

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**LUIS APARECIDO PAIOLI**

**A LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO INTERNO PARA CÉLULAS DE MANUFATURA**  
**SOB A ÓTICA DA PRODUÇÃO ENXUTA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA**  
**METAL MECÂNICA.**

**ARARAQUARA – SÃO PAULO**  
**2012**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**LUIS APARECIDO PAIOLI**

**A LOGÍSTICA DE ABASTECIMENTO INTERNO PARA CÉLULAS DE MANUFATURA**  
**SOB A ÓTICA DA PRODUÇÃO ENXUTA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA**  
**METAL MECÂNICA.**

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, sob a orientação do Prof. Dr. Walther Azzolini Junior.

**ARARAQUARA – SÃO PAULO**  
**2012**

## FICHA CATALOGRÁFICA

P164L Paioli, Luís Aparecido

A Logística de Abastecimento Interno para Células de Manufatura sob a Ótica da Produção Enxuta: Estudo de caso em uma empresa metal mecânica / Luís Aparecido Paioli – Araraquara: Centro Universitário de Araraquara-UNIARA, 2012.

377fls.

Dissertação ( Mestrado Profissional) – Centro Universitário de Araraquara (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção)

Orientador: Dr. Walther Azzolini Junior

1. Mapeamento do fluxo de valor. 2. Manufatura enxuta. 3. Fluxo de Material. 4. Produção enxuta. 5. Equipamentos de movimentação de materiais.

CDU 62-1

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PAIOLI, L. A. A Logística de Abastecimento Interno para Células de Manufatura sob a Ótica da Produção Enxuta: Estudo de caso em uma empresa metal mecânica 2012. 377 fls. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

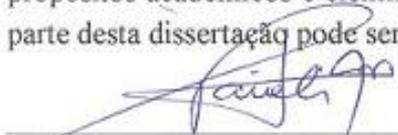
### ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luís Aparecido Paioli

TÍTULO DO TRABALHO: A Logística de Abastecimento Interno para Células de Manufatura sob a Ótica da Produção Enxuta: Estudo de caso em uma empresa metal mecânica.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Dissertação / ano 2012

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.

  
Luís Aparecido Paioli

Av. Armando Biagioni, 1125 – Estações.

14810-250 – Araraquara - SP

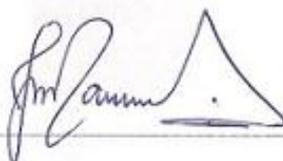
[la.paioli@bol.com.br](mailto:la.paioli@bol.com.br)

Dissertação aprovada em sua versão final pela banca examinadora:



Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior

Orientador – UNIARA



Prof. Dr. Josadak Astorino Marçola

UNIP – Araraquara



Prof. Dr. José Luis Garcia Hermosilla

UNIARA – Araraquara

Araraquara, 29 de setembro de 2012

Dedico este trabalho à minha esposa e aos meus filhos pela paciência e compreensão que tiveram comigo durante sua realização.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar conduzindo este trabalho, fazendo com que eu superasse as adversidades em sua realização.

Agradeço, especialmente, ao meu orientador, Professor Walther Azzolini Junior, pela dedicação, comprometimento e paciência na realização deste trabalho.

Aos demais docentes do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção, pelas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de sala de aula, os quais enriqueceram o conhecimento passado pelos docentes nos trabalhos com suas experiências e apoio durante o programa.

## **Epígrafe**

Uma boa administração de materiais significa coordenar a movimentação de suprimentos com as exigências da operação.

Ballou, Ronald H.

Esta dissertação, desenvolvida a partir do objeto de estudo “Empresa do setor de Metal Mecânico”, somente foi possível com a autorização da Diretoria da Empresa e com o apoio do Programa Nacional de Pós-Doutorado - *PNPD/2009 Edital MEC/CAPES e MCT/FINEP*, de acordo com o escopo do projeto “Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção”, coordenado pelo Prof. Dr. Walther Azzolini Junior, líder do grupo de pesquisa *TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção* com a participação do recém doutor Fábio Ferraz Junior.

## **DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE**

Araraquara, 29 de setembro de 2012.

Eu, Luis Aparecido Paioli, aluno regularmente matriculado no Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção da UNIARA, atesto que a dissertação intitulada A logística de abastecimento interno para células de manufatura sob a ótica da produção enxuta: Estudo de caso em uma empresa metal mecânica, é de minha total autoria e responsabilidade. Atesto, ainda, que este trabalho não contém transcrições indevidas de outros autores que possam caracterizar plágio, conforme lei n 9.610, de 19 fevereiro de 1998.

## RESUMO

Atualmente, o principal desafio na concepção de um sistema de abastecimento que opere de acordo com as necessidades do fluxo de produção é atender à demanda por produtos com crescente variedade de tipos e modelos com volume de vendas que se altera frequentemente. Nesse caso, a abordagem da literatura para esse problema específico é a abordagem da manufatura *Lean*, ou sistema de produção enxuto, com o propósito de encontrar alternativas de nivelamento dos estoques de matérias primas e componentes que viabilizem o atendimento à demanda, sem onerar os custos operacionais da fábrica. Contudo, há um número significativo de técnicas e ferramentas *Lean* que podem ser aplicadas, passando pela etapa do balanceamento do fluxo de produção com foco no processo de fabricação e pela configuração do *layout* da fábrica até a concepção do sistema de abastecimento, de acordo com os princípios enxutos e consequente adequação do fluxo de materiais e de informação, sendo necessário ao gestor do processo ou projeto de melhoria definir qual ferramenta aplicar de conforme as etapas de desenvolvimento de um sistema de abastecimento *Lean*, o que, dependendo da complexidade do sistema de manufatura, não é um projeto simples de executar: projetar e operar o sistema de abastecimento com as necessidades de atendimento à demanda. A presente dissertação de mestrado, a partir de uma revisão bibliográfica sobre o tema “sistema de abastecimento para a manufatura *Lean*”, buscou um modelo de referência, definido como metodologia para a concepção e implantação de um sistema de abastecimento interno para células de manufatura sob a ótica do *Lean Manufacturing*, que direcione o gestor na definição de quais ferramentas *Lean* aplicar no desenvolvimento de um sistema de abastecimento dentro desse contexto, a se implantado em uma empresa de autopeças do setor automotivo, essa objeto de estudo da pesquisa. Essa empresa fornece sistemas de acionamento de transmissão de veículos automotores, e o autor do presente estudo é dela coordenador de logística, fazendo uso, metodologicamente, da pesquisa ação para o desenvolvimento do trabalho proposto, fazendo o apontamento dos resultados obtidos após o funcionamento do sistema, comparando o antes e o depois. A adequação do sistema de abastecimento da empresa em atendimento à proposta do presente trabalho e a implantação da estrutura tiveram como objetivo a busca de melhores práticas de abastecimento, com base no sistema *Lean* para a manufatura celular, tendo como premissa a redução dos níveis de estoque ao longo do processo de fabricação. Trata-se de um método desenvolvido para um caso específico, como exposto, podendo servir de referência para estudos que visem a adequação de sistemas de abastecimento afins, contando, como resultado desse projeto, com a redução do estoque de componentes ao longo do fluxo de materiais até local próximo das

células de manufatura que devem processá-los. Denominou-se modelo de referência pelo fato de que mesmo se tratando do desenvolvimento de um sistema de abastecimento para um caso específico, o então nomeado “ metodologia para o projeto de um sistema de abastecimento” pode ser aplicado para outros sistemas de manufatura *Lean*, pois a empresa em submissão possui um sistema de manufatura de alta complexidade, podendo servir sem restrições como padrão para outros procedimentos do gênero. É relevante destacar, de acordo com a revisão de literatura realizada, que há uma crescente tendência para o desenvolvimento e a aplicação de modelos matemáticos que auxiliem no dimensionamento dos recursos utilizados na operação de abastecimento e que possam validar a concepção desses sistemas a partir da simulação, fato constatado pelo autor da presente dissertação, há um número significativo de *papers* publicados no ano 2012 que apresentam soluções desse tipo com enfoque de heurísticas construtivas. É evidente que trabalhos com essa convergência não são recentes, mas cabe destacar que a referência 2012 demonstra que o tema é atual e deve sofrer avanços nessa direção. A metodologia proposta compreende seis fases:

- (i) Diagnóstico da situação em que se encontra o sistema de manufatura antes da implantação em relação ao nível dos estoques no abastecimento e ao longo do fluxo de produção na fábrica;
- (ii) Avaliação da sistemática de movimentação e armazenagem interna ao longo do processo anterior à aplicação da metodologia para análise comparativa após a implantação do novo sistema;
- (iii) Desenvolvimento da metodologia de abastecimento;
- (iv) Simulação da operação do sistema de abastecimento concebido a partir da metodologia proposta para o projeto e operação de sistemas de abastecimento;
- (v) Implantação do sistema de abastecimento concebido e;
- (vi) Apontamento dos resultados da operação do sistema de abastecimento.

Contudo, são apresentados métodos e técnicas específicas para a eliminação de potenciais desperdícios encontrados no ambiente produtivo estudado, de acordo com a revisão bibliográfica realizada para esse fim, sendo alguns passos identificados como fundamentais: estabelecimento de um supermercado de peças; definição de uma rota de entrega para o abastecimento das células; instalação de um sistema de informação para disparar e controlar o reabastecimento de peças e definição das rotas de abastecimento com o dimensionamento do volume de componentes a serem movimentados, do estoque central ou a partir do recebimento dos materiais necessários para os supermercados das células de manufatura. O resultado financeiro da implantação do novo sistema de abastecimento na empresa objeto do estudo foi da ordem de R\$ 156.876,74 mensais, ou seja, o tempo gasto pelo operador da célula anterior

ao novo sistema de abastecimento em atividades relacionadas ao abastecimento do seu posto de trabalho convertido para o tempo ganho para produção de peças a serem manufaturadas com o aumento da ocupação do operador com atividades específicas de produção e não de abastecimento, foi o que proporcionou o ganho apontado. De acordo com os resultados, conclui-se que além da necessidade do estudo do fluxo de abastecimento, da simulação da operação de abastecimento e do dimensionamento do nível de estoque e dos recursos a serem empregados na operação do sistema de abastecimento (equipamentos de movimentação, área física necessária e número de abastecedores) de modo correto a partir das variáveis existentes no processo, é fundamental avaliar o nível de maturidade do sistema de produção quanto à concepção do sistema de manufatura *Lean*, fator este responsável pelo sucesso da implantação do sistema de abastecimento, o qual “*nasce*” da existência de um fluxo de produção balanceado e capaz de responder à demanda, de acordo com o padrão de resposta que o mercado exige. A palavra “*nasce*” é utilizada como analogia à construção de um edifício que toma corpo a partir da fundação, esta representando o sistema de manufatura *Lean* quando opera em sua plenitude.

**Palavras chave:** Mapeamento do Fluxo de Valor. Manufatura Enxuta. Fluxo de Materiais. Produção Enxuta. Plantas de Montagem. Equipamentos de Movimentações de Materiais.

## ***ABSTRACT***

Currently, the main challenge in designing a supply system that operates according to the needs of the production flow is to attend the growing demand for products with a variety of types and models with sales volume that changes frequently. In this case, the approach of the literature for this specific problem is the approach of Lean manufacturing or lean production system in order to find alternative leveling of inventories of raw materials and components that allows for attending the demand, without burdening the operating costs the factory. However, there are a significant number of tools and techniques that can be applied Lean going through the step of balancing the flow of production focused on manufacturing process and configuration to factory layout design of the supply system according to lean principles and consequent adjustment of the flow of materials and information, being necessary to the process manager or improvement project tool set which apply according to the development stages of a Lean supply system, which depending on the complexity of the manufacturing system is a simple run: design and operate the water supply system according to the needs of meeting the demand. This dissertation, based on a literature review of the topic supply system for Lean manufacturing, sought to develop a reference model defined as a methodology for designing and implementing a system of internal supply for manufacturing cells under perspective of Lean Manufacturing, which directs the manager in the definition of Lean tools to be applied in developing a supply system that context, applying it in an auto parts company in the automotive sector as an object of research study. The company object of study provides transmission drive systems of automotive vehicles and the author of the present work is coordinator logistics company making use methodologically action research for the development of the work with the appointment of the results obtained after the operation of the system by comparing the before and after. The adequacy of the supply system of the company in accordance with the proposal of this work and its deployment was aimed at finding better sourcing practices based on Lean system for cellular manufacturing taking premised on the reduction of inventory levels throughout the manufacturing process. It is a methodology developed for a specific case as above, may serve as a reference for studies that address the adequacy of related supply systems, resulting in this project to reduce the inventory of components along the flow of materials to site near of manufacturing cells that must process them. Was defined as the reference model because despite being the development of a water supply system for a specific case model called methodology for design of a water supply system can be applied to other Lean manufacturing systems, because the company has a manufacturing system of high complexity can serve as unrestricted model

for other developments in the genre. It is worth noting, according to a review of literature on the specific topic of research, design and operation of water supply systems for lean manufacturing, there is a growing tendency in the literature of development and application of mathematical models that help in sizing resources used in the operation of supply and which can validate the design of these systems from the simulation, a fact obvious to note, the author of this dissertation, there are a significant number of papers published in the year 2012 show that such solutions focusing heuristics constructive. Clearly with this approach work is not new, but it is worth noting that 2012 demonstrates that the topic is current and should suffer advances in this direction. The proposed methodology consists of six phases:

- (i) Diagnosis of the situation you are in the manufacturing system before deployment, relative to the level of inventories in the supply and flow throughout the factory production;
- (ii) Evaluation of the system of internal handling and storage throughout the process prior to application of the methodology for comparative analysis after the implementation of the new system;
- (iii) Development of methodology of supply;
- (iv) Simulation of the operation of the supply system designed from the proposed methodology for the design and operation of water supply systems;
- (v) Implementation of the supply system and designed;
- (vi) Pointing the results of the operation of the supply system.

However, methods are presented and specific techniques for eliminating potential waste encountered in the production environment studied according to literature review for this purpose, some of which have been identified as key steps: establishing a supermarket parts, defining a delivery route for supply to cells, installation of an information system to trigger and control the replenishment of parts and the definition of supply routes with the sizing of the volume of components to be moved, or the central stock from receipt of materials needed to supermarkets cell manufacturing. The financial result of the implementation of the new water supply system in the company object of study of this dissertation was on the order of R\$ 156,876.74 per month, in other words, the time spent by the operator of the cell before the new supply system in activities related to supply your job converted to gain time production of parts to be produced with increased occupancy of the operator with specific activities of production and not supply, which provided the gain appointed. According to the results of this work the author concludes that in addition to the need to study the flow of supplies,

simulating the operation of supply and sizing inventory level and the resources to be used in the operation of the supply system (handling equipment, physical area and number of suppliers needed) so correct from the existing variables in the process is essential to assess the maturity level of the production system on the design of the Lean manufacturing system, a factor responsible for the successful implementation of the supply system, which is "*born*" of the existence of a production flow balanced and able to meet the demand, according to the pattern of response to the market demands. The word "*born*" is used as an analogy to the construction of a building which takes shape from the foundation which represents the Lean manufacturing system when it operates at its fullest.

**Keywords:** Value Stream Mapping. Lean Manufacturing. Materials Flow. Lean production. Assembly plants. Materials handling equipment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo das etapas de desenvolvimento do projeto de pesquisa.....	34
Figura 2: Representação em quatro fases do ciclo básico da pesquisa-ação. ....	41
Figura 3: Nível de repetição dos sistemas de produção e o sistema de planejamento e controle da produção aderente ao sistema de manufatura. ....	44
Figura 4: Classificação dos sistemas de produção de acordo com os conceitos diversificação e distinção.....	45
Figura 5: Célula com o processo distribuído dentro do time (equipe) .....	50
Figura 6: Célula com um único operador realizando todo o processo. ....	51
Figura 7: Célula onde cada membro do time realiza todo o processo.....	51
Figura 8: Etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor.....	71
Figura 9: Família de Produtos para Mapear .....	73
Figura 10: Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor .....	75
Figura 11: Práticas do <i>Lean Manufacturing</i> – Grupo <i>Just in Time</i> .....	84
Figura 12: Práticas do <i>Lean Manufacturing</i> – Grupo <i>Total Quality Management</i> . ....	85
Figura 13: Práticas do <i>Lean Manufacturing</i> – Grupo <i>Total Preventive Maintenance</i> . ....	86
Figura 14: Práticas do <i>Lean Manufacturing</i> – Grupo <i>Human Resource Management</i> . ....	86
Figura 15: Esquema de classificação das ferramentas <i>Lean Manufacturing</i> – <i>Value Stream Mapping</i> .....	96
Figura 16: Mapa atual do <i>site</i> . ....	106
Figura 17: Mapa atual da área de mandrilamento de precisão e calibração. ....	107
Figura 18: Estado Futuro do <i>site</i> . ....	108
Figura 19: Estado futuro da área de mandrilamento de precisão e calibração. ....	109
Figura 20: Estado atual da manufatura por comparação entre o <i>Takt Time</i> e o tempo da estação. ....	110
Figura 21: Estado futuro da manufatura por comparação entre o <i>Takt Time</i> e o tempo da estação. ....	111
Figura 22: Composição do Tempo (entendimento).....	113
Figura 23: Sistema de Abastecimento <i>Lean, Agile e Leagile</i> . ....	125
Figura 24: Fluxograma do Processo de Produção. ....	140
Figura 25: Estoques intermediários controlados pelo <i>Milk run</i> . ....	144
Figura 26: Definição das rotas do <i>Milk Run</i> . ....	146
Figura 27: Pontos de coleta e abastecimento do sistema de rotas do <i>Milk run</i> . ....	146
Figura 28: Aplicabilidade de controle <i>kanban</i> . ....	149
Figura 29: Submontagem e montagem na mesma linha.....	161
Figura 30: Submontagem externo à linha de montagem. ....	162
Figura 31: Proposta de otimização do sistema de movimentação de materiais.....	164
Figura 32: Desenvolvimento das etapas de concepção da metodologia de abastecimento. ....	179
Figura 33: Técnicas, Ferramentas e Métricas do sistema de manufatura <i>Lean</i> . ....	180
Figura 34: Escala de abastecimento.....	182
Figura 35: Dados do exemplo de dimensionamento do sistema de abastecimento.....	182
Figura 36: Frequência de abastecimento dos componentes do produto MK.....	185
Figura 37: Dimensionamento do número de embalagens. ....	187

