve apoiar:

1. O micro Sequenciamento da Montagem (credibilidade no *Software*);
2. Informações precisas quanto ao uso dos recursos primários envolvendo na montagem 70 esteiras de montagem o que corresponde a 210 linhas;
3. Informações precisas no:
  - **Curto Prazo** - Agilidade nas informações aos clientes; Perspectiva de Faturamento; Análise da capacidade instalada de mão de obra.
  - **Médio e Longo Prazo** - simular cenários a partir capacidade e disponibilidade de mão de obra; capacidade de dispositivos e máquinas.

O projeto desenvolvido teve como objetivo estruturar o processo de Programação a partir do novo sistema com fluxo de informações descrito na Figura 3.16.



### 3.5. Pontes fortes proporcionados a partir do projeto

#### 1. Pontos Fortes Para Produção

- É possível saber, via sistema, quais produtos estão sendo montados no momento;
- A priorização da fabricação é facilitada, evitando muitos itens urgentes ao mesmo tempo;
- É possível saber qual horário do dia a montagem precisará dos componentes;

#### 2. Pontos Fortes Para Montagem

- É possível saber qual produto já foi liberado para a expedição;
- Priorização é muito eficaz em períodos de alta demanda;
- *Kanban* eletrônico é atualizado em tempo real;
- O sistema permite visualizar a disponibilidade de recursos de mão de obra;
- É possível saber com antecedência quais serão os produtos que devem ser produzidos no dia.

#### 3. Pontos Fortes para a área Comercial

- Informações sobre pedidos são disponibilizadas para o restante da empresa em tempo real;
- É possível saber quais produtos já foram expedidos.
- É possível saber quais produtos já foram recebidos na expedição.
- É possível identificar via sistema como está o status do pedido em relação à manufatura e expedição;
- Possíveis atrasos de pedidos são identificados com antecedência;
- As atualizações ocorrem em tempo real.

### 3.6 Frequência de Planejamento, Programação e Reprogramação

A frequência de planejamento, programação e reprogramação depende da necessidade determinada entre os departamentos comercial, suprimentos e produção. Porém, todo o sistema está apto a permitir que toda a sistemática seja processada quantas vezes se fizerem necessário e em qualquer tempo. Atualmente a atualização da interface MRP / APS é atualizada 3 vezes ao dia, proporcionando a todo o sistema informação a mais real possível.

#### 3.6.1 Detalhamento do Processo de Otimização de *Inputs*

A análise de lançamentos desnecessários foi realizada para todos os relatórios com os respectivos inputs, porém os itens listados a seguir compõe o grupo que já está em processo efetivo de otimização. Este levantamento e tomada de ações foram necessárias para aliviar o sistema de informação, conseqüentemente agilizando o fluxo da informação e uso desnecessário de mão de obra com esta finalidade.

**Apontamento de Produção:** serão registrados diretamente no sistema os horários com o início e fim da produção e as quantidades produzidas.

**Lançamentos de OF Montagem:** será implantado o sistema de baixa lógica dos materiais e para a OF dos componentes.

**Apontamento da produção na Montagem:** serão registrados no sistema informações como horários de início e fim de turno, quantidades produzidas, Códigos dos produtos, mapas, entre outras.

Após o levantamento de todas as informações (*inputs*) realizado no chão de fábrica, foi realizada uma classificação ABC, como apresentado no Apêndice A. para cada apontamento foi estipulado um tempo médio que é utilizado em todos os apontamentos. Os critérios utilizados na classificação foi a somatória de horas utilizadas nos apontamentos realizados na produção, sendo eles a quantidade de apontamentos vezes o tempo médio estipulado.

Os lançamentos relacionados à produção estarão sendo reduzidos através da implantação do sistema de produção desenvolvido por um parceiro com a utilização de coletores de dados e micro computadores espalhado pelo chão de fábrica.

### 3.6.2 Resumo dos *Inputs* na Produção

De acordo com as Tabelas 3.1 e 3.2 os *inputs* descritos e os aplicativos definidos a partir da funcionalidade relacionada às áreas do processo de fabricação deve permitir uma integração significativa da cadeia de suprimentos interna da empresa com o seguinte propósito:

#### Apontamentos da fábrica

- Em média, a quantidade diária de apontamentos realizados é igual a 45.611;
- Tipos de apontamentos diferentes: 9.731;
- Desses, 36% são duplicados;
- São utilizados em apontamentos, 11 operadores em média.

#### Proposta de Melhorias

- Redução em 90% dos apontamentos em papel;
- Redução em 30% dos apontamentos no computador;
- Implantação do sistema informatizado de coleta e apontamentos de dados.

#### Resultados Esperados

- Redução de gastos com apontamentos em aproximadamente 70%;
- Disponibilização de 1.312 horas-homem mensais para a produção.

Tabela 3.3 – Resumo dos *Inputs* na produção. Fonte: próprio autor.

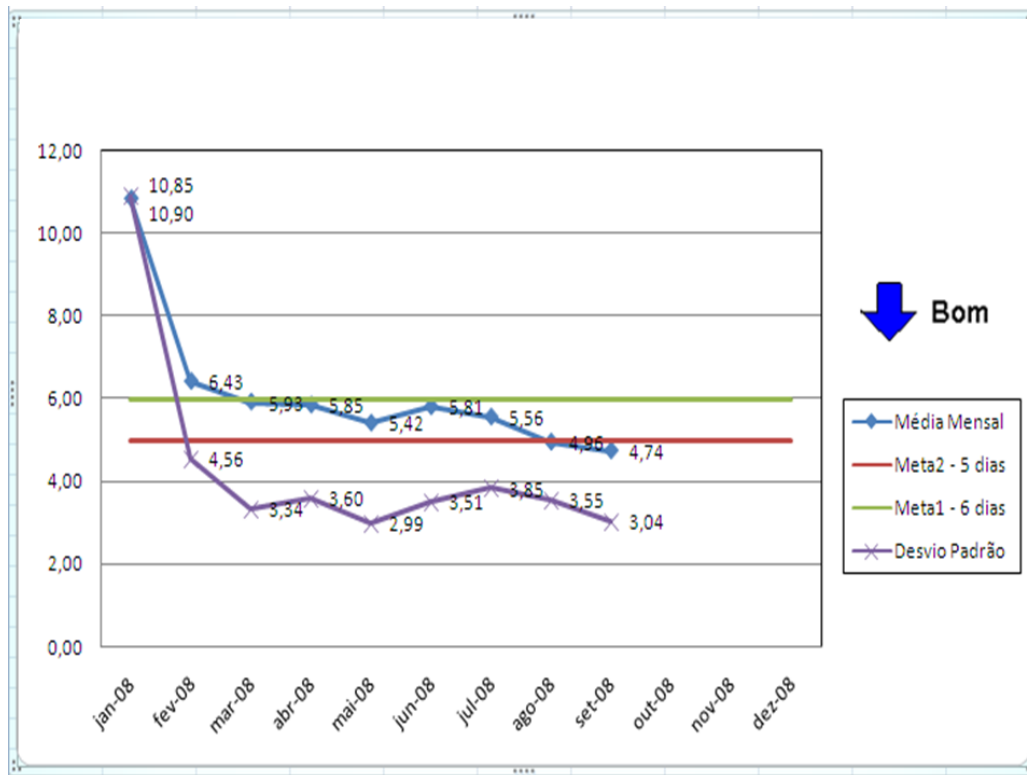
<b>Resumo Final dos <i>Inputs</i> na Produção</b>	
Total de Apontamentos Diferentes Existentes	2922
Total de Apontamentos Duplicados Existentes	139
Porcentagem de Lançamentos Duplicados	30%
Quantidade Diária de Apontamentos Realizados	6890
Tempo Total Mensal Gasto em Apontamentos (em horas)	910
Horas Gastas Diariamente em Apontamentos	6
Horas Gastas Diariamente em Apontamentos no Papel	3
Horas Gastas Diariamente em Apontamentos no Computador	3
Número Médio de Operadores Utilizados em Apontamentos	1

Tabela 3.4 – *Softwares* e setores. Fonte: próprio autor.

Setor/ <i>Software</i>	<i>Dataflex</i>	<i>AX</i>	<i>Preactor</i>	<b>MES</b>
<b>Programação</b>	x	x	x	x
<b>Vendas</b>	x	x		
<b>Estamparia</b>	x			x
<b>Injetora</b>	x			x
<b>Tornearia</b>	x			x
<b>Trat. Superfície</b>	x			x
<b>Tampografia</b>	x			x
<b>Montagem</b>	x		x	x
<b>Expedição</b>	x	x		

Os resultados alcançados pela empresa quanto ao tempo médio de liberação dos pedidos para os clientes são apresentados na Figura 3.17 devendo ser observado a brusca queda da média mensal de atendimento dos pedidos quanto ao tempo de liberação ou entrega.

Figura 3.17 – Comportamento do tempo médio de liberação dos pedidos. Fonte: próprio autor.



### 3.6.3 Proposta de melhoria

Com redução em 90% dos apontamentos em papel, o tempo de apontamento deve ser de apenas 6 horas diárias para este tipo de apontamento.

Otimizando o sistema de apontamento (implantação de terminais computadorizados e opção de cruzamento de dados no sistema), haverá a redução de 30 % no tempo de lançamento em computador. Serão gastos, portanto, em torno de 23 horas diárias para lançamentos dessa natureza.

O tempo total utilizado em apontamentos será de 29 horas diárias. Serão necessários, apenas 3 computadores. A redução nos gastos com apontamentos (somente mão-de-obra) será de 69%, conforme descrito no apêndice A.

No Apêndice A é apresentado, de acordo com a Tabela 3.5 os respectivos fluxos do sistema produtivo geral, fluxo de informação da manufatura/fabricação de fluxo de informação da manufatura/montagem, programação da produção, mapeamento do fluxo de valor e a classificação dos *inputs* dos sistemas.

Tabela 3.5 – Respectivos Fluxos do sistema. Fonte: próprio autor.

Identificação	Descrição	Página
Figura A1	Sistema Produtivo Geral	97
Figura A2	Fluxo da Manufatura/Fabricação	98
Figura A3	Fluxo da Manufatura/Montagem	99
Figura A4	Programação da produção	100
Figura A5	Mapa do Fluxo de Valor	101
Tabela A1	(A) Classificação dos <i>Inputs</i> Ligados aos setores de Produção	103
Tabela A2	(B) Classificação dos <i>Inputs</i> Ligados aos setores de Produção	104
Tabela A3	(C) Classificação dos <i>Inputs</i> Ligados aos setores de Produção	105

As Figuras e Tabelas do Apêndice A ilustram a complexidade do sistema de produção da empresa objeto do estudo e o quanto o projeto de TI é robusto a fim de manter a integração entre os diferentes *softwares* utilizados com a precisão dos dados e da informação necessária.

De acordo com a Figura 3.17, o processo de planejamento e programação da produção começa pelo recebimento dos pedidos e verificação do saldo de estoque de componentes para atender as necessidades de montagem.

Tal processo é automatizado a partir da solução de programação da produção desenvolvida com o uso do *software* especialista em programação da produção *Preactor*. No caso a premissa estabelecida é de que as ordens de montagem são vinculadas a cada item-pedido.

Todos os dados requeridos pelo APS *Preactor* para permitir ao programador da produção a geração de diferentes cenários de produção, são gerados por rotinas especialmente desenvolvidas para este fim.

A partir do *Preactor*, é acionada uma rotina para carregar os dados gerados pelo ERP da empresa e em seguida são gerados vários cenários de produção analisados pelos supervisores de linha de montagem, programador da produção, vendas e suprimentos que devem avaliar o cenário que melhor atenda às necessidades do momento.

Uma vez definido o melhor cenário de produção as informações de início e fim das ordens são enviadas para o sistema corporativo ERP de sorte a atualizar as datas de fim de produção e de expedição dos pedidos e, eventualmente, as listas de tarefas da produção.

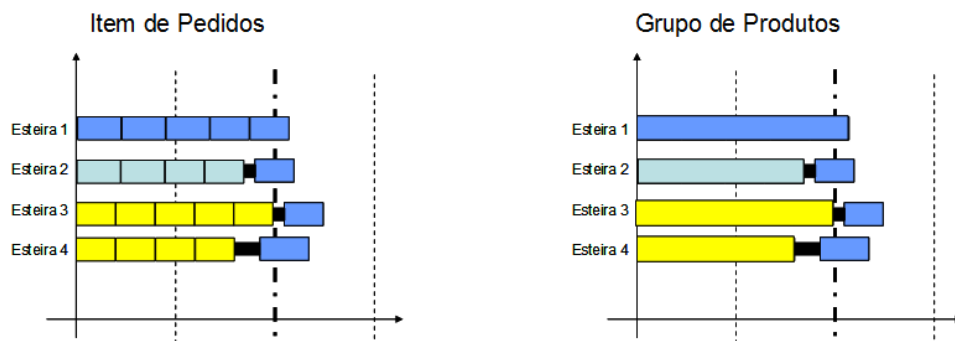
Na medida em que a produção for sendo executada, o *Preactor* é atualizado. Paralelamente ao fluxo normal de planejamento e programação da produção, o *Preactor* também é utilizado para permitir promessa de entrega para situações especiais (grandes volumes, por exemplo) e avaliação de gargalos de produção para uma determinada projeção de vendas dentro do conceito de Gestão da Demanda.