Figura 38: Frequência de reabastecimento do componente do tipo A. ....	188
Figura 39: Número de embalagens movimentadas (sistema de coordenação de ordens de produção " <i>kanban Two bin system</i> " definido na lista de termos técnicos).....	190
Figura 40: Exemplo de cálculo de cobertura de abastecimento. ....	192
Figura 41: Número de cartões kanban de acordo com os dados de consumo da Figura 40. ...	193
Figura 42: Determinação do número de embalagens para o sistema <i>Two bin system</i> .....	194
Figura 43: Modelo desenvolvido no <i>solver</i> do Excel 2012 – nw = 2 abastecedores. P = 1. ...	206
Figura 44: Modelo desenvolvido no <i>solver</i> do Excel 2012 – nw = 3 abastecedores. P = 1. ...	207
Figura 45: Modelo desenvolvido no <i>solver</i> do Excel 2012 – nw = 2 abastecedores. P = 0,5.	208
Figura 46: Modelo desenvolvido no <i>solver</i> do Excel 2012 – nw = 3 abastecedores. P = 0,5.	209
Figura 47: Quantidade movimentada por <i>kit</i> para 2 abastecedores. ....	211
Figura 48: Gráfico dente de serra com o fluxo de abastecimento das famílias de <i>kit</i> : (Família A: (0,5), Família B: (0,75) e Família C (1,0) para 2 abastecedores). ....	212
Figura 49: Quantidade movimentada por <i>kit</i> para 3 abastecedores. ....	212
Figura 50: Gráfico dente de serra com o fluxo de abastecimento das famílias de <i>kit</i> : (Família A: (0,5), Família B: (0,75) e Família C (1,0) para 3 abastecedores). ....	213
Figura 51: Resultados das simulações com 2 e 3 abastecedores e com a redução de 50% do estoque em processo (WIP – <i>work in process</i> ). ....	214
Figura 52: Comportamento da variável custo total. ....	214
Figura 53: Comportamento da variável <i>tour period</i> . ....	215
Figura 54: Comportamento da variável quantidade total. ....	215
Figura 55: Comportamento da variável custo por unidade. ....	216
Figura 56: Comportamento da variável tempo de ciclo. ....	216
Figura 57: Comportamento da variável quantidade por família de <i>kit</i> . ....	217
Figura 58: Esquema do sistema de acionamento. ....	222
Figura 59: Disco de embreagem. ....	223
Figura 60: Célula DGM02 e o disco de embreagem produzido na célula. ....	223
Figura 61: Estrutura de materiais do produto. ....	224
Figura 62: Platô de embreagem. ....	224
Figura 63: Roteiro de fabricação padronizado do disco. ....	226
Figura 64: Roteiro de fabricação padronizado do platô. ....	227
Figura 65: Divisão dos produtos acabados por grupo de células de manufatura repetitiva dedicadas. ....	228
Figura 66: <i>Mix</i> de produtos. ....	229
Figura 67: <i>Mix</i> de produtos – representação gráfica. ....	229
Figura 68: FMS (Flexible Manufacture System). ....	230
Figura 69: Cenário de atendimento à demanda da empresa objeto de estudo. ....	232
Figura 70: <i>Layout</i> Celular da ZF Sachs unidade Araraquara. ....	236
Figura 71: Sistema de Planejamento e Controle da Produção versus nível de repetição dos sistemas de produção. ....	237
Figura 72: Similaridade de <i>setup</i> – processo e tempo de <i>setup</i> . ....	239
Figura 73: Gráfico de Porcentual de demanda. ....	240
Figura 74: Gráfico de Porcentual de Demanda por <i>Part Number</i> 430WGTZ. ....	240
Figura 75: Fluxograma de Processo da DGM02. ....	242

Figura 76: Rol de operações da célula DGM02 divididas em operação primária e operação secundária. ....	244
Figura 77: Estimativa da quantidade a ser produzida na célula DGM 02. ....	245
Figura 78: Análise de Tempo de Ciclo da célula DGM02 – item 49187001485C1. ....	245
Figura 79: Tomada de tempo do recurso giro livre da célula DGM 02.....	246
Figura 80: Montagem da mola de torção da célula DGM 02. ....	247
Figura 81: Montagem do conjunto da célula DGM 02.....	247
Figura 82: Visual do <i>layout</i> anterior da Célula DGM02. ....	248
Figura 83: Jornada de trabalho e <i>takt time</i> a partir do plano mestre de produção. ....	249
Figura 84: Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 01. ....	250
Figura 85: Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 02. ....	250
Figura 86: Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 03. ....	251
Figura 87: Estudo Preliminar de mudança de <i>layout</i> da Célula DGM02 – 04. ....	251
Figura 88: <i>Layout</i> anterior da célula DGM02 ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ). ....	252
Figura 89: <i>Layout</i> posterior da célula DGM02 ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ). ....	252
Figura 90: Cronoanálise das atividades da Célula DGM02. ....	253
Figura 91: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 01. ....	254
Figura 92: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 02. ....	255
Figura 93: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 03. ....	255
Figura 94: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 04. ....	256
Figura 95: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 05. ....	256
Figura 96: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 06. ....	257
Figura 97: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 07. ....	257
Figura 98: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 08. ....	258
Figura 99: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 09. ....	258
Figura 100: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 10. ....	259
Figura 101: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 11. ....	259
Figura 102: Tempo de ciclo ponderado da Célula DGM02. ....	260
Figura 103: Primeira alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02. ....	260
Figura 104: Segunda alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02. ....	261
Figura 105: Terceira alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02 (Aprovado). ....	261
Figura 106.1: Quarta alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02. ....	262
Figura 107: Visual do <i>layout</i> atual da Célula DGM02. ....	262
Figura 108: Pendências da Célula DGM02. ....	264
Figura 109: Acompanhamento do tempo de <i>setup</i> Célula DGM02. ....	265
Figura 110: <i>Setup</i> para 350GTZ da Célula DGM02.....	266
Figura 111: <i>Setup</i> para 430WGTZ da Célula DGM02.....	266
Figura 112: Organização de ferramental e dispositivo da Célula DGM02. ....	267
Figura 113: Plano de Ação em andamento. ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ). ....	267
Figura 114: Cronoanálise depois das adequações realizadas na célula DGM02 ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ). ....	268
Figura 115: Resultados obtidos após as adequações realizadas na célula DGM02 ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ). ....	268
Figura 116: Acompanhamento de <i>setup</i> 10/2010 a 02/2011 da Célula DGM02.....	269

Figura 117: Plano de Ação ( <i>Kaizen</i> de Processo).....	270
Figura 118: Plano de Ação ( <i>Kaizen</i> de <i>Setup</i> ).....	271
Figura 119: Família de produtos versus fluxo de produção. ....	271
Figura 120: Operação versus fluxo de produção. ....	272
Figura 121: Tempo em segundos por operação de cada fluxo. ....	272
Figura 122: Número de operadores necessários de acordo com os fluxos de produção com montagem de <i>kit</i> .....	273
Figura 123: Produção diária da célula DGM02.....	275
Figura 124: Atendimento a demanda da célula DGM02.....	276
Figura 125: Produtividade da célula DGM02. ....	276
Figura 126: Média de tempo de <i>setup</i> da célula DGM02.....	277
Figura 127: Métricas de Processo.....	278
Figura 128: Capacidade de Produção versus necessidade do plano.....	282
Figura 129: <i>Layout</i> atual do sistema de manufatura.....	283
Figura 130: <i>Layout</i> atual - Fluxo de recebimento.....	284
Figura 131: <i>Layout</i> atual. Fluxo de Abastecimento.....	285
Figura 132: <i>Layout</i> atual. Procedimento da Sistemática de Abastecimento. ....	285
Figura 133: Diagrama de espaguete em um dos tipos 430WGTZ. ....	287
Figura 134: Diagrama de espaguete 430WGTZ.....	288
Figura 135: Diagrama de espaguete 350GTZ. ....	288
Figura 136: Diagrama de espaguete outras funções. ....	289
Figura 137: Porcentagem das distâncias improdutivas.....	290
Figura 138: Empilhadeira de Combustão. ....	292
Figura 139: Empilhadeira Elétrica.....	293
Figura 140: Carrinho Manual. ....	293
Figura 141: Transpalete Elétrico. ....	296
Figura 142: Empilhadeira Tracionária.....	297
Figura 143: Pallets com Rodas. ....	297
Figura 144: Porta <i>Pallets</i> . ....	301
Figura 145: Porta <i>Pallets</i> deslizantes. ....	302
Figura 146: Armazenagem Dinâmica Paletizada. ....	302
Figura 147: Autoportante. ....	303
Figura 148: <i>Flow Rack</i> . ....	304
Figura 149: Nova concepção do <i>layout</i> . ....	308
Figura 150: Supermercado e linhas de montagem disco. ....	309
Figura 151: Fluxo de Abastecimento. ....	309
Figura 152: Sistema de Abastecimento Platô Anterior. ....	310
Figura 153: Sistema atual de Abastecimento Platô. ....	311
Figura 154: Fluxo atual de abastecimento platô.....	311
Figura 155: Comparativo.....	311
Figura 156: Melhorias do projeto. ....	312
Figura 157: Movimentação anterior dos operadores. ....	313
Figura 158: Movimentação Atual dos Operadores.....	313
Figura 159: Ganho de tempo de movimentação.....	314

Figura 160: Ganhos em valores.....	314
Figura 161: Limite de Empilhamento Excedido.....	316
Figura 162: Deslocamento dos operadores.....	317
Figura 163: Carrinho pesado e pouco ergonômico.....	318
Figura 164: Caixas verdes fora das áreas demarcadas. ....	319
Figura 165: Embalagens KLT fora das áreas demarcadas. ....	319
Figura 166: Variedade de embalagens utilizada na DGM02.....	320
Figura 167: Operador buscando componentes atrás da célula. ....	321
Figura 168: Proposta de <i>layout</i> .....	327
Figura 169: Luzes Rotativas. ....	334
Figura 170: Painel.....	335
Figura 171: Instrução visual e <i>layout</i> da disposição crítica da área à esquerda. ....	336
Figura 172: Instrução visual e <i>layout</i> da disposição crítica da área à direita. ....	336
Figura 173: Fluxograma das atividades do abastecedor e das atividades da célula relacionadas ao abastecimento.....	337
Figura 174: Cartão “Outra Ordem”. ....	338
Figura 175: Equipamento para transporte e armazenamento de KLT`s.....	339
Figura 176: Comparação Antes e Depois da padronização do abastecimento. ....	347

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Modalidade de pesquisa versus pesquisa aplicada. ....	40
Tabela 2: Classificação dos tipos de células de manufatura.....	54
Tabela 3: Fluxos de valor mais estudados com relação à interface com fornecedores. ....	78
Tabela 4: Dados dos periódicos.....	83
Tabela 5: Níveis do esquema de classificação.....	88
Tabela 6: Detalhes do processo de manufatura .....	97
Tabela 7: Cálculos das Figuras 16 e 17 (estado atual da planta). ....	98
Tabela 8: Cálculos das Figuras 18 e 19 (estado futuro da planta). ....	99
Tabela 9: Processo proposto versus processo existente. ....	99
Tabela 10: Detalhes do processo de manufatura. ....	103
Tabela 11: Taxa de fluxo do processo .....	113
Tabela 12: Dados dos periódicos selecionados de acordo com palavras chave definidas. ....	121
Tabela 13: Dados das publicações da Universidade do Porto a partir das palavras chave definidas. ....	123
Tabela 14: Dados de entrada do exemplo número do exemplo proposto.....	170
Tabela 15: Resultado apresentado pelos autores .....	170
Tabela 16: Classificação do sistema de produção. ....	231
Tabela 17: Colaboradores da empresa.....	234
Tabela 18: Descrição do processo de balanceamento da célula de manufatura DGM02.....	253
Tabela 19: Evento <i>kaizen</i> de fluxo. ....	274
Tabela 20: Descrição das distâncias improdutivas. ....	290
Tabela 21: Vantagens e desvantagens das empilhadeiras consideradas.....	294
Tabela 22: Embalagens da Expedição .....	299
Tabela 23: Embalagens dos componentes do Platô.....	299
Tabela 24: Mix, tamanho de lotes e setup na DGM02. Posição 2010.....	315
Tabela 25: Descrição Tempos Improdutivos.....	322
Tabela 26: Porcentagem de tempos Improdutivos .....	323
Tabela 27: Tempo de Abastecimento Componentes Pequenos – Dados Amostra.....	324
Tabela 28: Tempo de abastecimento componentes pequenos – dados históricos. ....	325
Tabela 29: Tempo de abastecimento dos componentes e ganho financeiro de acordo com os dados da amostra. ....	325
Tabela 30: Conversão do tempo de abastecimento componente.....	326
Tabela 31: Área necessária para acomodar componentes do Conj. Disco 430WGTZ.....	326
Tabela 32: Tempo abastecimento completo por turno – dados amostra .....	328
Tabela 33: Ocupação do abastecedor na DGM02/Turno – dados amostra .....	329
Tabela 34: Tempo de abastecimento completo por turno – dados históricos.....	329
Tabela 35: Ocupação do abastecedor na DGM02/Turno – dados históricos .....	329
Tabela 36: Sistemática de abastecimento proposta. ....	330
Tabela 37: Descrição dos Tempos Improdutivos. Simulação .....	341
Tabela 38: Tempo de ocupação da célula para produção das ordens acompanhadas na Simulação. ....	341

Tabela 39: Porcentagem Tempos Improdutivos da Simulação .....	342
Tabela 40: Tempo Abastecimento Completo/Turno segundo a Simulação .....	342

## LISTA DE TERMOS TÉCNICOS

**Handler** – abastecedor dos sistemas de produção.

**Picking** – atividade de coleta dos materiais a serem movimentados.

**Rabbit chase** – caça ao coelho.

**Slots** - locais de posicionamento das embalagens nos supermercados.

**Throughput time** – tempo de fluxo.

**Two bin system** – sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* com o uso de dois cartões – cartão no supermercado de abastecimento e cartão no fornecedor.

**WaterSpider** – pessoa dedicada a realizar as tarefas de suporte da operação do sistema de produção, de modo que outras possam manter o foco exclusivamente nas atividades relacionadas ao processo de fabricação. Um *WaterSpider* tem tarefas definidas, como o abastecimento dos materiais a serem consumidos no fluxo de produção com sistema Milk Run por exemplo, manutenção do 5S, etc.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	29
1.1 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE PESQUISA .....	32
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO .....	34
1.3 JUSTIFICATIVA .....	36
1.4 OBJETIVO GERAL.....	38
1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	38
1.5 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	39
1.6 RELEVÂNCIA DO ESTUDO .....	42
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	42
2. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO COMO SISTEMA DE MANUFATURA <i>LEAN</i> .....	43
2.1. NÍVEL DE REPETIÇÃO.....	43
2.2 DISTINÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO .....	45
2.3 TECNOLOGIA DE GRUPO ( <i>GROUP TECHNOLOGY</i> ) .....	46
2.4 CÉLULAS DE MANUFATURA.....	47
2.4.1 <i>LAYOUT</i> EM CÉLULAS DE MANUFATURA.....	49
2.5 TIPOS DE CÉLULAS DE MANUFATURA .....	53
3 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	59
3.1 HISTÓRICO E CONTEXTUALIZAÇÃO .....	59
3.2 <i>VALUE STREAM MAPPING</i> – VSM NO CONTEXTO <i>LEAN</i> .....	68
3.2.1 PASSOS PARA O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR ATUAL.....	71
3.2.2 PASSOS PARA O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR FUTURO .....	76
3.2.3 <i>TAKT TIME</i> .....	77
3.3 SISTEMA DE MANUFATURA ENXUTA ( <i>LEAN MANUFACTURING</i> ) NO CONTEXTO ATUAL .....	79
3.3.1 SISTEMAS DE PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO: PUXADO E EMPURRADO .	79
3.3.2 MAPEAMENTO DE PROCESSOS .....	81
3.4 APLICAÇÃO DA TÉCNICA – MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR – MFV .....	82
3.4.1 CONTEXTO DO GRUPO DE PRÁTICAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> E O VSM .....	83
3.4.2 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	88
3.4.2.1 NÍVEL DA OPERAÇÃO.....	91
3.4.2.2 NÍVEL DA ATIVIDADE .....	92

3.4.2.3 NÍVEL DE RECURSOS .....	92
3.4.2.4 NÍVEL DE CARACTERÍSTICA.....	93
3.4.2.5 NÍVEL DE APLICAÇÃO .....	94
3.4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO VSM EM UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA INDIANA.....	97
3.4.4 DADOS TÍPICOS DO PROCESSO QUE COMPÕEM O VSM .....	112
4 METODOLOGIA DE ABASTECIMENTO PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO LEAN MANUFACTURING .....	115
4.1 HISTÓRICO .....	115
4.2 CONTEXTO DA PESQUISA.....	119
4.3 MANUFATURA <i>LEAN</i> , <i>AGILE</i> , <i>LEAGILE</i> E FLUXO DE MATERIAIS .....	123
4.4 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO APLICADOS À MANUFATURA <i>LEAN</i> ( <i>INSIGHT</i> ) .....	132
4.4.1 FLUXO CONTÍNUO DE PRODUÇÃO.....	136
4.4.2 PROCEDIMENTO – SISTEMA DE ABASTECIMENTO.....	150
4.4.3 FUNÇÃO DO ABASTECEDOR NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO.....	152
4.5 TIPOS DE SISTEMAS DE MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS.....	160
5 METODOLOGIA, PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO .....	171
5.1 INTRODUÇÃO.....	171
5.2 DEFINIÇÃO DOS TERMOS: METODOLOGIA, MÉTODO, TÉCNICA E FERRAMENTA .....	172
5.2.1 METODOLOGIA.....	172
5.2.2 MÉTODO .....	176
5.2.3 TÉCNICAS E FERRAMENTAS .....	178
5.3 CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA DE ABASTECIMENTO ..	178
5.4. FREQUÊNCIA DE ABASTECIMENTO.....	181
5.5. DIMENSIONAMENTO DO NÚMERO DE CARTÕES <i>KANBAN</i> .....	191
5.5.1. MÉTODO UTILIZADO PELO <i>BOSCH PRODUCTION SYSTEM</i> .....	192
5.5.2. MÉTODO UTILIZADO PELA 3M DO BRASIL .....	197
5.5.3 MÉTODO USUALMENTE ENCONTRADO NA LITERATURA.....	197
5.5.4 MÉTODO UTILIZADO PELA EMPRESA DE CONSULTORIA <i>SYSTEM WAY</i> .....	198
5.5.5 MÉTODO UTILIZADO PELA EMPRESA MBB .....	198
5.5.6 MÉTODO UTILIZADO PELA <i>ZF SACHS</i> .....	199
5.6 MODELO MATEMÁTICO PARA O DIMENSIONAMENTO DO NÚMERO DE ABASTECEDORES .....	204
5.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS (METODOLOGIA PROPOSTA) .....	218

6. METODOLOGIA DE ABASTECIMENTO PARA <i>LAYOUT</i> CELULAR.....	219
6.1 SISTEMA DE MANUFATURA CELULAR – OBJETO DE ESTUDO .....	219
6.2 SISTEMA DE ACIONAMENTO DA TRANSMISSÃO – CONJUNTO EMBREAGEM .....	221
6.3 PROCESSO DE MONTAGEM DO SISTEMA DE ACIONAMENTO E DEFINIÇÃO DA DEMANDA.....	228
6.4 PLANEJAMENTO DE VENDAS E OPERAÇÕES .....	232
6.5 CÉLULA DE MANUFATURA DGM02 .....	234
6.6 PROPOSTA DE MELHORIAS COM BASE NUMA NOVA PADRONIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DA CÉLULA DGM02 .....	242
6.6.1 MAPA DO FLUXO DE VALOR ATUAL E FUTURO .....	243
6.6.1.1 <i>KAIZEN</i> DE PROCESSO.....	243
6.6.1.2 <i>KAIZEN</i> DE <i>SETUP</i> .....	264
6.7 ADEQUAÇÕES DO PROCESSO A PARTIR DOS EVENTOS <i>KAIZEN</i> REALIZADOS .....	269
6.8 DEFINIR O FLUXO DE VALOR DO ESTADO FUTURO DA CÉLULA, ESTABELECE UM NOVO PADRÃO .....	273
6.9 INDICADORES DE DESEMPENHO DA CÉLULA DGM02 .....	274
6.9.1 MÉTRICAS DE PROCESSO (EFICIÊNCIA GLOBAL DA CÉLULA) – AVALIAÇÃO DE RESULTADOS .....	277
6.10 TREINAR OS OPERADORES NA NOVA SISTEMÁTICA.....	278
6.11 REALIZAR O MONITORAMENTO DIÁRIO DA PRODUÇÃO DO 1º TURNO PARA TER UMA AVALIAÇÃO DA PROPOSTA .....	278
6.12 CONTROLE DA PRODUÇÃO ATUAL NA CÉLULA DGM02.....	280
6.13 FASES DE DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DE ABASTECIMENTO PROPOSTA.....	283
6.13.1 <i>LAYOUT</i> PROPOSTO: FLUXO DE RECEBIMENTO E DE ABASTECIMENTO .	283
6.13.2 DEFINIÇÃO DAS ROTAS: DISTÂNCIAS A SEREM PERCORRIDAS COM O USO DO DIAGRAMA DE ESPAGUETE .....	286
6.13.3 PRIMEIRA FASE – MOVIMENTAÇÃO E ARMAZENAGEM.....	291
6.13.3.1 MOVIMENTAÇÃO.....	291
6.13.3.2 ARMAZENAGEM.....	298
6.13.3.3 DADOS DA EXPEDIÇÃO .....	298
6.13.3.4 ALTERNATIVAS PARA ARMAZENAGEM.....	301
6.14 PROPOSTA DA NOVA SISTEMÁTICA DE ABASTECIMENTO.....	304
6.15 CONSIDERAÇÕES .....	305
6.16 DEFINIÇÃO DO MODELO DE ABASTECIMENTO PARA AS CÉLULAS.....	306
6.16.1 INTRODUÇÃO.....	306
6.16.2 CONTEÚDO DA PROPOSTA .....	306
6.16.3 ESCOPO DO PROJETO .....	307
6.16.4 CRONOGRAMA .....	307
6.17 ABORDAGEM .....	307