A solução, no entanto atende a requisitos específicos para o Setor de Montagem considerada pela empresa como a área prioritária o uso do *software* de programação *Preactor* é o setor de montagens. Neste sentido, a solução contempla vários aspectos do processo:

- a) As esteiras (devidamente identificadas e associadas a um gestor) são os recursos primários no *Software APS*;
- b) Pessoas, máquinas e dispositivos são considerados recursos secundários e cabe ao programador parametrizá-los para serem usados como restrição ou não durante o sequenciamento;
- c) Associado a cada grupo de produto (família) deve ser enviado para o *Preactor* às informações de tempo de processo, quantidade de pessoas ideais requeridas no processo produtivo, assim como as máquinas e dispositivos necessários;
- d) O *Preactor* somente deve alocar as ordens automaticamente nos recursos primários habilitados para isso, mas deve permitir que o usuário pudesse interferir na alocação manualmente uma ou mais ordens em outros recursos capazes de realizar a mesma atividade. Quando isso ocorrer, o sistema deve reconhecer a diferença e ampliar adequadamente o tempo de *setup* e de processo de acordo com os parâmetros cadastrados no sistema;

- e) No *Preactor*, ao se alterar a quantidade de pessoas associadas a uma ordem, o tempo de processo deve ser automaticamente ajustado, conforme cálculo a ser definido oportunamente;
- f) Cada barra representada no Quadro de Programação do *Preactor* deve ser subdividida em três posições de cores: uma para identificar o grupo de produtos, outra para identificar se a ordem é normal ou programada e a última para identificar se todas as peças requeridas na ordem estão disponíveis no estoque ou requerem fabricação de acordo com a Figura 3.14.
- g) O Quadro de Programação deve possuir funcionalidade para permitir ao usuário selecionar ordens programadas, mover e soltar em uma diferente posição várias ordens simultaneamente;
- h) Durante o sequenciamento automático, ao liberar uma ou mais restrições secundárias, o sistema deve dimensionar a quantidade ideal dessas restrições para atender a programação;
- i) O usuário deve poder acionar uma rotina que permita visualizar no módulo de *Gantt* (visualização pelo Quadro de Programação depende de avaliação técnica mais detalhada) a programação das ordens de montagens (itens de pedido) ou grupos de produtos, conforme Figura 3.18.

Figura 3.18 – Visões alternativas do sequenciamento. Fonte: próprio autor.



A frequência de Planejamento, Programação e Reprogramação depende da necessidade do Programador, porém, todo o sistema deve estar apto a permitir que toda a sistemática seja processada quantas vezes se fizerem necessário e em qualquer tempo.

Quanto ao horizonte de programação o recomendado pela empresa é de 1 mês. Porém, este período é ampliado ou reduzido conforme a necessidade do momento.

O período de congelamento da programação recomendado é de 2 dias o que significa que a partir da data corrente não se deve mexer na programação dentro do horizonte de até 2 dias.

A empresa utiliza o *software Preactor 400 APS* como *Master Scheduling System* a partir necessidade de uso de relacionamento entre diferentes ordens de produção (*Explicit Made From*), regras de sequenciamento como Minimização Global de *Setup*, Sequência Preferida e, eventualmente de regras personalizadas de sequenciamento.

Independente das aplicações ou bancos de dados distintos (para cada setor como, por exemplo, montagem, injeção ou prensa) a empresa faz uso de uma mesma licença do *Preactor 400 APS*, mas não concomitantemente. No caso apenas um programador é responsável por todos os setores.



**Referências Bibliográficas**

- AZZOLINI-JÚNIOR, FERRAZ-JÚNIOR, F. Adquirindo controle: gestão da capacidade e prioridades. São Carlos, Brasil: EESC-USP, 2012. 380p.
- BARTÁK, R., On the Boundary of Planning and Scheduling: A Study, Proceedings of Eighteenth Workshop of the UK Planning and Scheduling Special Interest Group (PLANSIG99) Workshop. 1999.
- BAYINDIR, Z., P., EIN 4333 Production and Distribution Systems class notes. 2005.
- BENDERS, J. and RIEZEBOS, J.; Period batch control: classic, not outdated, Production Planning & Control, VOL. 13, NO. 6, 497 – 506. 2002.
- BENDERS, J.; The origin of Period Batch Control (PBC), International Journal of Production Research, vol. 40, no. 1, 1-6. 2002.
- BERLUNG, B., KARLTUN, J., Human, Technological and Organizational Aspects Influencing the Production Scheduling Process, 18th International Conference on Production Research. 2005.
- BERLUNG, B., KARLTUN, J., Human, technological and organizational aspects influencing the production scheduling process. Int. J. Production Economics 160–174. 2007.
- BITRAN G. R., A Simulation Model for Job Shop Modeling, A. P. Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology. 1983.
- BLALOCK, M. The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World by Jeremy Rifkin, president of the Foundation on Economic Trends. Intel. 2014.
- BRETON, P. História da Informática. São Paulo: UNESP, 260 pp. p. 68-69. 1991.
- BURBIDGE, J. L., The new approach to production, Production Engineer, 40, 769 – 784. 1961.
- BURBIDGE, J. L. and HARRISON, A.; Testing for the Effects of Oil-Price Rises Using Vector Auto regressions, International Economic Review, Vol. 25, No. 2, June, 1984.
- CORRELL, J. and HERBERT, K. Gaining Control – Managing Capacity & Priorities. John Wiley & Sons. 3<sup>rd</sup> Edition. 2007.
- EMILIANI, M. L. and SEYMOUR, P. J.; Frank George Woollard: forgotten pioneer of flow production, Journal of Management History, Vol. 17 No. 1, 2011.