6.17.1 ETAPAS DA APLICAÇÃO DO MODELO PARA A SISTEMÁTICA DE ABASTECIMENTO .....	308
6.17.2 DEFINIÇÃO DO FOCO .....	315
6.17.3 SITUAÇÃO ATUAL X META .....	315
6.17.4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS .....	322
6.17.5 DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS .....	327
6.17.6 PROPOSTA .....	330
6.17.6.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO .....	330
6.17.6.2 SISTEMA DE COMUNICAÇÃO .....	334
6.17.6.3 RECURSOS .....	338
6.17.6.4 VALIDAÇÃO DA PROPOSTA: SIMULAÇÃO .....	340
6.17.7 LIÇÕES APRENDIDAS .....	343
6.17.7.1 PLANO DE AÇÃO PARA DGM02 .....	343
6.17.7.2 PLANO DE AÇÃO PARA OUTRAS CÉLULAS DE DISCOS .....	343
6.17.7.3 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO 6 .....	346
6.17.7.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	347
6.18 CONCLUSÃO DO TRABALHO .....	348
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	349
BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA .....	354

## ANEXOS

Anexo A – Matriz de prioridade	358
Figura A1 – Matriz de prioridade	359
Anexo B – Padronização da Lista de Materiais	360
Figura B1 – Lista de materiais – Disco & Platô	361
Figura B2 – Padronização – lista de materiais	362
Figura B3 – Padronização – lista de materiais	363
Figura B4 – Padronização – lista de materiais	364
Anexo C – Dimensionamento supermercado	365
Figura C1 – Dimensionamento supermercado	366
Figura C2 – Dimensionamento supermercado	367
Figura C3 – Dimensionamento supermercado	368
Figura C4 – Dimensionamento supermercado	369
Figura C5 – Dimensionamento supermercado	370
<b>Anexo D</b> – Mapa do fluxo de valor família 430 WGTZ	371
Figura D1 – Mapa do fluxo de valor família 430 WGTZ – Mapa atual	372

Figura D2 – Mapa do fluxo de valor família 430 WGTZ – Mapa futuro	373
Figura D3 – Mapa do fluxo de valor família 430 WGTZ – Mapa futuro	374
<b>Anexo E – <i>Layout</i> – Armazenamento das embalagens</b>	375
Figura E1 – Localização das embalagens	376
Figura E2 – Localização das embalagens	377

## 1. INTRODUÇÃO

A função da Logística empresarial até há pouco tempo se resumia na busca por redução de custos operacionais nas empresas. Atualmente, o conceito difundido no meio empresarial dá ênfase a Logística como a área responsável pelo processo de integração de toda a cadeia de suprimentos, cujo principal objetivo consiste no desenvolvimento de fluxos estratégicos de materiais buscando atender de forma eficiente às necessidades do consumidor final.

A base de sustentação da atuação dos profissionais da área é a integração dependente em outros fatores do uso de ferramentas e metodologias específicas no âmbito da Logística de Produção dentro do escopo da Logística Empresarial.

Nesse contexto, as empresas fazem uso do ganho de desempenho que a área pode gerar com uma gestão eficiente dos processos industriais fidelizando seus clientes e criando barreiras à entrada de novos competidores e, principalmente, realizando serviços que satisfaçam necessidades específicas do mercado quanto ao processo de disponibilização dos produtos assegurando maior competitividade à organização (BERTAGLIA, 2003).

Segundo Ballou (2007), a Logística Empresarial estuda como a administração pode prover melhor nível de rentabilidade aos serviços de distribuição aos clientes e consumidores através de planejamento, organização e controle efetivo das atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o fluxo de materiais, informação e produção apoiada na logística de produção.

Conforme definição proposta pelo *Council of Supply Management Professional*, logística é o processo de planejar, implementar e controlar o fluxo e a armazenagem de matéria prima, materiais em elaboração (*WIP - Work in process*) e produtos acabados bem como as informações correlatas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender as exigências por parte dos clientes a um custo compatível com o praticado o mercado.

O reconhecimento de que o relacionamento com os clientes é a chave para os resultados traz a compreensão da importância de se estabelecer um nível de serviço diferenciado, atendendo aos requisitos exigidos por um mercado consumidor cada vez mais exigente, formado por clientes que veem pouca diferença entre as características

físicas ou funcionais dos produtos, pois consideram que o diferencial é a qualidade de serviços que as empresas oferecem.

Segundo Chopra e Meindl (2003), um relacionamento baseado na confiança entre duas etapas de um determinado elo de uma cadeia de suprimentos inclui a relação de confiança e parceria entre as empresas e a capacidade de cada uma delas de fazer um pacto comercial sólido com regras claras. Essa relação deve se estender entre todas as empresas que compõem a cadeia independente da camada à qual pertence.

Nesse contexto, práticas de gestão do fluxo de materiais na extensão da cadeia devem ter a capacidade de garantir o atendimento à demanda de acordo com os requisitos do mercado. Entre os sistemas de planejamento e controle disponíveis na literatura e adotados pelas empresas nas últimas décadas, encontra-se o *Just in Time*.

Shingo (1996) define o sistema de planejamento *Just in time* (JIT) como prática fundamental para a garantia do fluxo de materiais com valor agregado em que as atividades de transporte e a movimentação de materiais são executadas do modo o mais otimizado possível, pois, de acordo com os princípios do Sistema Toyota de Produção, não agregam valor ao produto final.

Moura (1997) dá ênfase à importância que o gerenciamento dos processos logísticos tem nos resultados operacionais do fluxo de materiais e armazenamento no mundo contemporâneo, considerado como estratégico, com o propósito de obter vantagens competitivas no atendimento à demanda.

Goldratt (2002) aborda o tema “produtividade dos sistemas de produção” fazendo uma analogia com o Sistema Toyota de Produção e, conseqüentemente, o *Just in Time*. O autor enfatiza a importância do paradigma de manufatura desenvolvido pela Toyota.

Contudo, Goldratt (2002), ao enfatizar o fato de que a produtividade é o ato de fazer uma empresa ficar mais próxima de sua meta, defende conseqüentemente os conceitos fundamentados pelo Sistema Toyota de Produção.

Com a evolução do *Just in Time*, ao longo das últimas décadas, para o conhecido sistema de manufatura *Lean Manufacturing*, há a consolidação de um dos pilares de sustentação para a utilização de um sistema produtivo chamado originalmente de *Just in time (JIT) pelo qual* o estoque deve sempre ser o mínimo necessário para manter a operação, representado pelo conceito de pulmão da Teoria das Restrições.

De acordo com a mudança de paradigma que o Sistema Toyota de Produção impôs às empresas do mundo contemporâneo, sistemas logísticos evoluíram na mesma

proporção, havendo um ganho significativo do processo de gestão de toda a extensão da cadeia, prevalecendo o objetivo de fazer mais com menos, reduzindo os desperdícios e superando barreiras inibidoras do ganho de desempenho dos sistemas produtivos.

Processos logísticos no ambiente de manufatura são direcionados ao escopo da logística de produção fundamentada atualmente no modelo do Sistema Toyota de Produção (STP), definido como *Lean Manufacturing*, que tem como um de seus pilares de sustentação a utilização de um sistema produtivo enxuto em que o estoque deve sempre ser o necessário para manter a operação e as perdas devem ser o foco das atenções dos projetos de melhoria com ênfase na cultura da melhoria contínua.

Shingo (1996) descreve como prática fundamental para o *Just in Time* a garantia do fluxo de materiais, direcionado a agregar valor ao produto reduzindo ou eliminando atividades que não agregam valor ao produto final.

Entre as ferramentas mais utilizadas que contribuem para o aumento do desempenho do sistema logístico a partir da identificação das perdas inerentes aos processos através da redução dos desperdícios no fluxo de materiais estão o Diagrama de Espaguete e o Mapeamento do Fluxo de Valor, os quais permitem visualizar claramente os processos de manufatura e alguns de seus desperdícios crônicos bem como servirão de direcionadores para a elaboração de um diagnóstico e a análise do fluxo de movimentação e abastecimento das células de manufatura, por exemplo (ROTHER; SHOOK, 2003).

Moura (1997, p. 13) dá ênfase à importância do fluxo de materiais nos sistemas logísticos de produção e define: “armazenagem é o ato de se manter os materiais disponíveis em um local específico até que sejam solicitados para o consumo ou uso”.

Nesse contexto é fato que o estoque tem uma participação importante na capacidade da cadeia de suprimento de apoiar a estratégia competitiva que a empresa pode ter interesse em sustentar.

Para Slack et al., (2010), a adequação dos processos de fabricação a partir do *Lean Manufacturing* tem o propósito de apoiar as atividades de planejamento e controle da produção de modo a garantir que a operação seja abastecida eficazmente e que o cliente receba seu produto conforme seus requisitos especificados.

Uma forma de caracterizar todas as decisões na área do Planejamento e Controle de Produção está relacionada ao como fazer uma conciliação do potencial da

operação de fornecer produtos e serviços compatíveis com a demanda de seus consumidores (NAYLOR; NAIM; BERRY, 1999).

Considerar a perspectiva do fluxo de valor como um objetivo a ser alcançado pela logística de produção significa considerar a necessidade de uma visão mais ampla do processo de gestão que vai além dos processos industriais, pois isso implica em melhorar o todo, não só otimizar as partes. É necessário percorrer todo o caminho, inclusive o de movimentação, armazenagem e abastecimento de materiais (ROTHER & SHOOK, 2003).

### 1.1 Etapas do Desenvolvimento do Projeto de Pesquisa

A proposta inicial contida no pré-projeto de pesquisa que deu origem ao presente texto: “**Estudo do Projeto e Operação de Sistemas de abastecimento para a Manufatura Lean**”, definiu, após revisão parcial da literatura, o plano de trabalho delineado nesta etapa inicial, o qual, durante a sua elaboração e execução, gerou o produto da pesquisa apresentado no capítulo 5: “**Metodologia para o Projeto e Operação de um Sistema de Abastecimento**”.

É importante ressaltar, contudo, que, durante essa etapa inicial, o autor direcionou esforços na definição do problema de pesquisa e do escopo do projeto de pesquisa a partir dos conceitos e princípios inerentes a um sistema de abastecimento no contexto do *Lean Manufacturing*, de acordo com a abordagem de diferentes autores citados na literatura atual e com a sua experiência como coordenador de logística na empresa objeto do estudo, a qual desenvolveu um diferencial no mercado com *know-how* adquirido ao longo dos últimos doze anos quando da transformação do seu sistema de produção em um sistema *Lean Manufacturing*.

A concepção desses sistemas, *Lean Manufacturing*, na sua plenitude quanto ao desempenho da fábrica é resultado da aplicação de Ferramentas de Gestão, Técnicas, Sistema de Controle, acompanhamento e coordenação de projetos de melhoria entre outros fatores, que partindo do geral para o particular permite caracterizar este trabalho como um trabalho que se apoiou no método dedutivo de pesquisa.

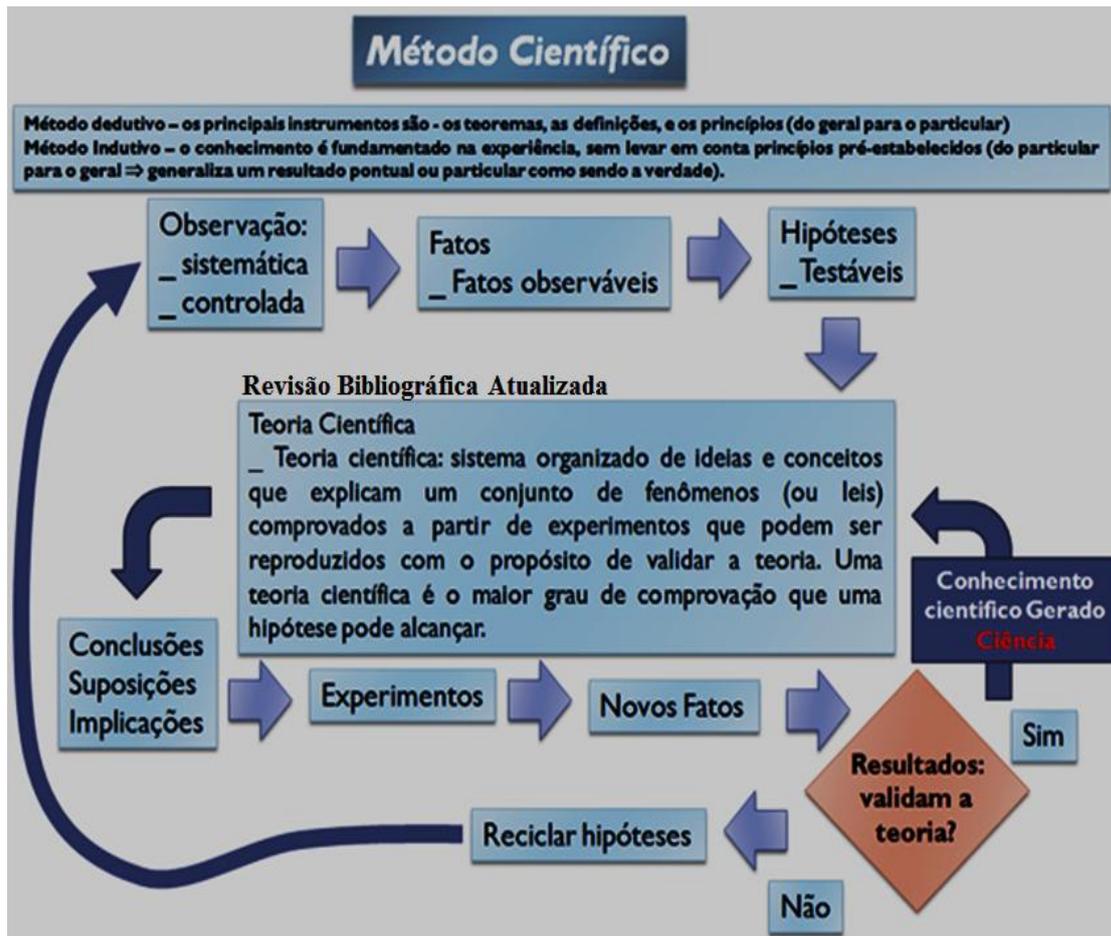
Partindo de observações *in loco* do objeto de estudo definido, a empresa *ZF Sachs*, o autor foi conduzido por uma pesquisa exploratória de forma sistemática e controlada, com base em fatos observáveis e acesso à documentação dos processos de

fabricação da empresa a definir também com o apoio da revisão de literatura, o problema de pesquisa foi fundamentado nas seguintes questões de pesquisa:

1. A manutenção de um fluxo contínuo e balanceado dos materiais na fábrica é a única alternativa para atender os requisitos de operação dos sistemas de manufatura concebidos de acordo com os princípios dos sistemas *Lean Manufacturing*?
2. Sistemas de produção híbridos, com relação ao nível de repetição: repetitivo e semirepetitivo, apresentam bom desempenho quando concebidos com os princípios da manufatura *Lean* e podem operar com base em um sistema de abastecimento específico desenvolvido para esse ambiente de manufatura?
3. O desenvolvimento de uma metodologia de desenvolvimento de sistemas de abastecimento para a manufatura enxuta é capaz de atender o sistema quando há variações de demanda para os produtos acabados?
4. Há na literatura projetos de sistemas de abastecimento para a manufatura enxuta com resultados comprovados e com procedimentos claros de desenvolvimento, assim com a descrição dos procedimentos a serem seguidos para a concepção desse tipo de projeto?

A Figura 1 ilustra o fluxo do processo seguido no presente trabalho de acordo com as etapas descritas para o desenvolvimento da metodologia de desenvolvimento do sistema de abastecimento proposto.

Figura 1: Fluxo das etapas de desenvolvimento do projeto de pesquisa



Fonte: Próprio Autor.

As questões de pesquisa permitiram a formulação das suposições e implicações teóricas e práticas dos sistemas de abastecimento para a manufatura *Lean* de modo que os resultados obtidos validam a teoria existente do tema, podendo ser descrito no corpo do presente texto que houve a produção de conhecimento científico.

## 1.2 Problematização

Na indústria automotiva, particularmente, as empresas necessitam constantemente aperfeiçoar suas operações. Diante de um mercado tão exigente, as empresas estão adotando a filosofia da produção enxuta: um sistema de produção mais competitivo e flexível às mudanças.

Estudos têm demonstrado que as empresas vêm conseguindo alcançar desempenho superior estabelecendo configurações de *layout* de acordo com o modelo de células de manufatura. Porém, Harris (2002) relata que, no decorrer do processo de implementação da manufatura celular, tem-se constatado que o progresso em introduzir esse componente da manufatura enxuta frequentemente expõe novos problemas em outras dimensões.

A movimentação de materiais adiciona valor de local e tempo aos produtos, por torná-los disponíveis quando e onde se fizerem necessários e está associada às seguintes atividades: recebimento (descarga); identificação e classificação; conferência; endereçamento para o estoque; estocagem; remoção do estoque para área de abastecimento; embalagem; expedição e registro das operações.

Consequentemente, torna-se necessário buscar sempre sistemas de armazenagem e movimentação eficientes no abastecimento da manufatura ao menor custo.

Interrupções no fluxo devido ao fato de as peças não estarem disponíveis na hora certa ou na quantidade necessária e excesso de estoque são as principais características observadas que evidenciam a falta de fluxo ou um fluxo equivocado dos materiais em processo (STRATTON; WARBURTON, 2003).

Na análise de Shingo (1996, p. 225), o Sistema Toyota de Produção identifica sete tipos de perdas:

- **Superprodução:** produzir excessivamente ou cedo demais.
- **Espera:** longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informações.
- **Transporte Excessivo:** movimentos excessivos de pessoas, informações ou peças, resultando em dispêndio desnecessário de capital.
- **Processos Inadequados:** utilização de ferramentas erradas, sistemas ou procedimentos.
- **Estoques:** armazenamento excessivo e falta de informações ou produtos, resultando em custos e baixo atendimento.
- **Desperdícios nos movimentos:** desorganização no ambiente de trabalho.
- **Desperdício na elaboração de produtos defeituosos:** problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega.

Segundo Moura (2010), em fábricas típicas, a movimentação de materiais responde por 25% de todos os empregados, 55% de todo o espaço da fábrica e 87% do tempo de produção. Estima-se que a movimentação de materiais representa de 15 e 20% do custo total de um produto fabricado, sendo considerado um dos primeiros campos onde procurar por melhoramentos da qualidade.

Ainda para Moura (2010), as estimativas indicam que entre 3% e 5% de todo o material movimentado é danificado. Outro objetivo deste projeto é identificar, validar ou questionar o posicionamento descrito por Moura.

O propósito desta dissertação de mestrado é relatar as oportunidades que as organizações têm eliminando ou reduzindo algumas perdas, mencionadas por Shingo (1996), relacionadas à Logística Interna ou Logística de Produção, focada na falta de uma metodologia para o desenvolvimento de um sistema de abastecimento interno das células de manufatura, onde o Sistema Toyota de Produção identifica vários tipos de perdas. A dúvida que paira na análise do fluxo de produção desse sistema está relacionada às perdas, de acordo com Moura (2010), referentes a custos. Cabe, diante do desenvolvimento do projeto de pesquisa exposto na presente dissertação, responder qual o papel da Logística nesse contexto, quando abordamos o tema “sistema de abastecimento de células de manufatura” sob a ótica do *Lean Manufacturing*.

### **1.3 Justificativa**

Para Shingo (1996, p. 98), “o acúmulo de materiais em estoque pode ocorrer devido à ineficiência tanto no processo como nas operações na manufatura”. Nesse caso o gerenciamento eficiente dos estoques é importante para qualquer tipo de empresa.

Se a empresa trabalhar com margens de lucro reduzidas, eventuais ineficiências na administração dos estoques ou em metodologia de controles podem comprometer seu lucro. Bertaglia (2003) complementa comentando que o fluxo de informação está extremamente ligado ao movimento físico de produtos e materiais. Todo o processo relaciona-se intimamente: processamento de pedido; estimativa de vendas; planejamento da produção; compra; plano de capacidade; armazenamento e manuseio de materiais.

Nesse contexto, o conceito que facilita a implantação do Sistema Toyota de Produção é a manufatura celular. Suzuki (1996) identifica que, nas células de

manufatura, há uma melhor comunicação entre os operadores, distância reduzida de percurso e controle mais fácil de materiais. As atividades do trabalho são mais facilmente combinadas, existe maior flexibilidade para mudar o volume de produção, fluxo mais simples e redução de controles.

A produção enxuta tem se mostrado eficiente em termos de produtividade e qualidade muito em função desse conceito, além da padronização. Esse fato é demonstrado na prática em função dos resultados obtidos quanto à eliminação dos desperdícios, redução das restrições e à contribuição para um melhor aproveitamento da capacidade intelectual humana, oferecendo uma maior flexibilidade. Todo esse avanço reflete na adaptação dos colaboradores às mudanças, baseado também em um modelo de abastecimento de materiais que ameniza as dificuldades da operação (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

A movimentação interna de materiais é importante para as organizações, pois oferece a condição de se poder contar com os materiais necessários na hora e no lugar corretos, de modo que possam desenvolver suas atividades com eficiência. Como benefícios decorrentes da correta implementação de um sistema de movimentação interna de materiais têm-se a minimização de perdas, redução de resíduos e perdas de produtividade, um sistema logístico eficiente e entrega rápida dos produtos com alta qualidade (MOURA, 2010).

Outra preocupação no desenvolvimento deste trabalho está na questão do *layout*, que está associada também à responsabilidade com a segurança das pessoas na empresa, à proteção e manutenção do meio ambiente. Segundo Slack et al. (2010), a criação de valor agregado para os clientes e acionistas há muito deixou de estar associada somente a conceitos de valor financeiro ou econômico. Também é foco do estudo de *layout* reduzir ou eliminar as perdas de produção. Entenda-se por perdas:

- Movimentação que não adiciona valor ao produto;
- Retrabalho;
- Superprodução;
- Manuseio mais de uma vez,
- Manuseio indevido ou espera por produção ou produto (SHINGO, 1996).

Como resultado, economiza-se espaço, os estoques são reduzidos,

equipamentos mais compactos são utilizados e, finalmente, a produção dá-se por solicitação do cliente.

## **1.4 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo definido como referência usando como metodologia a ser aplicada à concepção de sistemas de abastecimento para células de manufatura *Lean*. Devendo ser destacado que não há a intenção, deste trabalho, de tratar de um modelo único e completo, considerado como de referência, pela possibilidade de, existir trabalhos futuros que o aprimorem como metodologia do projeto e operação do sistema de abastecimento interno para células de manufatura, também que possa ser útil a outros sistemas de produção além do sistema de manufatura da empresa objeto do estudo, do setor metal mecânico.

### **1.4.1 Objetivos específicos**

- Estudar e avaliar os dados informados por Moura (2010) sobre os custos e recursos nas organizações no que tange a abastecimento, movimentação e armazenagem de materiais.
- Demonstrar as etapas e os métodos utilizados durante a implantação do projeto que será desenvolvido.
- Relatar os resultados do projeto com base em um estudo de campo na empresa objeto de estudo nos moldes da pesquisa-ação, pelo fato de o autor do presente projeto interferir no processo de elaboração e aplicação da metodologia. Como descrito, o autor é coordenador de logística na empresa objeto de estudo, atuando como responsável técnico na empresa pelo desenvolvimento da metodologia proposta.

## 1.5 Metodologia da Pesquisa

A metodologia adotada para o desenvolvimento da presente dissertação pode ser definida:

**Quanto à natureza da pesquisa:** O trabalho apresentado está embasado em uma pesquisa qualitativa. Segundo Marconi e Lakatos (2008), na abordagem qualitativa, o pesquisador procura aprofundar-se na compreensão dos fenômenos que estuda – ações dos indivíduos, grupos ou organizações em seu ambiente e contexto social, interpretando-os segundo a perspectiva dos participantes da situação enfocada, sem se preocupar com representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito.

**Quanto à classificação da pesquisa:** Será pesquisa-ação que se justifica, neste trabalho, por se tratar de uma pesquisa de finalidade prática, com a participação ativa do pesquisador, na qual, ao mesmo tempo, atuou como pesquisador e agente do desenvolvimento e implantação da metodologia proposta. A pesquisa-ação não segue uma série de fases rigidamente ordenadas, já que, ao longo do processo de pesquisa, os objetos estudados são continuamente redefinidos (THIOLLENTE, 2009).

**Quanto ao tipo de pesquisa:** É uma pesquisa exploratória, porque o pesquisador realizou o levantamento de dados e explorou as informações da empresa estudada. Segundo Marconi e Lakatos (2008), pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos com vistas à formulação de problemas ou hipóteses pesquisáveis. Apresentam menor rigidez no planejamento. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas sobre elas que se tornem operacionalizáveis.

O produto final deste processo é um problema mais esclarecido, passível de investigação mediante procedimentos sistematizados.

**Quanto aos instrumentos para coleta dos dados:** O autor da presente dissertação fez uso de técnicas padronizadas de coleta de dados, como diagrama de espaguete e observação direta com tomadas de tempo nas tarefas de movimentação e abastecimento de materiais.

**Quanto à forma de análise dos dados coletados:** A forma de análise foi realizada considerando-se:

- Tempo de deslocamento de funcionários do posto de trabalho para abastecimento dos materiais.
- Percentual de perda de produção por falta de um modelo de abastecimento de materiais para células de produção.

A Tabela 1 é uma matriz de decisão, em que podem ser destacadas as principais características de cada modalidade de pesquisa.

Tabela 1: Modalidade de pesquisa versus pesquisa aplicada.

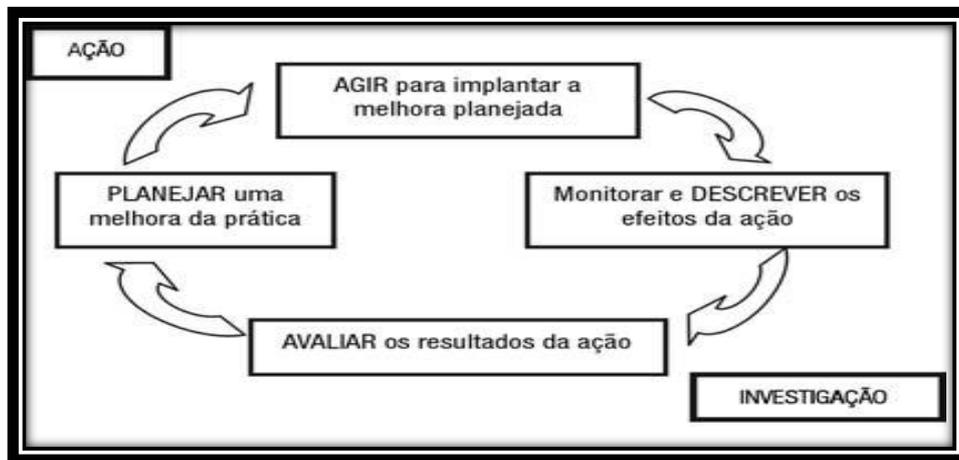
<b>Modalidade de pesquisa</b>	<b>Característica</b>	<b>Adequação a pesquisa a ser realizada</b>
EC - Estudo de caso	O pesquisador não interage com o grupo pesquisado e não tem controle sobre as variáveis da pesquisa.	O pesquisador vai interagir e propor métodos para solução de problemas. <b>NÃO APLICÁVEL</b>
PP - Pesquisa participante	Tem como propósito “auxiliar a população envolvida a identificar por si mesma os seus problemas, a realizar a análise crítica destes e a buscar as soluções adequadas”.	O pesquisador vai analisar e propor métodos para solução de problemas <b>NÃO APLICÁVEL</b>
OP – Observação participante	O pesquisador procura tornar-se um membro do grupo observado e, dessa forma, compartilhar as experiências de vida para melhor compreender seus hábitos e convenções sociais.	O objetivo não é tornar-se um membro do grupo e tampouco compartilhar experiências, mas sim trazer uma metodologia que reduza os tempos de desperdícios no modelo de abastecimento. <b>NÃO APLICÁVEL</b>
PAP- Pesquisa-ção participante	Característica educativa. A principal característica que diferencia a PAP é o caráter político que envolve o cientista na luta pelo equilíbrio do poder, obrigando-o assim a tomar o partido daqueles que têm menos poder.	Apesar da semelhança, a PAP não deve ser usada nesta pesquisa, pois não é objetivo deste trabalho que o pesquisador tome partido por um dos lados. <b>NÃO APLICÁVEL</b>

<p>PA – Pesquisa-ação</p>	<p>a) “Realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo no qual os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”.</p> <p>b) São levadas em consideração as características situacionais, já que se procura diagnosticar um problema específico em uma situação específica com vistas a alcançar algum resultado prático.</p> <p>c) Prática, na qual o pesquisador projeta as mudanças.</p> <p>d) Técnica através da qual o pesquisador age de modo inteiramente mecânico, lendo o manual.</p>	<p>A característica deste trabalho pressupõe a participação do pesquisador na elaboração de um modelo, aplicação desse modelo e avaliação dos resultados.</p> <p>Busca interagir com o grupo com o objetivo de propor e executar um modelo de abastecimento interno de materiais para células de manufatura.</p> <p>Portanto, o modelo é Aplicável.</p>
-------------------------------	---	---

Fonte: Próprio Autor.

A Figura 2 representa as quatro fases do ciclo básico da pesquisa-ação.

Figura 2: Representação em quatro fases do ciclo básico da pesquisa-ação.



Fonte: Marconi e Lakatos (2008)

Thiollent (2009, p.16) define pesquisa-ação como sendo:

Um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

## 1.6 Relevância do Estudo

O estudo das atividades relacionadas com a armazenagem e a movimentação interna faz-se necessário em função do custo que uma empresa pode estar suportando ao longo do tempo. Mudanças tanto no *layout* da empresa quando no fluxo de armazenagem e abastecimento podem estar afetando o tempo de ciclo das células. Conhecer as perdas, dentro do processo como um todo, tornou-se um fator diferencial para as empresas que buscam espaço no mercado, e isso visa a garantir participação efetiva no mercado como um todo ( MOURA, 2010).

## 1.7 Estrutura da Dissertação

Com base na pesquisa realizada, a dissertação está estruturada nos seguintes capítulos:

**Capítulo 1** – Introdução: Apresentação de uma visão geral do projeto. Descrição resumida sobre a função da Logística no ambiente de manufatura e o Sistema Toyota de produção. Apresentação do problema de pesquisa, justificativa do trabalho, objetivos e metodologia da pesquisa.

**Capítulo 2** – Fundamentação teórica. Estudo da teoria do projeto e operação do sistema de produção como sistema de manufatura *Lean*. Apresentação do referencial teórico da pesquisa. Definição dos conceitos básicos da classificação dos sistemas de produção: Diversificação e Diferenciação, Nível de repetição, Tecnologia de Grupo e Manufatura Celular.

**Capítulo 3** – Fundamentação teórica. Estudo da teoria da concepção do Sistema Toyota de Produção, da técnica de planejamento do *Lean Manufacturing*, e Mapeamento do Fluxo de Valor.

**Capítulo 4** – Fundamentação teórica. Estudo da teoria de sistemas de abastecimento de sistemas de manufatura *Lean*. Projeto e Operação dos Sistemas de Abastecimento de acordo com os princípios do *Lean Manufacturing*.

**Capítulo 5** – Metodologia para o desenvolvimento de sistemas de abastecimento para sistemas de produção *Lean Manufacturing*. Apresentação do modelo de referência

desenvolvido com o propósito de projetar sistemas de abastecimento para sistemas de produção *Lean Manufacturing*.

**Capítulo 6** – Estudo de Caso. Apresentação da aplicação da metodologia de desenvolvimento de sistemas de abastecimento para sistemas de produção *Lean Manufacturing*.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO COMO SISTEMA DE MANUFATURA *LEAN***

Uma particularidade relevante para um projeto e operação de um sistema de produção ser transformado em um sistema de manufatura *Lean*, de acordo com os princípios originais adotados pelo Sistema Toyota de Produção, é a padronização dos produtos e dos processos. Contudo, abordar a padronização sem definir alguns conceitos como: nível de repetição, nível de diversificação e nível de distinção do sistema de manufatura é prematuro. Os tópicos seguintes definem esses conceitos.

### **2.1. Nível de Repetição**

Para MacCarthy e Fernandes (2000), o nível de repetição de um sistema de manufatura está atrelado às seguintes definições: um produto é repetitivo se ele consome uma porcentagem significativa do tempo total disponível da unidade produtiva (pelo menos 5%).

Nesse contexto, um sistema de produção é definido como sendo repetitivo se apresentar pelo menos 75% dos componentes ou produtos acabados de produção repetitivos e não repetitivo 75% dos itens são não repetitivos. Já um sistema pode ser considerado semirepetitivo se o sistema de produção opera com, no mínimo, 25% de itens repetitivos e pelo menos 25% não repetitivos.

Como exemplo, um sistema de produção em massa é aquele no qual a grande maioria dos produtos consome, no mínimo, 5% do tempo total disponível do sistema de produção, ultrapassando o mínimo de 75%. O sistema de manufatura objeto do estudo é classificado como repetitivo, pois possui mais do que 75% das células de

manufatura como repetitivo e em torno de 20% das células de manufatura como semirepetitivo.

Sendo o sistema de manufatura classificado como repetitivo, e de acordo com Godinho & Fernandes (2010), o sistema de planejamento e controle da produção mais adequado para a coordenação das ordens de produção desse sistema de manufatura é o *Just in Time*, tornando-se a Estratégia de PCP que melhor atende. Contudo, o sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* deve ser aplicado de acordo com a Figura 3. A empresa utiliza um sistema de coordenação de ordens de produção híbrido: *Kanban* e MRP (*Materials Requirements Planning*).

Figura 3: Nível de repetição dos sistemas de produção e o sistema de planejamento e controle da produção aderente ao sistema de manufatura.

NÍVEL DE REPETIÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO							
Outras variáveis	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO						
	Contínuo puro	Semi contínuo	Produção em massa	Repetitivo	Semi repetitivo	Não repetitivo	Grandes Projetos
Tipos de organização do trabalho	Se existe montagem, o tipo de organização do trabalho tem um impacto direto na maneira pela qual será feito o balanceamento do trabalho na montagem						
Sistema de planejamento e controle da produção	Uma planilha para controlar a taxa de fluxo	Uma planilha para programar o trabalho	kanban	Kanban ou PBC	PBC ou OPT	MRP	PERT /CPM

Fonte: Adaptado de Godinho & Fernandes (2010).

Partindo da classificação dos sistemas de manufatura quanto ao nível de repetição, cabe avaliar o nível de distinção e de diversificação do sistema.

## 2.2 Distinção e Diversificação

Quanto aos conceitos de distinção e diversificação, de acordo com Godinho & Fernandes (2010), tem-se:

1. Distinção é a habilidade de o sistema de produção (SP) responder a mudanças no *mix* de produtos dentro de uma gama de produtos muito similares. Portanto, distinção relaciona-se com a variedade de modelos semelhantes. Essa habilidade depende da obtenção de baixos tempos de *setup*.
2. Diversificação é a habilidade de o sistema de produção (SP) responder a grandes mudanças no *mix* de produtos dentro de uma gama de produtos muito diferentes entre si, ou seja, o processo é capaz de fornecer grande variedade de produtos muito diferentes. Portanto, diversificação relaciona-se com a variedade de produtos muito diferentes. Essa habilidade depende da obtenção de baixos tempos de *setup*, uso de equipamentos universais e versáteis e mão de obra versátil.

A Figura 4 apresenta a classificação do sistema de produção de acordo com os conceitos de diversificação e distinção (GODINHO & FERNANDES, 2010).

Figura 4: Classificação dos sistemas de produção de acordo com os conceitos diversificação e distinção.

Níveis de repetição dos sistemas de produção discretos	<i>Diversificação</i>	<i>Distinção</i>
Produção em massa	Inexistente (produto único)	Baixa/Média
Repetitivo	Baixa	Média/Alta
Semi repetitivo	Média	Alta
Não repetitivo	Alta	Alta

Fonte: Godinho & Fernandes (2010).

Após a classificação do sistema de produção, sistemas repetitivos e semirepetitivos, em função da similaridade dos processos de fabricação dos respectivos produtos do *mix* de produção, podem fazer uso da tecnologia de grupo para a configuração do *layout* da fábrica a partir da concepção da manufatura celular.

### **2.3 Tecnologia de Grupo (*Group Technology*)**

De acordo com Pires (1996), Tecnologia de Grupo (TG) é uma técnica de caráter organizacional aplicada há décadas no ambiente de manufatura atendendo os requisitos da padronização dos processos de fabricação e, conseqüentemente, da implantação do sistema de planejamento *Just in Time*, assim como dos sistemas de coordenação de ordens de produção *Kanban* e da concepção do *layout* celular a baseada em roteiros de fabricação similares, ou até mesmo em sistemas flexíveis de manufatura FMS.

Ainda de acordo com Pires (1996), o princípio básico da Tecnologia de Grupo é identificar as similaridades existentes entre os projetos e/ou processos produtivos no ambiente de manufatura utilizando as similaridades dos roteiros de fabricação com o propósito de otimizar o uso dos recursos de manufatura no dimensionamento do ambiente fabril.

Nesse caso, autores consagrados na concepção de sistemas de planejamento e controle da produção, como Burbidge (1975), estudaram a Tecnologia de Grupo como uma técnica que tem como objetivo principal tirar vantagens competitivas considerando uma estratégia de manufatura com a produção em pequenos e médios lotes, buscando uma maior aproximação dos sistemas de produção em massa.

Segundo Hyer & Wemmerlov, apud Pires (1996), as vantagens obtidas com a implantação da Tecnologia de Grupo são alcançadas segundo, principalmente:

- a padronização de componentes similares;
- a produção conjunta de componentes similares;
- a armazenamento e a recuperação mais eficiente de dados a respeito de projetos/processos de produção já elaborados.

Wemmerlov & Hyer, apud Pires (1996), abordam que a implantação da Tecnologia de Grupo na concepção de arranjos físicos celulares identifica um rol de questões específicas, similares às questões estruturais e infraestruturais de uma Estratégia de Manufatura.