- FERNANDES, F. C. F e GODINHO M. F.; Planejamento e Controle da Produção dos Fundamentos ao Essencial. Editora Atlas. 2010.
- FERNANDES, F. C. F. e TAHARA, C. S.; Um Sistema de Controle da Produção para a Manufatura Celular Parte I: Sistema de Apoio à Decisão para a Elaboração do Programa Mestre de Produção. 1996.
- GARDNER, M., and ASHBY, W. R., Connectance of large dynamic (cybernetic) systems: critical values for stability, *Nature*, 228, 784. 1970.
- GIGLI, R.J., Material control reference book, Associated Industrial Consultants, July, 1947.
- HERMANN, J., W., Improving Production Scheduling: Integrating Organizational, Decision-Making, and Problem-Solving Perspectives, Industrial Engineering Research Conference, Orlando, Florida. 2006.
- HYMAN, A. Charles Babbage, Pioneer of the Computer. Princeton University Press, 287 pp. p. 5. 1982.
- FUEGI, J. and FRANCIS, J. Lovelace & Babbage and the creation of the 1843 'notes'. *IEEE Annals of the History of Computing* 25 No. 4. October–December. 16–26. 2003.
- KEMPPAINEN, K., Priority Scheduling Revisited – Dominant Rules, Open Protocols, And Integrated Order Management. 2005.
- KIPPING, M.; American Management Consulting Companies in Western Europe, 1920 to 1990: Products, Reputation, and Relationships, *The Business History Review*, Vol. 73, No. 2, pp. 190 – 220). 1999.
- KREIS, S.; A difusão da Administração Científica: A Companhia Bedaux na América e na Grã-Bretanha, 1926-1945, *The Ohio State University Press Columbus*, cap. 07, p. 156 – 174, 1992.
- 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, número 5, p. 481 – 496, 2000.
- MARSH, E. R.; The Harmonogram of Karol Adamiecki, *The Academy of Management Journal*, Vol. 18, No. 2, pp. 358-364. (June, 1975).
- MELNYK, S. A.; VICKERY I, S.K.; Carter, P.L.: Scheduling Sequencing and Dispatching – alternative perspectives. *Production and Inventory Management*, Second Quarter, 1986.

- PACKENDORFF, J.; Inquiring into the Temporary Organization: New Directions for Project Management Research, *Scandinavian Journal of Management*, Vol. 11, No. 4, pp. 319-333, 1995.
- PAVNASKAR, S. J., GERSHENSON, J. K. and JAMBEKAR, A. B.; Classification scheme for lean manufacturing tools, *International Journal of Production Research*, vol. 41, no. 13, 3075–3090. 2003.
- PINEDO, M.. Scheduling. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Industrial Engineering* (2nd edition). Chichester: Wiley. Interscience. 1992.
- PINEDO, M., Scheduling: theory, algorithms, and systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1995.
- PIRES, S.; *Gestão Estratégica da Produção*, Piracicaba, 1995.
- RIEZEBOS, J.; 2001, Design of a Period Batch Control planning system for cellular manufacturing. Unpublished PhD thesis, University of Groningen. 2001.
- SETH, D. and GUPTA, V.; Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study, *Production Planning & Control*, Vol. 16, No. 1, 1 January, 44–59. 2005.
- STEELE, D. C. and MALHOTRA, M. K.; Factors affecting performance of period batch control systems in cellular manufacturing, *International Journal of Production Research*, Vol. 35, number 2, 421 – 446. 1997.
- TAYLOR, F. W.; *The principles of scientific management*, Harper & brothers Publishers, 1919.
- TOWILL, D. R.; FORRIDGE - Principles of good practice in material flow, *Production Planning & Control*, VOL. 8, NO. 7, 622 – 632. 1997.
- WIERS, V., Human-computer interaction in production scheduling-Analysis and design of decision support systems for production scheduling tasks, Eindhoven, The Netherlands: Eindhoven University of Technology Press, Ph. D. Thesis. 1997.
- WOMACK, J., JONES, D.T. and ROOS, D., *The Machine That Changed the World*, (Macmillan: New York). 1990.

# **APÊNDICE A**

# **FIGURAS**

Figura A1 – Sistema Produtivo Geral. Fonte: próprio autor.

# Sistema Produtivo Geral

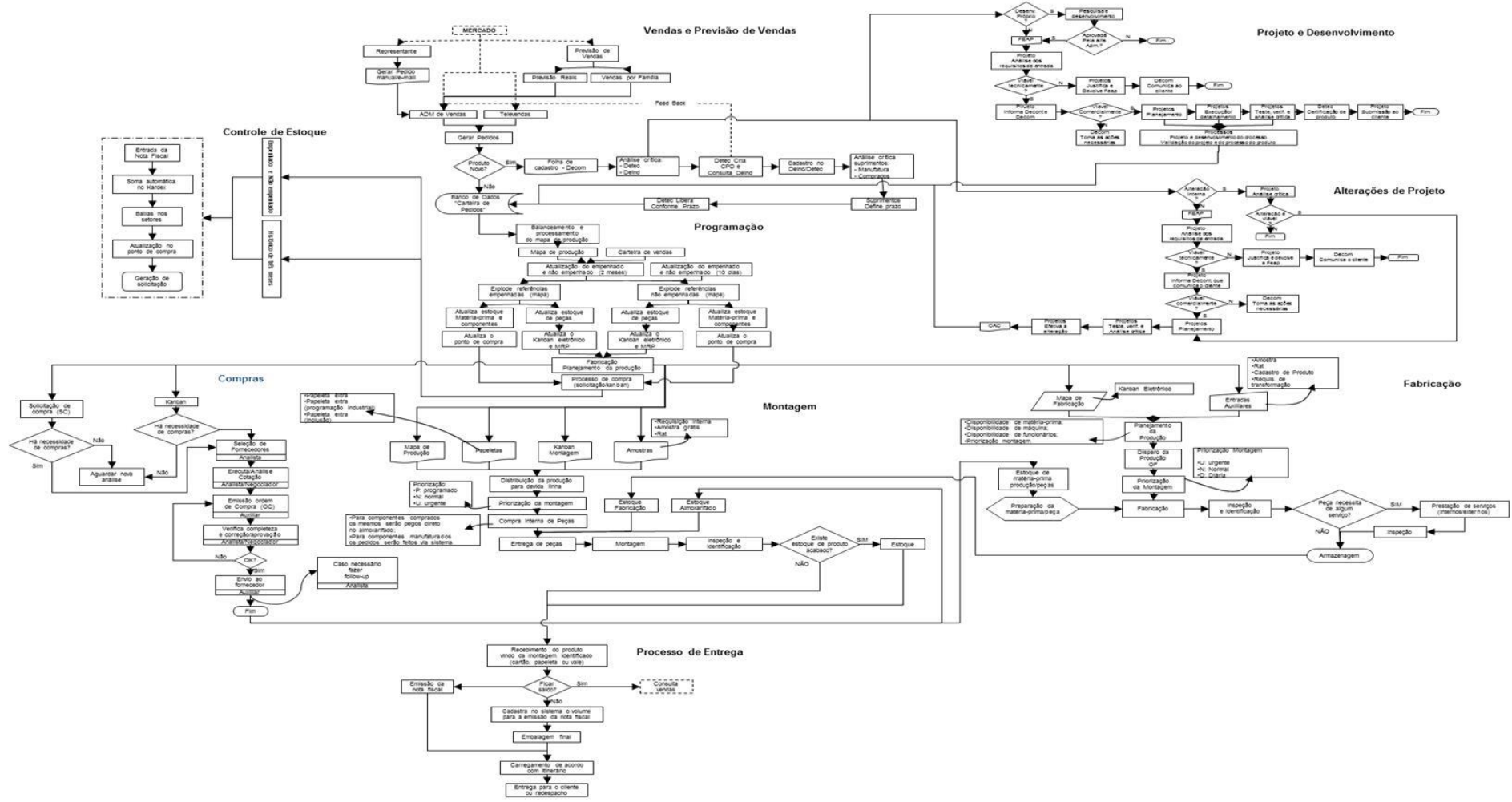


Figura A2 – Fluxo da Manufatura/Fabricação. Fonte: próprio autor.