De acordo com esses autores, questões estruturais compreendem a seleção dos componentes em famílias de produtos, formação das células de manufatura, a seleção do ferramental e dos dispositivos a serem utilizados, etc.

Quanto às questões operacionais, refere-se à operacionalização das atividades de Planejamento e Controle da Produção, Gestão da Qualidade, Gestão da Manutenção e redefinição do papel da mão de obra no novo sistema produtivo.

Pires (1996) afirma que a Tecnologia de Grupo é caracterizada mais pela abordagem das questões estruturais, com pouca ênfase dada às questões operacionais. Cabe, nesse contexto, partirmos para a caracterização do *layout* celular.

## 2.4 Células de Manufatura

Embora a concepção de sistemas de manufatura com *layout* celular tenha origem no início do ano de 1900, seu uso no mundo ocidental, de modo mais efetivo, ocorreu em meados do ano 1990, em torno de 90 anos depois. Nas últimas décadas, é fato que um número significativo de empresas passou a fazer uso de técnicas de análise e melhoria de *layout* com configuração celular com o propósito de otimizar os processos produtivos de acordo com a concepção dos sistemas de manufatura *Lean*.

Contudo, como consequência da implementação da manufatura enxuta, alguns recentes estudos na Europa e nos Estados Unidos indicam que o percentual de empresas que utilizam células de manufatura varia entre 43% e 53%. Segundo Hyer; Wemmerlov (1984), apud Adamczuk (2007), em plantas com mais de 100 empregados, esse número aumenta para 73%.

Células de manufatura são grupos destinados a produzir uma família de componentes ou produtos similares. As células possuem diferentes tipos de equipamentos que são necessários para realizar todas as operações do produto ou componente. Esses equipamentos são posicionados na mesma sequência das operações a fim de minimizar perdas com movimentações e transporte (BLACK, 1998).

A totalidade dos benefícios é alcançada apenas quando a célula de manufatura adere à disciplina de reunir, de forma harmônica, os três elementos, caracterizando, assim, uma célula física real. A distribuição desigual da relação entre os elementos resultaria em outros tipos de células de manufatura com um menor número de benefícios. Esse conceito foi constituído buscando o posicionamento da célula física real em relação aos elementos principais. No que se refere ao elemento tempo, uma célula física real deve apresentar pouco atraso entre o final de uma tarefa e o início da próxima, além do baixo tempo de transferência e espera em relação aos produtos e materiais.

A troca de informações é um princípio que aparece em poucos trabalhos relativos ao tema, mas que, impulsionada pelas práticas enxutas, foi incorporada como fundamental na organização de sistemas fabris. Para Hyer e Brown (1999), a troca de informações entre operadores e máquinas deve ser completa, precisa e acessível a todos, indicando metas, pedidos, especificações, procedimentos e disponibilidade de componentes.

A relação tempo-informação é a mais dinâmica entre todas. Na realização de tarefas, é necessária precisão no tempo e, informações completas e disponíveis podem ser utilizadas para diminuir os tempos operacionais. O espaço também influencia no fluxo de informação intracelular. A proximidade de pessoas, máquinas e processos aumenta o potencial de comunicação contínua entre os operadores e facilita a resolução rápida de problemas. Essa troca de informações permite que os operadores tomem conhecimento sobre nível de estoque, problema de qualidade, gargalos de produção, falta de componentes e outros fatores-chave do desempenho da célula. A redução de atrasos no transporte de materiais entre tarefas faz da relação espaço-tempo mais uma importante relação da Manufatura Celular.

Ainda para Hyer; Brown (1999), apud Adamczuk (2007), quanto maior a distância percorrida por um componente dentro da empresa, maior a probabilidade de atraso na produção por espera de material, envio a um local errado ou sofrer danos relativos ao manuseio.

A classificação sugerida leva em consideração que a célula física real apresenta a totalidade dos benefícios oferecidos pela Manufatura Celular e que os demais tipos de células de manufatura possuem deficiência em um ou mais desses elementos. Neste caso, cada uma das demais tipologias não teria a disciplina de uma célula física real em relação aos princípios da manufatura celular.

### 2.4.1 *Layout* em células de manufatura

Para Suri (1998), apud Passos (1994), a definição de célula de manufatura pode ser feita como um conjunto de máquinas geralmente distintas, próximas umas das outras, dispostas de acordo com o processo do produto para minimizar a movimentação de peças, geralmente em um *layout* em formato de U para minimizar a movimentação de operadores. Uma célula de manufatura pode ser operada por um grupo de trabalhadores multitarefas que são treinados para realizar várias operações no meio da célula e que têm total responsabilidade pelo desempenho em qualidade e entrega.

A célula é dedicada para fabricar uma família de produtos que necessitam de operações similares, que devem, preferencialmente, ser completadas dentro da célula. Isto requer que todos os recursos necessários para completar as operações dessa família estejam disponíveis dentro da célula. Esta definição sugere a adoção de seis procedimentos considerados pontos chave:

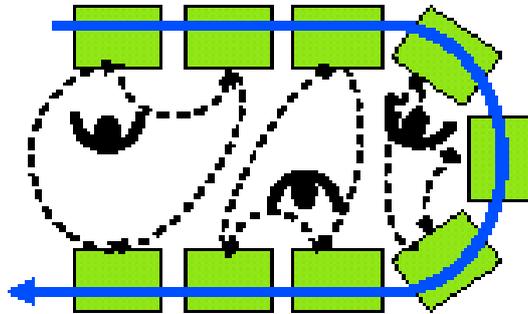
- O objetivo da célula é de iniciar com a matéria-prima e terminar com o produto acabado;
- As máquinas são para processos de natureza distinta, o que é o oposto do que ocorre em um *layout* funcional;
- Todos os recursos são dispostos próximos uns dos outros;
- Existem trabalhadores multitarefas que realizam diversas operações;
- É dada responsabilidade aos operadores quanto ao desempenho da célula;
- A célula é dedicada a um conjunto de produtos ou família de produtos.

Quanto ao *layout* da célula, ele é geralmente feito em formato de U, a fim de que os materiais envolvidos no início e no fim do processo estejam próximos, o que deve diminuir o tempo de movimentação do operador pela célula.

Como ressaltado anteriormente, as estações de trabalho são aproximadas o máximo possível, na sequência das etapas do processo. Existem basicamente três formas pelas quais o trabalho pode ser organizado dentro da célula: como o processo distribuído para o time (equipe), com um operador único que realize todo o processo, ou

com cada membro do time (equipe) realizando o processo completo. A Figura 5 ilustra uma célula com o processo distribuído entre o membro do time (equipe).

Figura 5: Célula com o processo distribuído dentro do time (equipe)



Fonte: Slack (2010).

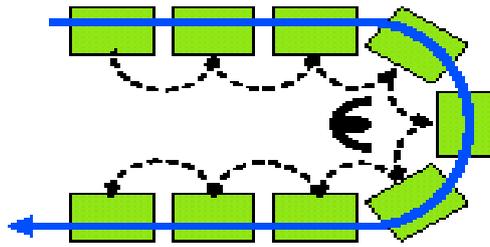
No primeiro caso, indicado na (Figura 5), o processo inteiro é dividido entre os operadores. Como principais vantagens, citamos a possibilidade de ajuda mútua dentro da célula e a maior facilidade de treinamento, visto que uma variedade menor de operações é delegada a cada operador.

Entre as desvantagens, consideramos a dificuldade de haver um balanceamento das operações bem como a manutenção de tal balanceamento.

No caso da Figura 6, é apresentada uma segunda forma que contempla um único operador realizando todo o processo, passando por todos os postos. Isso faz com que o *lead-time* seja reduzido, assim como a variabilidade de qualidade. Há uma maior facilidade de controle, além de o operador se sentir mais motivado, visto que ele monta o produto completo.

Uma desvantagem, porém, é o tempo de aprendizado mais longo quando comparado ao primeiro caso. Na Figura 6 é apresentada uma Célula onde cada membro do time (equipe) realiza todo o processo.

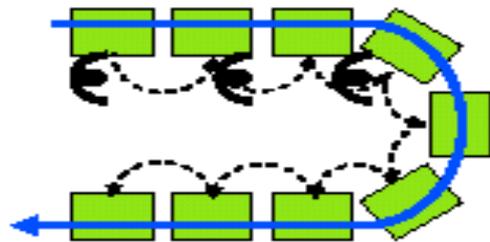
Figura 6: Célula com um único operador realizando todo o processo.



Fonte: Slack (2010).

A Figura 7 indica que uma terceira forma de se organizar uma célula seria com cada membro do time (equipe) realizando o processo completo, com dois ou mais operadores passando por todos os postos. Tal forma de organização proporciona uma maior facilidade para se ajustar a capacidade da produção. Uma desvantagem, porém, é que o tempo de ciclo é definido pelo operador mais lento.

Figura 7: Célula onde cada membro do time realiza todo o processo.



Fonte: Slack (2010)

Este último caso é conhecido pelo conceito de *rabbit chase* ou caça ao coelho, quando “as máquinas são colocadas bem próximas e as operações são conduzidas, uma peça por vez através de todo o processo, sem acumulação de estoques intermediários entre os processos” (SUZAKI, 1996). Neste caso, um operador é visto como a caça do outro.

Todos os tipos de organização das células de manufatura anteriormente citados devem levar em consideração uma premissa: o simples fato de se mudar o arranjo das máquinas no fluxo dos processos de fabricação significa que os operadores talvez devam aprender como operar diferentes tipos de equipamentos para executarem o processo (SUZAKI, 1996), o que os tornam conhecidos como operador multifuncional.

Quando o operador é treinado em diversas máquinas ou em diversas operações, ele é qualificado para responder às mudanças de necessidade de produção, mudando de posição quando necessário.

Ainda para Suzaki (1996), o trabalho em equipe está aumentando e parece razoável projetar que o número de diferentes tipos de empresas de manufatura que utilizam equipes de trabalho como forma padrão de organizar seus processos deve continuar crescendo.

As empresas que querem repensar formas antigas e aplicar as lições aprendidas pelas empresas que estão à frente nesse processo de adequação do projeto e operação dos sistemas de produção estão descobrindo que o retorno sobre o investimento de tempo e esforço é extremamente válido.

Com o intuito de montar uma célula de manufatura, deve-se também ter em mente como as operações deverão ser divididas entre os operadores.

Para isso, lança-se mão de uma ferramenta conhecida como Gráfico de Balanceamento de Operações, ou GBO. Essa ferramenta facilita a visualização não somente das operações de cada operador, mas também do modo como o tempo de cada um deles está distribuído entre operações que agregam valor.

No momento em que as operações são divididas, elas já podem ser classificadas no critério anteriormente proposto:

1. Operação que agrega valor;
2. Operação que não agrega valor, mas que é necessária;
3. Operações que não agregam valor.

Partindo do momento em que as operações já estão claramente determinadas, pode-se dar início ao processo de cronometragem. As operações devem ser cronometradas continuamente (sem pausas), na sequência em que elas realmente ocorrem, fato que foi determinado na etapa de avaliação das operações.

Eventos aleatórios que alteram em muitas unidades o resultado final devem ser anotados. Os procedimentos de avaliação de operações e de posterior cronometragem devem ser feitos para cada operador que executa as tarefas no sistema em estudo.

No gráfico, todos os operadores são representados ao longo do eixo das abscissas em que as barras verticais representam o tempo total de suas operações.

Para facilitar a redistribuição das operações pelos operadores, pode-se, primeiramente, fazer o gráfico à mão, dividindo-se a barra de tempo de cada operador em suas respectivas operações. As operações de cada operador podem ser inicialmente colocadas no gráfico na forma de pedaços de papel colados sobre o mesmo para posterior redistribuição de operações.

Ainda para Favarin et al. (2008), a manufatura celular exige disciplina e rigor na sua implementação e, muitas vezes, demanda uma alteração no sistema de gerenciamento da empresa. Uma modificação imprescindível com a implementação de células de manufatura diz respeito ao sistema de movimentação de materiais.

## 2.5 Tipos de Células de Manufatura

Há na literatura diversos trabalhos que abordam a concepção de células de manufatura.

A princípio, há “n” possibilidades quanto à concepção de uma célula de manufatura com o propósito da redução dos tempos de movimentação. Independente do tipo de célula, a padronização dos processos de fabricação e dos produtos é a base para a sua concepção, uma vez que a tecnologia de grupo busca por similaridade dos roteiros de fabricação de estabelecer uma matriz de identificação dos processos de fabricação comuns, assim como a proximidade dos tempos de processamento entre as operações dos roteiros e a extensão do tempo de *setup* considerando os dispositivos e ferramental a ser utilizado. Dentro desse contexto estão a definição das instruções de trabalho e o treinamento dos colaboradores que devem atuar na célula com o propósito de manter o balanceamento do tempo de execução das operações e, conseqüentemente, o fluxo contínuo da produção de um volume específico de produção e o *takt time* a ser atendido.

Fernandes & Tahara (1996), baseado em uma revisão ampla da literatura a respeito do tema, apresentam algumas classificações dos tipos de células de manufatura consideradas possíveis com base em nove autores, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos tipos de células de manufatura.

<b>Autores</b>	<b>Classificação</b>	<b>Ano da publicação</b>
<b>Petrov (1968, apud SINHA &amp; HOLLIER (1984))</b>	Linhas de produção variáveis. Linhas de produção de grupo, com re-preparação de equipamentos. Linhas de produção de grupo, sem re-preparação de equipamentos.	<b>1968</b>
<b>PERA (1974, apud SINHA &amp; HOLLIER (1984))</b>	Células flexíveis. Células baseadas na descrição dos itens. Células baseadas nos roteiros de processo.	<b>1974</b>
<b>ARN (1975)</b>	Linha de produção de TG (Tecnologia de Grupo). Célula de TG. Centro de TG.	<b>1975</b>
<b>SPUR &amp; MERTINS (1982)</b>	Linha de Transferência Flexível (FTL). Sistema Flexível de Manufatura (FMS). Célula Flexível de Manufatura.	<b>1982</b>
<b>DALE &amp; RUSSELL (1983)</b>	Célula monoestágio. Célula monoestágio com máquinas em paralelo. Célula multiestágio unidirecional. Célula multiestágio unidirecional variado. Célula multiestágio unidirecional com máquinas em paralelo. Célula multiestágio unidirecional variado com máquinas em paralelo. Célula multiestágio multidirecional. Célula multiestágio multi direcional com máquinas em paralelo.	<b>1983</b>
<b>GALLAGHER &amp; KNIGHT (1986)</b>	Materiais. Célula semi-integrada. Célula simples. Trabalho agrupado em uma única máquina.	<b>1986</b>
<b>GALLAGHER &amp; KNIGHT (1986)</b>	Grupos em série. Grupos em paralelo. Grupos ramificados.	<b>1986</b>
<b>SHAW (1988)</b>	Células flexíveis. Células orientadas por produto. Células de montagem por robô.	<b>1988</b>
<b>CONTADOR (1995)</b>	Por produto, com predominância de máquina. Por produto, com predominância do homem. Por processo. Por posição fixa do produto.	<b>1995</b>

Fonte: Próprio autor.

É relevante antes da apresentação dos tipos de células de manufatura definir sistemas de produção *flowshop* e sistemas de produção *jobshop*. Johnson & Montgomery (1974) definem sistemas de produção *flowshop* e *jobshop* como sendo:

- 1- **Sistema Intermitente *flowshop*:** grande variedade de produtos fabricados, com mudanças frequentes nos lotes produzidos, em que os itens de uma mesma linha de montagem ou célula de manufatura têm a mesma sequência de operações nas máquinas.
- 2- **Sistema Intermitente *jobshop*:** grande variedade de produtos fabricados, com mudanças frequentes dos lotes que estão sendo produzidos, e diferenças, quanto ao roteiro de fabricação, entre os itens fabricados em um ambiente de manufatura.

A seguir, com base no texto de Fernandes & Tahara (1996) é apresentada a classificação:

Petrov (1968), apud Sinha & Hollier (1984), considera que as células são basicamente linhas de produção com múltiplos produtos e as classifica como:

- a) **Linhas de produção variáveis.** Poucos tipos de itens e só um entra na célula por vez. Antes de mudar para outro, todas as máquinas são preparadas.
- b) **Linhas de produção de grupo, com repreparação de equipamentos.** Número substancial de componentes, podendo haver produção de diferentes itens em paralelo (simultaneamente).
- c) **Linhas de produção de grupo, sem repreparação de equipamentos.** Em cada máquina passa sempre o mesmo conjunto de componentes de tal modo que não há repreparação de máquinas.

Pera (1974), apud Sinha & Hollier (1984), sugere três tipos de células:

- a) **Células flexíveis.** Tarefas que foram planejadas para serem executadas numa célula podem ser transferidas, por questão de conveniência, para outra célula.

- b) **Células baseadas na descrição dos itens.** Por exemplo, células de usinagem de engrenagens.
- c) **Células baseadas nos roteiros de processo.**

Com base no tipo de *layout*, Arn (1975) classifica as células em três categorias:

- a) **Linha de produção de TG (Tecnologia de Grupo).** Parecida com a linha de produção, a principal diferença é que, nesta, o número de produtos fabricados é um (admitindo variantes do produto) e na TG é unitário o número de famílias de produtos. Em ambas, o padrão de fluxo é *flowshop*.
- b) **Célula de TG. Padrão de fluxo *jobshop*.** Considerada como sendo a célula de ocorrência mais usual.
- c) **Centro de TG.** As máquinas do centro são todas do mesmo tipo; assim, a racionalização é feita para um único tipo de operação (por exemplo, torneamento); representa o nível de racionalização mais baixo no contexto da TG, e pode ser aplicado com o *layout* funcional. As peças que são processadas num dado centro de TG são agrupadas em famílias de produtos.

Já as células providas com automação flexível podem ser classificadas de acordo com Spur & Mertins (1982), em:

a) **Linha de Transferência Flexível (FTL)**

**Características:** interligação interna; usinagem de multiestágios; transporte cíclico; fluxo direcionado do material; versatilidade parcial do equipamento de processamento com tempos de preparação relativamente curtos.

b) **Sistema Flexível de Manufatura (FMS) (*Flexible Manufacturing Systems*)**

**Características:** interligação externa; usinagem de mono ou multiestágio; transporte não cíclico; fluxo de material automatizado; preparação não manual para *spectrum* limitado de peças.

Um Sistema Flexível de Manufatura (FMS) consiste num conjunto de máquinas CN interligadas por um sistema automatizado e programável de movimentação de materiais (PIRES, 1996).

Pode-se dizer também que um sistema FMS visa produzir diferentes tipos de peças com a eficiência dos sistemas de produção em massa e a flexibilidade dos *jobshops*.

Segundo Pires (1996), os sistemas FMS surgiram no começo dos anos de 70 e até o começo de 1990 havia mais de 800 sistemas FMS construídos em todo o mundo.

### c) Célula Flexível de Manufatura

**Características:** máquinas isoladas sem interligação; usinagem de estágio único; troca automatizada de ferramentas. É um centro de usinagem contendo ainda um magazine para ferramentas e outro para *pallets* com peças.

Para fins de controle da produção, a característica mais importante de uma célula é o padrão de fluxo que nela ocorre.

“A complexidade de um sistema de controle da produção é diretamente relacionada com a complexidade do fluxo de trabalho na área de fabricação” (DALE & RUSSELL, 1983).

Assim sendo, apresentamos uma classificação baseada no fluxo de produção no interior da célula:

- (i) **Célula mono estágio.** Por exemplo, o centro de usinagem.
- (ii) **Célula mono estágio com máquinas em paralelo.**
- (iii) **Célula multi estágio unidirecional.**

Células que corresponde ao sistema de produção *flow-hop*:

- (iv) **Célula multiestágio unidirecional variado.** Admite saltar de máquinas (*overflow*).
- (v) **Célula multiestágio unidirecional com máquinas em paralelo.** Corresponde ao *flow-line*.