### Fluxo de Manufatura/Fabricação

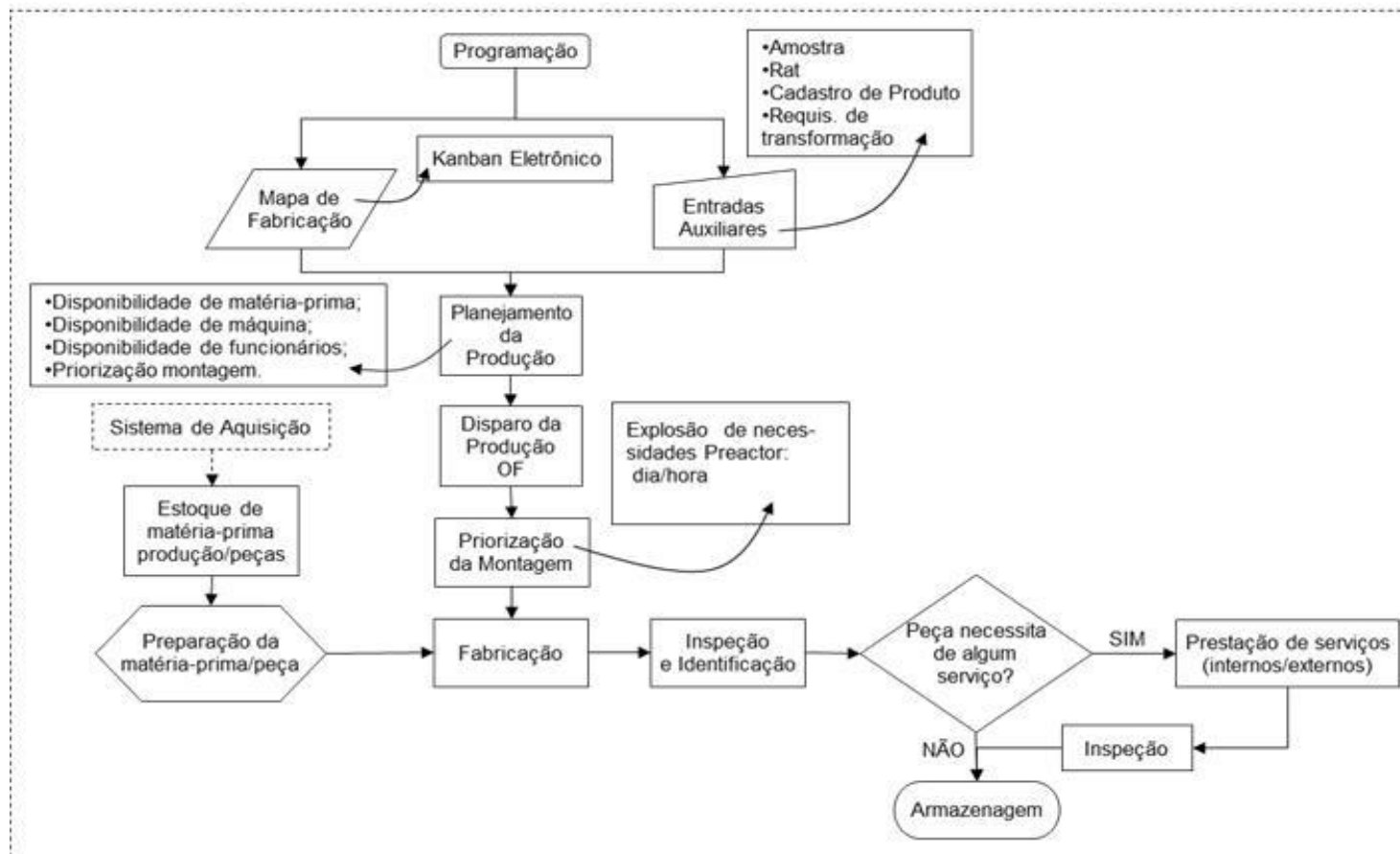


Figura A3 – Fluxo da Manufatura/Montagem. Fonte: próprio autor.

### Fluxo da Manufatura/Montagem

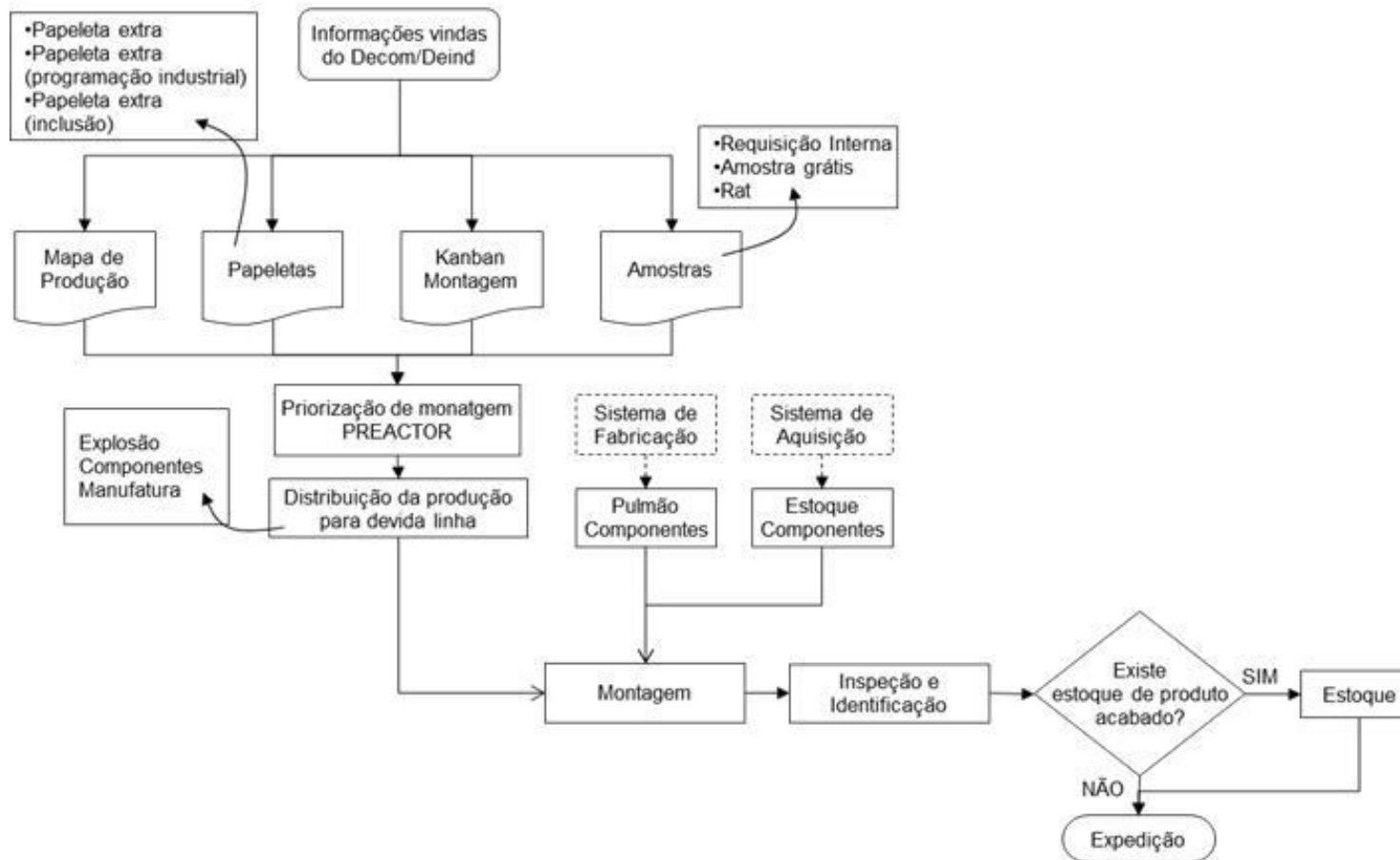


Figura A4 – Programação. Fonte: próprio autor.

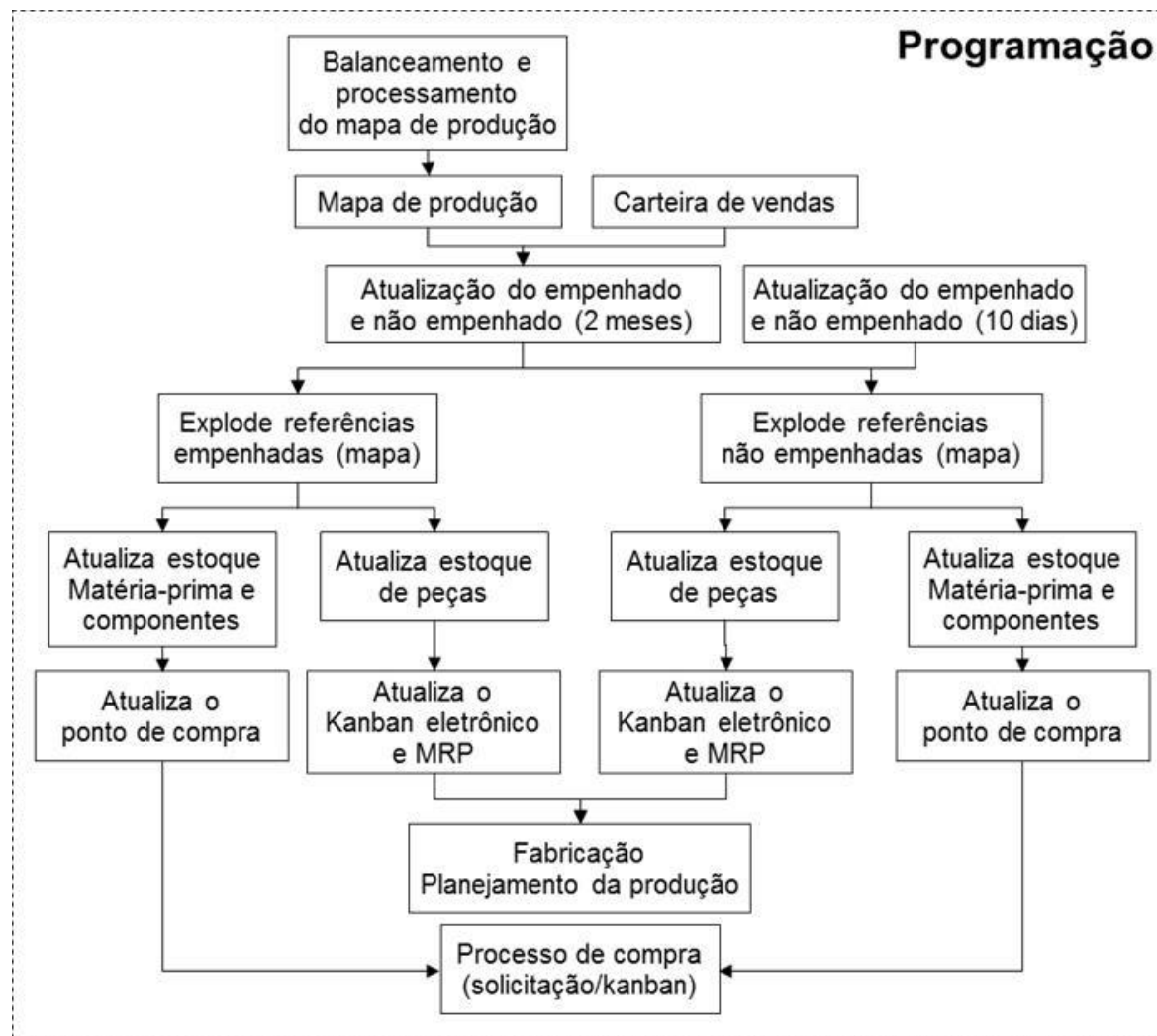
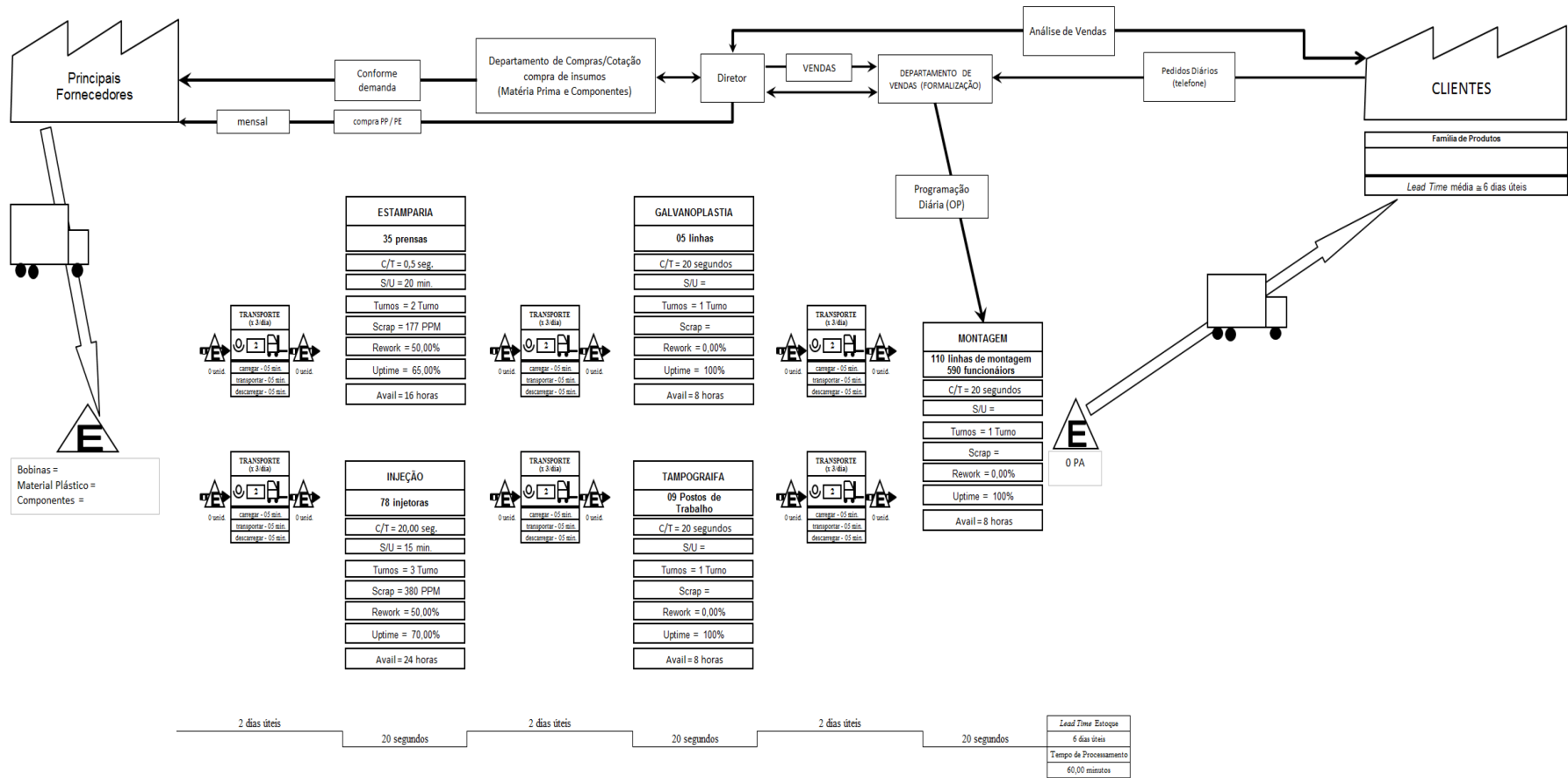