(vi) **Célula multiestágio unidirecional variado com máquinas em paralelo.** Wittrock (1985) denomina de *Flexible Flow-Line*.

(vii) **Célula multiestágio multidirecional.**

Há casos em que a célula admite saltos de máquinas bem como contra fluxos. Corresponde ao padrão de fluxo *jobshop*.

(viii) **Célula multiestágio multidirecional com máquinas em paralelo.**

Gallagher & Knight (1986) classificam as células segundo a complexidade do sistema de movimentação de célula integrada.

- a) **Materiais.** Uso integrado de esteiras transportadoras para o controle do fluxo de materiais na célula.
- b) **Célula semi-integrada.** Uso de esteiras transportadoras para finalidades apenas de transporte e armazenagem do estoque em processo.
- c) **Célula simples.** Sem aparatos de movimentação.
- d) **Trabalho agrupado em uma única máquina.** Em particular, usando a abordagem do componente composto.

Outra classificação consiste em diferenciar apenas as células de fabricação e as células de montagem. Estas últimas podem ser definidas conforme (GALLAGHER & KNIGHT, 1986):

- a) **Grupos em série.** Os problemas de balanceamento são reduzidos com a inserção de pulmões de materiais (*buffers*) entre cada dois grupos consecutivos;
- b) **Grupos em paralelo.** Cada um monta o produto completo, e o número deles é determinado pelo volume de produção requerido;
- c) **Grupos ramificados.** Submontagens em paralelo, seguidas de montagem final.

Já Shaw (1988) considera:

- a) **Células flexíveis.** Compostas de máquinas universais usadas e preparadas para realizar uma grande variedade de operações;
- b) **Células orientadas por produto.** Por exemplo, células de engrenagens;
- c) **Células de montagem por robô.**

De uma forma análoga à dos tipos clássicos de *layout*, Contador (1995) classifica as células de manufatura em 4 tipos:

- a) Por produto, com predominância de máquina;
- b) Por produto, com predominância do homem;
- c) Por processo;
- d) Por posição fixa do produto.

Considerando o fluxo das etapas a serem realizadas no desenvolvimento e concepção do sistema de abastecimento de um sistema de manufatura *Lean*, de acordo com a metodologia proposta, é relevante com caracterização do sistema de manufatura *Lean*, abordar o Sistema de Manufatura Toyota de Produção e a classificação das principais ferramentas relacionadas de acordo com o tipo de célula de manufatura adotado, levando em consideração o nível de repetição e distinção e diversificação dos produtos a serem fabricados de acordo com o nível de padronização dos processos de fabricação e dos produtos acabados.

### **3 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO**

#### **3.1 Histórico e Contextualização**

É fato que no ano de 1926, Toyoda Sakichi (1867 - 1930) funda a *Toyoda Spinning & Weaving* e a *Toyoda Automatic Loom Works Ltda.*

Toyoda Sakichi era um empreendedor e viajou para os Estados Unidos da América pela primeira vez em 1910, no início das atividades da indústria

automobilística na América, momento em que o modelo T de *Ford* estava no mercado havia aproximadamente dois anos. Era o auge, no início do século XX, da popularidade dos carros que permanecia em alta, e diversas empresas passaram a produzi-los. Toyoda permaneceu na América por quatro meses e, ao seu retorno ao Japão, afirmou estarem, então, na era dos automóveis (OHNO, 1988). Na época, o desejo de Toyoda Sakichi, filho de Toyoda Kiichiro, era entrar no ramo da indústria automotiva e, em 1933, eles anunciam o objetivo de desenvolver no Japão projetos de automóveis de passageiros.

Coincidentemente, em 1936, o governo japonês acabou por criar uma lei de proteção aos fabricantes domésticos de automóveis no Japão ante à concorrência internacional e, em 1937, Toyoda Kiichiro acabou por fundar a *Toyota Motor Company*.

Nesse período, em torno de 1942, a empresa Toyoda Spinning & Weaving, do grupo, que deu origem à Toyota e com *know-how* no ramo Têxtil, fundada por Toyoda Sakichi, teve suas atividades interrompidas e, em 1943, o engenheiro Taiichi Ohno transfere-a para a iniciante empresa do setor automobilístico *Toyota Motor Company*.

É na década de 40 que o Sistema Toyota de Produção é concebido por causa da necessidade de se adequar o fluxo de produção às condições de competitividade impostas pelo mercado japonês a fim de popularizar o automóvel no país e torná-lo competitivo em relação aos automóveis europeus e americanos, importados nesse período.

Em função das restrições do mercado japonês à época, requereram a produção em quantidades menores de muitas variedades de produtos em função das condições de consumo impostas pelo mercado japonês de baixa demanda interna.

Conduto, a implementação do novo sistema somente começou a tomar forma logo após a Segunda Guerra Mundial e despertou a atenção mundial para a indústria japonesa somente depois da crise do petróleo, no final do ano de 1973.

Um marco do desenvolvimento do sistema Toyota de Produção foi o dia 15 de agosto de 1945, dia em que o Japão perdeu a II Guerra Mundial, definindo assim um novo começo para a *Toyota Motors* no Japão.

À frente da presidência da empresa à época, Toyoda Kiichiro, considerado o pai da indústria automobilística japonesa, definiu como o principal desafio a ser alcançado pela sua empresa: "Alcançar a América em três anos" em termos de competitividade, alegando que, de outra maneira, a indústria automobilística japonesa não iria sobreviver (OHNO, 1988).

Historicamente, em 1937, a relação de produtividade de um trabalhador alemão ou americano era de ordem três vezes maior do que produzia um trabalhador japonês na indústria automobilística. Todavia, a razão entre a força de trabalho japonesa e a alemã ou americana era da ordem de 1 trabalhador nas indústrias dos referidos países para 9 trabalhadores no Japão.

A única alternativa, na época, era eliminar as perdas e multiplicar a produtividade, por no mínimo, dez vezes (OHNO, 1988).

Taiichi Ohno recebeu a incumbência de desenvolver um novo método de produção que deveria eliminar as perdas e superar o desafio de alcançar o nível de competitividade das indústrias americanas e alemãs em três anos.

Com esse propósito, embora não três anos, Toyoda e Ohno conseguiram implementar completamente suas ideias nos vinte anos seguintes a partir do momento em que o desafio foi lançado, com um impacto significativo nos resultados operacionais do novo sistema de produção proposto, quebrando paradigmas até então consagrados pelo modelo americano de produção. As consequências foram positivas para a produtividade, qualidade e velocidade de resposta às demandas de mercado pelas indústrias automobilísticas japonesas.

Em 1947, as máquinas passaram a ser arranjadas de forma que um operador japonês trabalhasse em três ou quatro máquinas ao longo do processo de fabricação (operador multifuncional) embora essa proposta tenha gerado sérias resistências por parte dos trabalhadores, as máquinas acabaram por serem sobrepostas a partir da conscientização, treinamento e adequação dos métodos de trabalho.

É relevante ressaltar que o começo não foi fácil para a Toyota, marcado pelo fim da Segunda Guerra, visto que, devido à depressão do período pós-guerra, acabou por demitir em torno de um quarto de sua força de trabalho, contribuindo para uma enorme crise envolvendo três meses de disputas trabalhistas.

A superação dos problemas desse período envolveu o afastamento do presidente da empresa (pedido de demissão de Toyoda Kiichiro) e a construção de um novo modelo de relação capital-trabalho que acabou se tornando a fórmula da indústria japonesa, com seus elementos característicos como emprego vitalício, promoções por critérios de antiguidade e participação nos lucros (MONDEN, 1984).

No ano 1950, marcado pela guerra na Coreia, a indústria japonesa dá início a sua recuperação. Foi durante a primavera de 1950 que o jovem engenheiro Eiji Toyoda fez sua visita de três meses às instalações da Ford em Detroit.

Retornando ao Japão, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno passaram a refletir sobre o sistema de produção da *Ford* e concluíram, na época, que o sistema de produção em massa não funcionaria no Japão e decidiram desenvolver um sistema de produção próprio conhecido mundialmente, décadas após, como Sistema Toyota de Produção.

Durante décadas, após a Segunda Guerra Mundial, as empresas ocidentais cortaram custos com foco na produção em massa e na menor variedade de carros. Era o estilo americano de produção, até então totalmente diferente do sistema japonês que estava sendo desenvolvido e aprimorado. A grande saída do Sistema Toyota de Produção, para o que na época era o maior desafio das indústrias automobilísticas japonesas, foi o novo modelo de gestão de produção proposto quanto ao fato de cortar custos produzindo um pequeno número de muitos tipos diferentes de automóveis.

O fato era que os problemas para a produção em larga escala no Japão, na época, compreendiam:

- O mercado doméstico era pequeno e exigia uma gama muito grande de tipos de produtos;
- A compra de tecnologia no exterior era economicamente impraticável;
- A possibilidade de exportação era remota.

Com o propósito de contornar parte das dificuldades, o Ministério da Indústria e Comércio japonês (MITI) propôs então uma série de planos de adequação do modelo industrial japonês, protegendo o mercado interno e forçando a fusão das indústrias locais.

Após a visita aos Estados Unidos da América, no ano 1956 Ohno visitou novamente o país, berço da indústria automobilística mundial, indo às plantas da *General Motors*, da *Ford* e outras empresas.

Historicamente, de acordo com bibliografias que abordam a origem do Sistema Toyota de Produção, Ohno se impressionou com o sistema de abastecimento dos supermercados de alimentos da América, já pesquisado no seu país anteriormente e exportado para o Japão por volta do ano 1950.

Foi então que passou a fazer uma conexão entre o sistema de abastecimento dos supermercados americanos com o seu sistema de produção definido como *Just in Time* (JIT) e a concepção do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban*. Todo o processo de desenvolvimento e adequação do sistema levou aproximadamente

dez anos até ser aplicado por completo na *Toyota Motor Company*. Somente em 1963 deu início a concepção do *kanban* externo com partes entregues pelos fornecedores.

Na década de 70, mais precisamente na crise do petróleo do ano 1973, o desempenho da economia de muitos países, seguido por uma forte recessão, foi reduzido e a economia japonesa experimentou crescimento zero nos anos seguintes, a partir de 1974.

É nesse período que, na contramão do cenário mundial, a *Toyota Motor Company* apresentou crescimento (anos 1975, 1976 e 1977), o que levou especialistas em Gestão da Produção do mundo ocidental à busca de respostas sobre o que acontecia na *Toyota*.

Com a queda do crescimento rápido que as empresas americanas haviam vivenciado nas primeiras décadas do século XX, o sistema tradicional de produção, conhecido como sistema de produção em massa, passou a ser criticado com base na operacionalidade dos sistemas em uma nova realidade que o mundo passou a enfrentar.

A recessão e a mudança brutal da relação: demanda versus oferta dos produtos tornara-se uma realidade e as empresas passaram a buscar nos métodos de gestão da produção uma solução.

O sistema de produção em massa passou a se tornar perigoso quanto ao seu desempenho, considerando a relação custo-benefício, e a indústria japonesa rendeu-se, então, à lógica do sistema *Just in Time*.

De acordo com Ohno (1988), o Sistema Toyota de Produção (STP) evoluiu (final do século XX e início do século XXI) da visão de se adequar à realidade do mercado japonês, e portanto pela necessidade, para o mercado mundial, uma vez que certas restrições do mercado mundial levaram a exigir produção de pequenas quantidades de muitas variedades de produtos acabados em função da demanda reduzida. Para o aprimoramento do sistema com ênfase na evolução do sistema de produção como um modelo de gestão da manufatura, o Sistema Toyota de Produção passou a ser um modelo referência de gestão da produção.

É evidente que a necessidade que deu origem à concepção do sistema era uma restrição que, posteriormente aliada à crise do petróleo do ano 1973, fez com que os gestores japoneses se tornassem capazes de deslumbrar novos desafios e de melhorar ainda mais o desempenho da manufatura.

Diante do exposto e notando a eficiência que a *Toyota* havia alcançado no combate e eliminação dos desperdícios, o Sistema Toyota de Produção passou a ser difundido nas indústrias do mundo todo.

Esse avanço permitiu a criação de novos métodos de produção e de gestão dos processos de fabricação possibilitando simultaneamente, adequar o modelo proposto com base na visão da produção em pequena escala e a baixo custo.

É na década de 90 que o Sistema Toyota de Produção passa a ser conhecido também como um sistema que evoluiu para um sistema enxuto de produção definido, a partir de então, como Manufatura ou Produção Enxuta, o qual traduzido para a expressão inglesa *Lean Manufacturing*, tornou-se conhecido mundialmente.

A concepção do sistema na visão de uma nova indústria do mundo contemporâneo do século XXI consiste em produzir com o máximo de economia de recursos e o mínimo de perdas ou desperdícios, termo atribuído a John Krafcik pesquisador do IMVP – *International Motor Vehicle Program* (WOMACK et al., 1998).

Womack e Jones (1998) passaram a definir o Sistema Toyota de Produção como Manufatura Enxuta (ME) desde a abordagem que os autores deram ao sistema quanto à busca contínua de uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, engenharia de desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo a qual é possível fazer cada vez mais com cada vez menos.

Para Womack e Jones (1998), perda significa a utilização ineficaz de um determinado recurso, que ocorre ao longo da cadeia de valor de um determinado produto ou serviço. A implantação do sistema *Lean Manufacturing* requer uma abordagem sistêmica na qual uma série de aspectos da empresa deve ser modificada de acordo com os princípios do sistema *Lean Manufacturing*.

Segundo Corrêa e Corrêa (2009), há alguns pré-requisitos para a implantação do sistema *Lean Manufacturing*, como:

- **Comprometimento da alta administração:** mudança para a mentalidade enxuta;
- **Estrutura organizacional:** especialistas devem capacitar os operadores a assumir responsabilidades;

- **Organização do trabalho:** ambiente de trabalho que favorece flexibilidade, comunicação e trabalho em equipe;
- **Conhecimento de processos e fluxos:** compilação de fluxos de materiais e informações.

No contexto do ambiente de manufatura, segundo Ohno (1988), Shingo (1996), Womack e Jones (1998), há, no escopo do sistema de manufatura *Lean*, o objetivo de reduzir e eliminar desperdícios, que podem ser classificados, segundo esses autores, em sete tipos principais:

- **Superprodução:** está relacionado ao fato de produzir mais do que a quantidade exigida pelo mercado.
- **Espera:** é a atividade de ter que esperar por determinada peça, gerando desperdício de tempo. Refere-se tanto à matéria-prima, quanto aos produtos semiacabados que esperam pelo processo, assim como à acumulação excessiva dos estoques a serem entregues.
- **Transporte:** operações de transporte para distâncias maiores do que as necessárias. Taxas e mudanças são perdas que prejudicam as entregas nas datas certas ao cliente. Como o transporte é somente a movimentação de produtos e não agrega valor, deve ser evitado sempre que possível. Simples mudanças no *layout* diminuem a necessidade de transporte.
- **Processamento:** a atividade de acrescentar ao processo mais “trabalho” ou esforço do que o requerido pelas especificações do cliente também é considerada desperdício. Com a adoção do fluxo de peças unitárias no processo precedente, os produtos podem ser removidos automaticamente e transferidos em uma única direção ao processo seguinte (SHINGO, 1996).
- **Estoque:** quando ocorre excesso de fornecimento de peças entre processos, ou quando peças são entregues pelos fornecedores com o intuito de abastecer a fábrica e ocorre o inventário gerando capital de giro para a sua manutenção, caracteriza-se dinheiro parado.
- **Defeitos:** provocam retrabalhos, custo de recuperação ou mesmo a perda total de material e esforço, além do risco elevado de perder o cliente caso

o produto defeituoso chegue até ele. O importante é detectar o problema na raiz para evitar que os defeitos ocorram.

- **Movimentação desnecessária:** este item está relacionado à desorganização do ambiente de trabalho e à movimentação desnecessária de pessoas. “Tempo não é nada mais que um reflexo do movimento” - com essa frase, Shingo (1996) quis dizer que, se uma tarefa leva muito tempo para ser executada, na verdade alguns movimentos levam muito tempo para ser executados. A melhoria contínua, ou *kaizen*, tem como objetivo identificar os focos de desperdício e definir a melhor ferramenta para suportar um trabalho para a sua eliminação. Deve ser uma rotina nas empresas, visando a busca da excelência nos processos produtivos.

Ainda, Womack e Jones (2004) indicam um oitavo tipo de perda relacionada ao projeto de produtos e serviços que possam vir a não atender às necessidades dos clientes. De acordo com os autores, há uma proposta de uma nova forma de pensar e de agir das organizações a respeito do papel da empresa nesse processo.

A nova forma de pensar e de agir evidenciada pelos autores refere-se à busca do *upgrade* ao sistema de manufatura e que deve ser contínuo de modo a garantir o *know-how* necessário.

Não será possível avançar continuamente quanto à evolução e aprimoramento do *know-how* necessário se os colaboradores do sistema de manufatura não estiverem aptos a exercerem suas funções técnicas e de gestão da produção, e se não contarem com um plano de carreira capaz de adequar a mão de obra para enfrentar os desafios relacionados.

Nesse caso, a mão de obra pode ser tornar uma restrição quanto a esse propósito, ou seja, o propósito de se tornar capaz de aferir a cadeia de valor do produto a ser fabricado. Para que isso ocorra, os autores afirmam, que o combate às diversas formas de desperdício também devem passar pelo conhecimento dos princípios enxutos.

Como princípios da manufatura enxuta estão: especificar o valor, identificar o fluxo de valor, o fluxo em si, fazer a caracterização do sistema puxado e buscar a perfeição, os quais, uma vez estabelecidos, impõem a necessidade de começar novamente a partir do início na busca infundável pela perfeição, situação de valor perfeito fornecido ao cliente com desperdício zero.

De acordo com Womack e Jones (2004), a flexibilidade do Sistema Toyota de Produção tem por base a distribuição dos trabalhos entre operadores polivalentes ou multifuncionais.

A obtenção desses operadores polivalentes passa por um processo de treinamento contínuo com operadores multifuncionais nos postos de trabalho e pela montagem de um sistema de produção com *layout* celular e processos autônomos de detecção de problemas que favoreçam o desenvolvimento da multifuncionalidade.

As vantagens quando comparadas ao sistema tradicional são: compromisso com os objetivos globais, redução da fadiga e do estresse, disseminação de conhecimento, facilidade de aplicação das técnicas da Qualidade Total e uma remuneração mais justa, de acordo com o desempenho e as habilidades do grupo de trabalho (HORNBERG, 2088).

Hines e Taylor (2000) definem produção enxuta, fundamentada em um enfoque sistemático para eliminação dos desperdícios em um processo de melhoria contínua em busca da perfeição, considerando das necessidades dos clientes.

Hines e Taylor (2000), ainda, sugerem que é preciso equipar os operários com “óculos de *muda*” (*muda* significa qualquer atividade que consome recursos sem agregar valor aos clientes), tornando-os aptos a enxergar as perdas.

A ideia é criar uma cultura que os encoraje a eliminar as perdas, uma vez identificadas. Shah e Ward (2003) relacionam a produção enxuta com as práticas de produção pertinentes, por meio da visão de diversos autores.

Entre essas práticas podem ser encontradas a produção nivelada ou balanceada, a concepção da célula de manufatura, o sistema de coordenação das ordens de produção *kanban*, a redução do tempo de ciclo, a redução do tamanho dos lotes, ou seja, o *benchmarking* competitivo envolvendo os programas de gestão da qualidade.

Segundo Shigeo Shingo (1996), o sistema *kanban* foi inspirado nos sistemas de reposição de mercadoria em supermercados, como exposto.

A principal semelhança é a reposição somente do que é vendido e não um sistema de reabastecimento estimado. Dessa forma se reduzem significativamente os estoques.