Figura A5 – Mapa do Fluxo de Valor. Fonte: próprio autor.



# **APÊNDICE A**

## **TABELAS**





Tabela A.3 Classificação dos *Inputs* Ligados aos setores de Produção. Fonte: próprio autor.

<b>Inputs Classe "C" (11%)</b>													
Setor	Relatório	Quant	Fornecedor	Quantidade			Quant Rel. por dia	Tempo (P) (h)	Tempo (C) (h)	Quant Diária Total (h)	Quant. Hora Mês	Cliente (Setor)	%
				Papel	Comp	Duplos							
Montagem	Mapa de Produção Virtual	6	Montagem		7		20	0,0000	0,8111	0,8111	16,2222	Suprimentos	0,849%
Montagem 2	Lançar o Tempo	1	Montador	110	110	110	3	0,3708	0,2917	0,6625	13,2500	Suprimentos Deind	0,694%
Montagem 2	Relatório de Inspeção Montagem 2	1	Montador	60	60	60	5	0,3403	0,2778	0,6181	12,3611	Suprimentos Dep. Técnico	0,647%
Montagem 2	Relatório de Inspeção Montagem 2	1	Montador	60	60	60	5	0,3403	0,2778	0,6181	12,3611	Suprimentos Dep. Técnico	0,647%
Tornearia	Controle de Horas Improdutivas	1	Tornearia	9	9	9	20	0,2278	0,2611	0,4889	9,7778	Suprimentos	0,512%
Injetora	Listar Produtos do kanban	1	Injetora	4	4	4	30	0,1750	0,2667	0,4417	8,8333	Injetora	0,462%
Injetora	Ficha Técnica para Preparação de Máquinas Injetoras (Provisória)	1	Injetora	92			4	0,4144	0,0000	0,4144	8,2889	Dep. Técnico Deind	0,434%
Montagem 2	Verificar se Há Comp.	1	Montador		1		60	0,0000	0,3833	0,3833	7,6667	Montagem 2	0,401%
Montagem 2	Relatório de Não Conformidade Interna - Montagem 2	1	Montador	11			25	0,3403	0,0000	0,3403	6,8056	Dep. Técnico	0,356%
Montagem 2	Consultar Mapa	1	Montador	1	2		30	0,0750	0,2167	0,2917	5,8333	Montagem 2	0,305%
Montagem 2	Lançar Prod. No Estoque	1	Montador		5		30	0,0000	0,2917	0,2917	5,8333	Suprimentos	0,305%
Montagem 2	Apontamento das Horas Operação Corte de Fios	1	Montador	35	14	14	5	0,2014	0,0861	0,2875	5,7500	Suprimentos Decont Dep. Técnico	0,301%
Montagem	Apontamento de Horas das OF's	3	Montagem	12	12	12	3,5	0,1449	0,1244	0,2693	5,3861	Suprimentos Decont Dep. Técnico	0,282%
Montagem	Justificativa de Ocorrência de Portaria	6	Montagem	11			3,5	0,2615	0,0000	0,2615	5,2306	Dep. Rec. Humanos	0,274%
Montagem	Controle de Horas Improdutivas	30	Esteiras		10		1	0,0000	0,2556	0,2556	5,1111	Suprimentos	0,268%
Montagem	Follow-up Montagem de Produção	6	Montagem	1	2		10	0,0806	0,1556	0,2361	4,7222	Produção	0,247%
Montagem 2	Relatório de Inspeção de Gravação - Montagem 2	1	Montador	66			3	0,2242	0,0000	0,2242	4,4833	Decont Dep. Técnico	0,235%
Tampografia	Atividades Não-Produtivas	1	Tampografia	28	19	19	4	0,1300	0,0856	0,2156	4,3111	Decont Dep. Técnico	0,226%
Estamparia	Lançar Priorização das Máquinas (quadro)	1	Estamparia	3			10	0,2000	0,0000	0,2000	4,0000	Estamparia	0,209%
Montagem 2	Produtos Não-Conforme	1	Montador	24	6	6	5	0,1403	0,0528	0,1931	3,8611	Suprimentos Dep. Técnico	0,202%