Aplicando-se o conceito em uma empresa de manufatura, o sistema de coordenação de ordens de produção *kanban*, quando implementado de maneira correta e sendo consideradas todas as demais variáveis do sistema com base no conceito da

padronização, deve garantir que a produção só será feita em resposta aos pedidos reais dos clientes.

Desse modo o sistema de puxar a produção a partir da demanda, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e no momento necessário, ficou conhecido no Ocidente como sistema *Just in Time* com o uso do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban*.

Para Mason-Jones et al. (2000), a Manufatura Enxuta atende a necessidade de empresas voltadas a mercados estáveis. Tais considerações são resultados do contexto do mercado japonês, o qual apresenta peculiaridades distintas dos mercados ocidentais que podem ser superadas, mas requerem alternativas de adequação, como, por exemplo, um sistema de abastecimento adequado à filosofia do sistema de manufatura *Lean*.

Entre as técnicas desenvolvidas no escopo do Sistema Toyota de Produção, encontra-se a técnica de planejamento Mapeamento do Fluxo de Valor, a qual auxilia na identificação dos desperdícios no fluxo de produção e com as suas restrições quanto a manter um fluxo de produção contínuo conforme a padronização dos processos e dos produtos.

### **3.2 Value Stream Mapping – VSM no contexto Lean**

**\*\* Texto desenvolvido pelo grupo de pesquisa - TIMPROD – Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase na programação da produção – com base em estudos realizados de acordo com os projetos de pesquisa com ênfase no *Lean Manufacturing*.**

O processo de mapeamento dos fluxos de materiais e de informações de todos os componentes e subconjuntos desde as operações básicas, submontagem, montagem, teste e embalagem em um fluxo de valor que inclui fabricação, fornecedores e distribuição para o cliente é conhecido como Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV (VSM – *Value Stream Mapping*).

O VSM revelou-se eficaz na identificação e eliminação de perdas em uma instalação industrial com roteiros de produtos similares ou idênticos como técnica de planejamento do *Lean Manufacturing*.

Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV é um diagrama simples de todas as etapas envolvidas no fluxo de material e informação, necessárias para atender os clientes, do pedido à entrega.

É um método de análise, melhoria e gestão do fluxo de atividades, cujo objetivo é a eliminação do desperdício nos processos de manufatura, escritório, entre outros, visando a redução dos custos e atrasos; é a identificação de todas as atividades que agregam ou não valor através do trajeto do produto da fonte até o cliente, a fim de melhorar a produtividade do fluxo de atividade administrativa e serviço.

Womack e Jones (2004) definem Mapeamento de Fluxo de Valor como um “processo simples de observação direta dos fluxos de informações e de materiais e de como eles ocorrem, resumindo esses fluxos visualmente e vislumbrando um estado futuro com um desempenho muito melhor”.

Isso ajuda no planejamento e na ligação de iniciativas *Lean* pela captura e análise de dados sistemáticos. Esse conceito de mapeamento único ajuda a visualizar os tempos de ciclo da estação de trabalho, o estoque em processo (*WIP – Work In Process*) em cada estágio, mão de obra e o fluxo de informações em toda a cadeia de suprimentos.

O *status* atual (ou “como está”) é mapeado para capturar uma “fotografia” instantânea de como as coisas são feitas e onde há falsas melhorias potenciais. Mapa do estado futuro (ou “para ser”) também é discutido para mostrar como as coisas devem ser feitas considerando os requisitos de *Takt Time*.

Segundo Rother e Shook (2003), um fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a ele:

- (1) O fluxo de produção desde a matéria-prima até o consumidor e,
- (2) O fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento. Para criar um fluxo que agregue valor, é necessária uma “visão” detalhada do fluxo de materiais e de informação dos processos de fabricação envolvidos. Mapear ajuda a enxergar e focar no fluxo com a visão de um estado ideal ou melhorado.

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta essencial para enxergar o sistema Rother e Shook (2003) apontam as principais vantagens:

- Ajuda a visualizar mais do que os processos individuais;
- Ajuda a identificar o desperdício e suas fontes;
- Fornece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura;
- Facilita a tomada de decisões sobre o fluxo;
- Aproxima conceitos e técnicas enxutas ajudando a evitar a implementação de ferramentas isoladas;
- Forma uma base para o plano de implantação da Mentalidade Enxuta;
- Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- É uma ferramenta qualitativa que descreve, em detalhes, qual é o caminho para a unidade produtiva operar em fluxo contínuo.

Dentro de uma fábrica, o fluxo de material é o mais visível, mas existe outro, o de informação, que diz para cada processo o que fabricar. Estes dois fluxos estão muito interligados e o mapeamento deve contemplar ambos.

Para Rother e Shook (2003), mapear é uma linguagem e como toda nova linguagem, a melhor forma de aprendizagem é praticá-la.

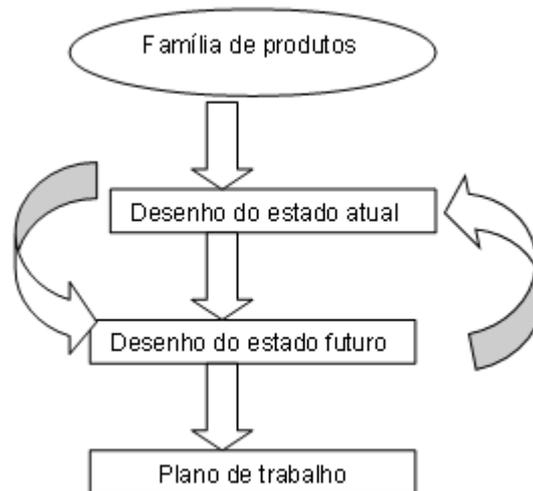
O primeiro passo é mapear o estado atual, feito com a coleta de dados no chão de fábrica. Esta é a base para a elaboração do mapa do estado futuro.

E para que seu resultado seja satisfatório, é necessário seguir alguns passos:

- Selecionar a família de produtos;
- Determinar o gerente do fluxo de materiais e de informação;
- Desenhar os estados: atual e futuro;
- Planejar e implementar o plano de ação.

Durante o mapeamento do estado atual, aparecem ideias sobre o estado futuro. Na Figura 8 é possível observar a troca de informações e a relação que existe entre o mapa atual e o mapa futuro, indicando o desenvolvimento do estado atual e o futuro que se sobrepõe.

Figura 8: Etapas iniciais do mapeamento do fluxo de valor



Fonte: Rother e Shook (2003).

### 3.2.1 Passos para o mapeamento do fluxo de valor atual

Para fazer o mapa do fluxo de valor, deve-se desenhar o estado atual, o que é também feito com a coleta de informações do chão de fábrica.

Isso fornece as informações necessárias para a construção do mapa do estado futuro, já que o estado futuro e o atual são esforços superpostos.

As ideias para a construção do mapa futuro ficam mais claras quando o mapa do estado atual é construído (ROTHER; SHOOK 2003).

De acordo com Rother e Shook (2003), o mapeamento do fluxo de valor deve ser desenvolvido de acordo com as etapas:

- Sempre coletar as informações do estado atual diretamente com os fluxos reais de material e de informações.
- Realizar uma rápida observação *in loco* por todo o fluxo de valor, “porta a porta” (*dock to dock*), para obter uma compreensão do fluxo e da sequência dos processos. Depois desta rápida observação, reunir as informações de cada um dos processos.
- O início deve ser pela expedição e, em seguida, pelos processos precedentes, ao invés de o início ser a área de recebimento de materiais e

pela sequência normal do fluxo rio abaixo – a jusante (rio abaixo – *downstream*). Começar pelos processos que estão mais diretamente ligados ao consumidor, o que deve definir o *ritmo* para os processos anteriores.

- Cronometrar, não se basear em tempos padrão ou informação que não for obtida pessoalmente *in loco*. Números de um arquivo raramente refletem a realidade atual. Os dados de arquivo podem refletir uma época em que tudo estava correndo bem: por exemplo, a primeira vez que houve uma troca de ferramenta em três minutos ou a primeira semana desde que a planta abriu quando nenhuma emergência ocorria. A habilidade para vislumbrar um estado futuro depende particularmente de ir até onde as coisas acontecem e entender e cronometrar o que está acontecendo (exceções possíveis para esta regra são definidas sobre a disponibilidade de máquinas ou taxas de refugo ou retrabalho e tempos de troca).
- Mapear o fluxo completo de valor, mesmo que muitas pessoas estejam envolvidas. Entender o fluxo por inteiro é o objetivo do mapeamento do fluxo de valor. Se diferentes pessoas mapearem diferentes segmentos, ninguém entenderá o todo.
- Sempre desenhar à mão e a lápis. Começar com um rascunho simples no chão de fábrica na medida em que for conduzida a análise do estado atual e refazer mais tarde – novamente à mão e a lápis.

Um objetivo que deve ficar claro no processo de desenvolvimento do *Value Stream Mapping*, de acordo com Rother e Shook (2003), é a necessidade de focalizar uma família de produtos.

Os consumidores se preocupam apenas com produtos específicos e não com todos os produtos que a empresa é capaz de produzir. Mapear um produto, somente no caso de uma pequena empresa com um único produto entregue ao mercado consumidor.

Mapear vários produtos e desenhar em um único mapa é muito complicado. Identificar a família de produto a partir do consumidor no fluxo de valor.

Uma família de produtos é um grupo de produtos que passa por etapas semelhantes de processamento e utiliza equipamentos comuns nos seus processos, como pode ser visto a Figura 9.

Figura 9: Família de Produtos para Mapear

		Etapas de Montagem & Equipamentos							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Fonte: Rother & Shook (2003).

Desenhar o fluxo de valor para uma família de produtos permite identificar os limites organizacionais da empresa, que tende a ser organizada por departamentos e funções e não pelo fluxo de etapas agregadoras de valor para as famílias de produtos (ROTHER; SHOOK 2003).

Para obter o mapa da situação atual, Rentes (2005) afirma que é necessário coletar informações sobre as demandas dos consumidores. Após isso, são mapeados os processos produtivos que fazem parte da família de produtos selecionada ou do fluxo de valor em análise.

Todos os processos pelos quais os produtos passam são identificados, e algumas informações básicas sobre eles são coletadas com o auxílio de uma caixa de dados padrão.

As informações que podem estar contidas nessa caixa de dados são:

- Tempo de ciclo (T/C): tempo que leva um componente entre o processo precedente e o próximo lote a sair do mesmo processo, em minutos ou segundos.
- Tempo de trocas (T/TR): tempo que leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro. Envolve, por exemplo, o tempo de troca de ferramentas ou *setup*.
- Disponibilidade: tempo disponível por turno no processo, descontando-se os tempos de parada e manutenção.
- Número de pessoas necessárias para operar o processo.

O passo seguinte do mapeamento é desenhar os processos básicos de produção. Para indicar um processo de produção, é utilizada uma caixa de fluxo, que indica um processo no qual o material está fluindo.

Uma caixa para cada etapa individual de processamento torna o mapa difícil de ser manuseado, então utiliza-se uma caixa de processo para indicar uma área de fluxo de material, idealmente fluxo contínuo.

A caixa de processo termina onde os processos e o fluxo de materiais são separados. (ROTHER; SHOOK, 2003).

Para desenhar o Mapa de Fluxo de Valor (MFV), ícones específicos da técnica de planejamento são utilizados para que se torne mais fácil o entendimento do fluxo, conforme demonstrado na Figura 10.

O passo seguinte é identificar a localização dos estoques e qual a quantidade média em número de peças e em dias, tendo como base a média de consumo.

O fluxo de material é mapeado conforme o sistema de controle que determina a sua movimentação. Basicamente, os fluxos podem ser puxados, empurrados ou contínuos.

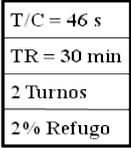
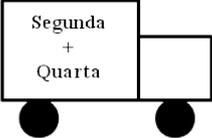
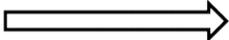
Um fluxo puxado acontece quando o processo posterior determina a produção dos processos anteriores; já o fluxo empurrado acontece quando os processos são controlados com base em uma programação, sem levar em conta as solicitações dos processos posteriores.

Um fluxo contínuo ocorre quando uma peça vai diretamente de um processo ao outro sem que haja uma interrupção, sem estoque; é o chamado fluxo unitário de peças (RENTES, 2005).

A simbologia apresentada na Figura 10 é um resumo dos principais ícones utilizados na técnica de planejamento do *Lean Manufacturing* Mapeamento do Fluxo de Valor, aplicados universalmente.

Trata-se de uma técnica simples que tem como principal objetivo representar uma visão detalhada dos processos de fabricação e do fluxo de produção, com ênfase no fluxo de materiais e de informação, de modo a se identificar e compreender as restrições de produção de modo direto.

Figura 10: Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor

Ícones de Materiais	Representa	Notas
	Processo	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados. Também usado para departamentos como o de Controle da Produção.
	Fontes Externas	Usado para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção externos.
	Caixa de Dados	Usado para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, cliente, etc.
	Estoque	Quantidade e tempo devem ser anotados.
	Entrega via Caminhão	Anotar a frequência de entregas.
Ícones de Materiais	Representa	Notas
	Movimento de materiais da produção <u>EMPURRADO</u>	Material que é produzido e movido para frente antes do processo seguinte precisar; geralmente baseado em uma programação.
	Movimento de produtos acabados para o cliente	
	Supermercado	Um estoque controlado de peças que é usado para a programação da produção em um processo anterior.
	Retirada	Puxada de materiais, geralmente de um supermercado.
	Transferência de quantidades controladas de material entre processos em uma sequência "primeiro a entrar – primeiro a sair"	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material (FIFO) entre os processos. A quantidade máxima deve ser anotada.

Fonte: Rother and Shook (2003).

### 3.2.2 Passos para o mapeamento do fluxo de valor futuro

Mapear o fluxo de valor tem como objetivo encontrar as fontes de desperdício e eliminá-las pela implementação de um fluxo de valor do estado futuro, podendo-se tornar real em um pequeno período de tempo. O objetivo é construir uma linha de produção em que os processos individuais são articulados aos seus clientes ou por meio de fluxo contínuo ou de puxada, e cada processo fique o mais perto possível para produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam (ROTHER; SHOOK, 2003).

As questões chave para o estado futuro são:

- 1) Qual o *TAKT TIME* baseado no tempo de trabalho disponível dos processos fluxo abaixo – a jusante (rio abaixo – *downstream*) que estão mais próximos do cliente?
- 2) Você produzirá para um supermercado de produtos acabados do qual os clientes puxam ou diretamente para a expedição?
- 3) Onde você pode usar o fluxo contínuo?
- 4) Onde você precisará introduzir os sistemas puxados com supermercado a fim de controlar a produção dos processos fluxo acima (rio acima – a montante – *upstream*)? Observação: processos fluxo abaixo são definidos a jusante (rio abaixo – *downstream*).
- 5) Em que ponto único da cadeia de produção você programará a produção?
- 6) Como você nivelará o *mix* de produção no processo puxador?
- 7) Qual incremento de trabalho você liberará uniformemente do processo puxador?
- 8) Quais melhorias de processo serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do projeto de seu estado futuro?

### 3.2.3 *Takt time*

“*Takt*” é uma palavra alemã para uma batida musical ou ritmo. O *Takt Time* é a taxa na qual uma empresa deve produzir um produto para satisfazer a demanda do cliente. O cálculo do *Takt Time* será realizado como exemplo no tópico 3.4.4.

Rentes (2005) diz que se deve produzir de acordo com o *takt time*: o *takt time* é calculado dividindo-se o tempo disponível de trabalho pelo volume da demanda do cliente.

Ele é utilizado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas. Em particular no processo puxador, trata-se de um número de referência que dá a noção do ritmo em que cada processo deve estar produzindo para atender à demanda do cliente, sem que gere um excesso de produção, observa-se a na equação 3.1.

#### Equação 3.1

$$Takt-time = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Demanda do cliente}}$$

Ghinato (2000) demonstra que é possível calcular o *Takt-time* de acordo com o seguinte exemplo:

Demanda = 576 peças/ dia

Tempo total disponível = 8 horas (28.800 segundos)

*Takt-time* = 28.800 segundos ÷ 576 peças = 50 segundos/ peça

Na maior parte das empresas, há uma tendência comum de utilização dos indicadores tradicionais de volume como peças por hora ou outras indicações de *output*/tempo (RENTES, 2005), de acordo com a equação 3.2.

#### Equação 3.2

$$\text{Volume\_de\_produção\_horária} = \frac{3600}{takt\_time}$$

Para Rother e Shook (2003), a caracterização de um fluxo de valor enxuto dá-se quando é construído um processo para fazer somente o que o próximo processo necessita.

Assim tentou-se ligar todos os processos – desde o consumidor final até a matéria-prima em um fluxo regular sem retornos que gere o menor “*lead time*” (período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e o seu término), a mais alta qualidade e o custo mais baixo.

A técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor se apoiará às práticas de gestão da produção utilizadas pelo *Lean Manufacturing*.

Ao compreender os conceitos originais e definições dadas por Moden (1993) e Womack et al. (1998), verifica-se que é necessário mapear tanto os fluxos de valor internos à empresa quanto aos externos a ela.

O fluxo de valor refere-se às especificidades das empresas que agregam valor ao produto ou serviço em consideração. É uma visão muito mais focada e contingente do processo de agregação de valor.

Como a complexidade da fabricação e dos negócios está crescendo, mais recentemente, ferramentas de fluxo de valor estão surgindo. Hoje, existe uma infinidade de diferentes ferramentas e técnicas desenvolvidas para diferentes fins e redução ou eliminação das perdas.

Embora vários pesquisadores, como os autores listados na Tabela 3, tenham desenvolvido ferramentas individuais para entender diferentes fluxos de valor, muito mais precisa ser feito. É por isso que classificações mais novas e áreas de aplicação estão surgindo.

Tabela 3: Fluxos de valor mais estudados com relação à interface com fornecedores.

<b>Área de Trabalho</b>	<b>Principais autores</b>
Relacionamento com o fornecedor e o número de fornecedores	Sako (1992), Lamming (1993), Macbeth and Ferguson (1994).
<i>Lead Time</i> do tempo de entrega do fornecedor	Womack et al. (1998), Towill (1996 e 1999).
Comprar ou produzir ( <i>Bought-out</i> ) componentes	Harland (1996), Lamming et al. (2000).
<i>Lead Time</i> da manufatura	Stalk and Hout (1990), Towill (1996).
Base de clientes, locais	Harland (1996), Lamming et al. (2000).
Frequência de entrega	Womack et al. (1998).

Fonte: Dinesh Seth and Vaibhav Gupta (2005).

### **3.3 Sistema de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) no Contexto Atual**

O Sistema de Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*) é um conjunto de atividades que tem como meta o aumento da capacidade de resposta às mudanças e a minimização dos desperdícios na produção, consistindo num verdadeiro empreendimento de gestão inovadora.

Como empreendimento, seus princípios incluem: ter (e manter) os itens certos nos lugares certos, no tempo certo e na quantidade correta, criar e alimentar relações efetivas dentro da cadeia de valor; trabalhar voltado à melhoria contínua e buscar a qualidade.

O objetivo do *Lean Manufacturing* é reduzir as perdas do esforço humano, de estoque, tempo de resposta ao mercado e espaço de produção para tornar-se altamente responsivo à demanda dos clientes, produzindo produtos de qualidade da maneira mais eficiente e econômica. Esta abordagem gira em torno da eliminação das perdas.

As perdas assumem muitas formas e podem ser encontradas a qualquer momento e em qualquer lugar. Podem ser encontradas escondidas em políticas, procedimentos, processos e projetos de produtos e nas operações.