Montagem	Papeleta Extra	6	Montagem	1	1		10	0,0806	0,1056	0,1861	3,7222	Decom Suprimentos	0,195%
Tampografia	Peças Não-Conformes	1	Tampografia	19			8	0,1800	0,0000	0,1800	3,6000	Decont Dep. Técnico	0,188%
Estamparia	Peças Não-Conformes	1	Estamparia	19			8	0,1800	0,0000	0,1800	3,6000	Decont Dep. Técnico	0,188%
Estamparia	Peças Não-Conformes	1	Estamparia	19			8	0,1800	0,0000	0,1800	3,6000	Decont Dep. Técnico	0,188%
Injetora	Peças Não-Conformes	1	Injetora	19			8	0,1800	0,0000	0,1800	3,6000	Decont Dep. Técnico	0,188%
Montagem	Relatório de Reinspeção de Produtos Devolvidos de Campo - Montagem 1	6	Montagem	14	0	0	1,88	0,1781	0,0000	0,1781	3,5616	Dep. Técnico	0,186%
Montagem	Relatório de Acompanhamento de Devolução	6	Montagem	4			6	0,1683	0,0000	0,1683	3,3667	Dep. Técnico Suprimentos Decom	0,176%
Tratamento Superfície	Lançar operações no computador	1	Galvanoplastia		3		20	0,0000	0,1611	0,1611	3,2222	Decont Dep. Técnico	0,169%
Montagem 2	Listar Produtos do kanban	1	Montador		3		20	0,0000	0,1611	0,1611	3,2222	Montagem 2	0,169%
Montagem	Devolução de Produtos Acabados (RDP)	6	Montagem	2	1	1	6	0,0883	0,0633	0,1517	3,0333	Dep. Técnico Suprimentos Decom	0,159%
Montagem	Registro de Monitoramento	1	Montador	40			3	0,1375	0,0000	0,1375	2,7500	Deind	0,144%
Montagem	Mapa de Retrabalho Individual (RDP)	6	Montagem	3			6	0,1283	0,0000	0,1283	2,5667	Dep. Técnico Suprimentos Decom	0,134%
Montagem 2	Atividades Não-Produtivas	1	Montador	10			10	0,1250	0,0000	0,1250	2,5000	Suprimentos	0,131%
Montagem	Transferência de Mapa	6	Montagem		3		6	0,0000	0,1233	0,1233	2,4667	Montagem	0,129%
Montagem	Relatório de Não-Conformidade (RNC)	6	Montagem	9			2	0,1228	0,0000	0,1228	2,4556	Dep. Técnico	0,129%
Montagem	Consulta na Experiência	6	Montagem	92			0,17	0,1045	0,0000	0,1045	2,0901	Dep. Rec. Humanos	0,109%
Montagem 2	Transferência de Mapa	1	Montador		3		12	0,0000	0,0967	0,0967	1,9333	Montagem 2	0,101%
Injetora	Manutenção	1	Injetora	7			10	0,0917	0,0000	0,0917	1,8333	Deind	0,096%
Montagem	Pedidos Não Entregues – Carregamento	6	Montagem		6		2,5	0,0000	0,0889	0,0889	1,7778	Suprimentos Decom	0,093%
Montagem	Mapa de Reposição de Devolução (RDP)	6	Montagem	2		1	6	0,0883	0,0000	0,0883	1,7667	Dep. Técnico Suprimentos Decom	0,092%
Montagem	Transferência de OF's	6	Montagem		7		2	0,0000	0,0811	0,0811	1,6222	Suprimentos	0,085%

												Dep. Técnico	
Montagem	Relatório de Inspeção Solda Ponto Montagem 1	1	Baiano/ Montador	38	36	36	1	0,0436	0,0356	0,0792	1,5833	Dep. Técnico	0,083%
Montagem	Consultas Dep. Rec. Humanos	6	Montagem		12		1	0,0000	0,0656	0,0656	1,3111	Montagem	0,069%
Montagem	Relatório de Reinspeção de Produtos Devolvidos de Campo - Montagem 1	6	Montagem	14	0	0	0,61	0,0578	0,0000	0,0578	1,1556	Dep. Técnico	0,060%
Montagem	Sistema de Manutenção	6	Montagem		9		1	0,0000	0,0506	0,0506	1,0111	Dep. Técnico Deind	0,053%
Montagem	Ficha de Acompanhamento de Treinamento Operacional	6	Montagem	39			0,17	0,0444	0,0000	0,0444	0,8887	Dep. Rec. Humanos	0,047%
Montagem 2	Abrir OF's	1	Montador	5			6	0,0417	0,0000	0,0417	0,8333	Suprimentos Dep. Técnico	0,044%
Montagem 2	Realizar Corresp. Entre CPD's	1	Montador	1			10	0,0250	0,0000	0,0250	0,5000	Montagem 2	0,026%
Tratamento Superfície	Peças Não-Conformes	1	Galvanoplastia	19			1	0,0225	0,0000	0,0225	0,4500	Dep. Técnico	0,024%
Montagem 2	Anotar o que vai ser Produzido	1	Montador	18			1	0,0214	0,0000	0,0214	0,4278	Montagem 2	0,022%
Montagem	Relatório de Validade de Produtos Acabados	16	Montagem	26,75			1/30	0,0159	0,0000	0,0159	0,3180	Suprimentos	0,017%
	Horas Extras dos Funcionários	7	Todos		4		1/2	0,0000	0,0144	0,0144	0,2889	Dep. Rec. Humanos	0,015%
Montagem 2	Relatório de Reinspeção de Produtos Devolvidos de Campo - Montagem 2	1	Montador	12			0,85	0,0125	0,0000	0,0125	0,2503	Dep. Técnico	0,013%
Montagem 2	Relatório de Reinspeção de Produtos Devolvidos de Campo - Montagem 2	1	Montador	12			0,85	0,0125	0,0000	0,0125	0,2503	Dep. Técnico	0,013%
Montagem	Transformação de Produtos Acabados	6	Montagem	13			1/15	0,0059	0,0000	0,0059	0,1174	Suprimentos	0,006%
Montagem	Formulário de Substituição de Equipamento de Inspeção	1	Montador	11			0,2	0,0027	0,0000	0,0027	0,0544	Dep. Técnico	0,003%
													11,400%
Total											1910,45		100,000%