Perdas consomem recursos, mas não acrescentam qualquer valor ao produto. Russel e Taylor (1999) definem perdas como algo diferente do que a quantidade mínima de equipamento, esforço, materiais, componentes, espaço e tempo, que são essenciais para agregar valor ao produto.

#### **3.3.1 Sistemas de programação da produção: puxado e empurrado**

Para Hornburg et al. (2008), os sistemas de programação da produção são identificados como sendo de dois grupos: sistemas empurrados e sistemas puxados. A grande diferença entre ambos se dá devido à forma como a produção é iniciada. Nos sistemas empurrados, isso acontece com de uma ordem de pedidos.

Cada posto de trabalho fornecedor, ao concluir uma ordem de produção, está autorizado a “empurrar” a mesma para o posto do cliente seguinte, independentemente do que esteja acontecendo nos postos subsequentes.

Já no sistema puxado, a programação é iniciada com a previsão de demanda do cliente, de forma que quem autoriza a produção é o cliente (interno ou externo), que, ao retirar suas necessidades imediatas do supermercado, gera a necessidade de um novo lote do fornecedor.

Este sistema de programação foi pensado inicialmente dentro do STP (Sistema Toyota de Produção).

Tardin e Lima (2000) afirmam que um processo de manufatura normalmente envolve muitas etapas. Todas elas devem estar bem sincronizadas, de modo que materiais produzidos em determinados estágios do processo cheguem às quantidades e instantes corretos nas etapas seguintes, que os utilizarão.

Segundo esses autores, os processos de produção com inúmeros estágios podem ser classificados em dois tipos: sistemas de empurrar e sistemas de puxar produção.

No sistema empurrado, o programador de produção baseia-se em estimativas de demanda. Essa é feita por uma central de programadores que enviam os pedidos, e, a seguir, programam cada estágio do processo por onde os pedidos passarão.

Os estágios recebem a informação dos pedidos a ser processada, do tamanho deles, e de quando devem ser concluídos. É comum existirem vários pedidos esperando em uma mesma etapa do processo. Nesse caso, o supervisor decide qual tem prioridade. O problema é que nem sempre, este era o pedido prioritário para a central de programação.

Esse problema de prioridade, problemas de atrasos de materiais, máquinas quebradas e outros eventos inesperados, tornam também as programações de produção descartadas tão logo são criadas (TARDIN; LIMA, 2000).

O sistema de puxar elimina a necessidade de se programar todas as operações pelas quais passará um pedido. Decisões do que fazer e quanto fazer são tomadas pelos operadores usando um simples sistema de sinalização que conecta as operações através do processo.

O Sistema *kanban* é um método de se fazer essa sinalização. O sistema de puxar a produção é iniciado pela última etapa do processo. Esse sistema exige que existam pequenos bancos (inventários) de peças prontas ao final das etapas.

Assim, somente a última etapa recebe o pedido do cliente. Para realizá-lo, ela busca, num pequeno banco de peças da etapa anterior, as peças de que precisa para realizar o pedido.

Esta etapa, por sua vez, busca no banco de sua etapa anterior as peças necessárias para repor o seu próprio banco, e assim sucessivamente (TARDIN; LIMA 2000).

### 3.3.2 Mapeamento de processos

Um processo, para Davenport (1994), é uma ordenação específica das atividades de trabalho no tempo e no espaço, com um começo, um fim, *inputs* e *outputs* claramente identificados, enfim, uma estrutura para ação.

Já para Johansson (1995), mapeamento de processos significa definir o grupo de tarefas interligadas logicamente que utilizam os recursos da organização para gerar os resultados definidos de forma a apoiar os seus objetivos.

Johansson (1995) destaca também que a compreensão do processo é importante, pois representa a chave para o sucesso em qualquer negócio. Afinal, uma organização é tão efetiva quanto os seus processos, sendo eles responsáveis pelo que será ofertado ao cliente.

A experiência em várias empresas brasileiras mostra que a área operacional é sempre um ponto muito fraco. Isso é verdade tanto para os setores de serviço, quanto de manufatura e de manutenção (CAMPOS, 1994).

Dessa forma, a preocupação em atuar em processos de melhoria torna-se visível em boa parte da literatura.

Segundo Barnes (1982), existem quatro enfoques que devem ser considerados no desenvolvimento de possíveis soluções de melhoria a processos.

São eles: eliminar todo trabalho desnecessário; combinar operações ou elementos; modificar a sequência das operações e simplificar as operações essenciais. Ainda segundo Barnes (1982), simplificar uma tarefa é planejar um meio que permita obter o mesmo, ou melhor, resultado sem gastar nada mais por isso.

Ostrega et al. (1993) retratam que a visão de processo dá à empresa uma compreensão mais clara da sua eficácia na satisfação das necessidades do cliente e também na realização do seu trabalho.

Uma razão para se executar uma análise do processo do negócio é o fato de se poder guiar programas de redução de custos e de tempos de ciclos, de melhoria da qualidade do processo ou outros esforços para melhorar o desempenho organizacional.

A visão de processo fornece a conexão com o cliente e, a seguir, os processos são analisados e reprojatados para otimizar o valor para o cliente.

### **3.4 Aplicação da Técnica – Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV**

#### **(VSM – *Value Stream Mapping*)**

O objetivo deste tópico é abordar a aplicação da Técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor a partir de quatro visões diferentes:

1. O VSM como uma técnica no contexto do grupo de práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing* (**tópico 3.4.1**).
2. Escolha de técnicas e ferramentas do *Lean*, a partir do problema a ser abordado, de acordo com uma classificação das ferramentas sistematizadas (**tópico 3.4.2**).
3. Exemplo de aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor a partir da literatura consultada, envolvendo a aplicação em uma empresa Indiana do setor metal mecânico (**tópico 3.4.3**).
4. Resumo dos dados de processo utilizados na aplicação do VSM (**tópico 3.4.4**).

Este tópico é baseado em três referências bibliográficas com a descrição do fator de impacto e número de citações de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4: Dados dos periódicos

Dados do artigo								
Periódico	JCR	Qualis	Título	Autor	Tópico	Ano	Número de citações	ISSN
Journal of Operations Management	5.093	-----	<i>Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance</i>	Rachna Shah, Peter T Ward	3.4.1	2003	329	0272-6963
Production Planning & Control	0.603	B1	<i>Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study</i>	Dinesh Seth a & Vaibhav Gupta b	3.4.3	2005	48	0953-72877
International Journal of Production Research	1,033	B1	<i>Classification scheme for lean manufacturing tools</i>	S. J. Pavaskar , J. K. Gershenson & A. B. Jambekar	3.4.2	2003	55	0020-7543

Fonte: Próprio autor.

### 3.4.1 Contexto do grupo de práticas do *Lean Manufacturing* e o VSM

De acordo com Shah e Ward (2002), o sucesso do processo de implantação do sistema Toyota de Produção depende dos seguintes fatores:

- Complexidade do sistema de produção da empresa,
- Influência do sindicato dos trabalhadores,
- Cultura da organização,
- Idade média da planta,
- Idade média dos colaboradores,
- Tamanho da planta.

Considerando os fatores relacionados, Shah e Ward (2002) ponderam o fato de que, independente da organização na qual um projeto *Lean Manufacturing* deva ser desenvolvido, a concepção do sistema, como Taiichi Ohno o idealizou entre 1935 – 1950, provavelmente não pode ser alterada, isso partindo dos conceitos e princípios pertinentes ao modelo proposto de gestão da produção no escopo do STP.

Contudo, os fatores acima podem influenciar a condução do projeto de implantação do *Lean Manufacturing* na fase de concepção, o sistema pode sofrer alterações, e de forma significativa durante o processo de implantação, devendo os responsáveis pelo processo avaliar os fatores relacionados.

Além desses fatores, de acordo com Shah e Ward (2002), há que se levar em consideração também que o Sistema Toyota de Produção, ao evoluir para um escopo de quatro grupos de práticas de gestão da produção, de acordo com a literatura, ao longo das últimas décadas, impacta no sucesso da implantação de novos projetos *Lean Manufacturing*, o que requer o conhecimento de métodos, ferramentas, conceitos e princípios mais apurados envolvendo uma mudança de cultura organizacional, principalmente quanto à forma de tratamento dos desperdícios de materiais e de tempo na manufatura e conseqüentemente à disciplina exigida dos colaboradores na condução do processo. Os quatro grupos de práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing* definidos por Shah e Ward (2002), são:

- 1) *Just in Time* (JIT) – **Figura 11**;
- 2) Gestão da Qualidade (TQM) – *Total Quality Management*– **Figura 12**;
- 3) Gestão da Manutenção (TPM) – *Total Preventive Maintenance* – **Figura 13**;
- 4) Gestão de Pessoas (HRM) – *Human Resource Management*- **Figura 14**.

Figura 11: Práticas do *Lean Manufacturing* – Grupo *Just in Time*

Grupo de práticas do Lean Manufacturing	Prática do Lean Manufacturing	
Just in Time – JIT o painel de kanban é um priorizador	1	Redução do tamanho do lote
	2	Redução do tempo de ciclo
	3	Mudanças rápidas do sistema ou processo 1. Redução do estoque em processo 2. Redução de atrasos desnecessários no processo de produção
	4	Reengenharia dos processos de produção
	5	Eliminação de gargalos
	6	Manufatura celular

Fonte: Shah e Ward (2002).

Figura 12: Práticas do *Lean Manufacturing* – Grupo *Total Quality Management*.

<b>Grupo de práticas do Lean Manufacturing</b>	<b>Prática do Lean Manufacturing</b>	
<b>Total Quality Management (TQM)</b> Melhoramento contínuo e sustentabilidade da qualidade de produtos e processos	7	Programas de gerenciamento da qualidade
	8	Programas de melhoria contínua – formal
	9	Medidas de capacidade de processos – Os índices e taxas que medem a capacidade, ou seja, a capacidade de um dado processo fabricar produtos dentro da faixa de especificação, surgiram dos estudos sobre Controle Estatístico de Processo (CEP) realizados pelo Dr. Walter Shewhart do Bell Laboratories na década de 20. Índices de capacidade de processo Cp e CpK.

Fonte: Shah e Ward (2002).

Consideradas as definições dos quatro grupos de práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing*, o desenvolvimento do projeto de pesquisa da presente dissertação buscou estudar o desempenho do sistema de manufatura *Lean* de uma empresa do setor automotivo, objeto de pesquisa, definindo como premissa abordar somente o 1º grupo de práticas, o *Just in Time*, e mostrar que a técnica de planejamento mapeamento do fluxo de valor é altamente capaz de auxiliar no mapeamento de processos de uma forma que a visibilidade dos processos de fabricação do objeto de estudo dê sustentação à proposta de uma sistematização do processo de abastecimento de acordo com a sistematização da metodologia definida para esse propósito.

As figuras destacam os grupos de práticas de acordo com a sequência: Figura 11 (*Just in Time*), Figura 12 (*Total Quality Management*), Figura 13 (*Total Preventive Maintenance*) e Figura 14 (*Human Resource Management*), que se relacionam com as práticas de gestão da produção de cada grupo definido pelos autores.

Figura 13: Práticas do *Lean Manufacturing* – Grupo *Total Preventive Maintenance*.

<b>Grupo de práticas do Lean Manufacturing</b>	<b>Prática do Lean Manufacturing</b>	
<b>Total preventive maintenance (TPM)</b>	<b>10</b>	<b>Manutenção Preditiva e Manutenção Preventiva</b>
	<b>11</b>	<b>Técnicas de otimização da manutenção</b>
	<b>12</b>	<b>Ênfase em equipamentos de novos processos e aquisição de tecnologia</b>

Fonte: Shah e Ward (2002).

Figura 14: Práticas do *Lean Manufacturing* – Grupo Human Resource Management.

<b>Grupo de práticas do Lean Manufacturing</b>	<b>Prática do Lean Manufacturing</b>	
<b>Human resource management (HRM)</b>	<b>13</b>	<b>Job rotation – Rodízio de funções promovido pela empresa. Rev. Exame set/2005.</b>
	<b>14</b>	<b>Job design – em desenvolvimento organizacional, work design é a aplicação dos princípios do sistema técnico social (Socio-Technical Systems) e técnicas para a humanização do trabalho.</b>
	<b>15</b>	<b>Job enlargement – Ampliação das tarefas ou atribuições</b>
	<b>16</b>	<b>Programas de treinamento formal</b>
	<b>17</b>	<b>Cross training programs – Cross-training em operações envolve o treinamento dos colaboradores engajados em medidas de controle da qualidade.</b>
	<b>18</b>	<b>Equipes de trabalho</b>
	<b>19</b>	<b>Grupos para solução de problemas</b>
	<b>20</b>	<b>Envolvimento do dirigente</b>
	<b>21</b>	<b>Flexible cross functional work force – força de trabalho multifuncional e flexível</b>
	<b>22</b>	<b>Self directed work teams – equipes de trabalho auto dirigidas</b>

Fonte: Shah e Ward (2002).

É claro que outros trabalhos contribuíram para a evolução do processo de gestão da manufatura de modo que um grande número de *papers* voltados à pesquisa aplicada, na área, foi publicado com diferentes enfoques nas últimas décadas.

O principal enfoque atualmente, o fluxo de produção, passou a ter maior ênfase quanto ao mapeamento dos processos a partir da década de 60 com o uso da

tecnologia de grupo e do *layout* celular. Entre os principais autores, Burbidge destacou-se como um dos precursores, tendo trabalhos publicados sobre estudos realizados dos processos de fabricação de diferentes empresas e sistemas de produção, e propôs o estabelecimento de padrões de fluxo de produção com a adequação do *layout* e a otimização do uso dos recursos de manufatura.

A grande contribuição desses trabalhos entre as décadas de 60 a 90 foi a busca de técnicas, ferramentas e metodologias específicas que contribuíssem para uma evolução da sistematização de procedimentos que apoiassem a gerência de produção. Nesse caso, o Sistema Toyota de Produção teve grande influência considerando-se os quatro grupos de práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing: Just in Time, Total Quality Management, Total Preventive Maintenance* e *Human Resource Management*, que influenciaram fortemente o surgimento de um grande número de técnicas, ferramentas e metodologias específicas.

De acordo com Seth e Gupta. (2005), uma nova técnica de planejamento do *Lean Manufacturing* (do grupo de práticas de gestão da produção do *Lean Manufacturing Just in Time*) foi popularizada por Rother e Shook em 1999. O mapeamento do fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*), foi definido por Womack e Jones (2004) como: “um processo simples de observação direta dos fluxos de informações e de materiais de como eles ocorrem resumindo esses fluxos visualmente e vislumbrando um estado futuro com um desempenho melhor”.

Ainda segundo Seth e Gupta (2005), o objetivo principal do uso da técnica de planejamento VSM é minimizar continuamente as perdas para maximizar o fluxo de produção a partir do apoio que a técnica dá a: visualização dos tempos de ciclo de cada estação de trabalho, *buffers* de estoque em estações intermediárias, desenvolvimento da mão de obra, tempo de atividade ou de utilização de recursos e fluxo de informações. Consequentemente materiais na área de estudo definida, ou seja, captura toda a transformação de matérias-primas durante o processo de transformação em produtos acabados.

É fato que a técnica auxilia no processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento de processos de fabricação para minimizar as perdas em todos os aspectos das operações melhorando a produtividade, o que ajuda a expor ainda mais as perdas e problemas de qualidade do sistema.

### 3.4.2 Sistema de classificação das ferramentas *Lean Manufacturing*

Pavnaskar et al. (2003) apresentam um esquema de classificação para ferramentas *Lean Manufacturing* relacionadas entre os quatro grupos citados computando 7 níveis de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5: Níveis do esquema de classificação.

Nível	Definição
Sistema	Elemento organizacional considerado.
Objeto	Condição do produto considerado.
Operação	Tarefa de produção considerada.
Atividade	Natureza da tarefa considerada.
Recurso	Elementos consumidos durante as operações consideradas.
Característica	Qualidade dos recursos considerados.
Aplicação	Foco da ferramenta considerada, por exemplo, se a ferramenta identifica perdas, mede as perdas, elimina as perdas ou uma combinação dessas.

Fonte: Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K. e Jambekar, A. B. (2003).

Os resultados estimados na literatura a respeito do ganho com o uso de práticas de gestão da produção é da ordem:

1. “*Lead times*” de entrega reduzidos em mais de 75%;
2. A pontualidade da entrega melhorou em 99%;
3. Produtividade (vendas por empregado) aumenta de 15 – 35% por ano;
4. Reduções de estoque em mais de 75%;
5. Retorno sobre os ativos melhora em mais de 100%;
6. Melhorias de 10% ou mais na utilização da mão de obra direta;
7. Melhorias de até 50% na utilização indireta da mão de obra;
8. Aumento de 50% ou mais de capacidade em instalações atuais;
9. Redução de 80% no espaço;
10. 50% na melhoria de qualidade;
11. Disponibilidade da máquina de 95%;
12. Redução de 60% nos tempos de ciclo.

Pavnaskar et al. (2003), organizaram 101 ferramentas de manufatura *Lean* e métricas usando esse esquema de classificação.

O esquema de classificação organiza sistematicamente as ferramentas de manufatura *Lean* e métricas de acordo com os níveis adotados: Sistema, Objeto, Operação, Atividade, Recurso, Característica e Aplicação, assim como com o local apropriado para a aplicação da ferramenta na organização e se é direcionada a gestão das perdas de atividades, além de ao tipo de perda de recursos que aborda, e se identifica essas perdas, resultando na medida das perdas e eliminação das mesmas.

Os sete diferentes tipos de perdas da manufatura: superprodução, tempo de espera, transporte, estoque, movimentação, defeitos e processamento, identificados por Shingo and Ohno (1992), podem ser reduzidos ou eliminados com uso da ferramenta correta.

Pavnaskar et al. (2003) propõe um esquema de classificação para combinar ferramentas de manufatura enxuta para a eliminação das perdas e dos problemas de manufatura, baseado em onde e quando as ferramentas podem ser aplicadas, bem como o tipo de perdas e o que as ferramentas buscam reduzir ou eliminar.

A estrutura geral do esquema de classificação define os níveis ou categorias de elementos que serão posteriormente divididos e relacionados como mostra a Tabela 5. Qualquer organização de manufatura deve consistir de outros níveis além do mencionado pelo esquema proposto pelos autores. Perdas ocorrem em diferentes níveis e várias operações e processos de manufatura são realizados nestes diferentes níveis para transformar matérias-primas em produtos acabados. Assim, qualquer unidade de manufatura deve consistir de uma estação de trabalho, onde uma tarefa é realizada, ou de uma célula, que é uma coleção de diferentes estações; uma linha de produção, que deve consistir de um número de células; uma planta, que consiste de linhas diferentes para produtos diferentes e, no final, uma empresa como um todo, que consiste de várias plantas. Para qualquer empresa, há também uma cadeia de suprimentos ao seu redor que fornece matéria-prima para cada planta ou linha ou célula ou estação no local de fabricação. Todos esses elementos organizacionais constituem o nível do sistema no esquema de classificação. Esses elementos foram dispostos em ordem decrescente de acordo com a hierarquia dos níveis.

Uma célula deve ser constituída por um grupo de tarefas, uma linha será composta por um grupo de células, uma planta será composta por um grupo de linhas e uma empresa deve consistir de um grupo de plantas. A cadeia de suprimentos em torno da planta é considerada como uma entidade separada. Lembrando ainda que definições dos elementos que constituem cada nível de acompanhamento são relevantes nesse

contexto. É importante notar que a definição escolhida pelos autores para uma cadeia de suprimentos pode não ser padrão no sentido organizacional, mas se encaixa no foco de produção no contexto *Lean Manufacturing*.

1. **Empresa:** organização que supervisiona um grupo ou possivelmente de diversos grupos de plantas. O nível empresa está preocupado apenas com questões relacionadas ao “alto nível” durante a fabricação. No nível da empresa não há participação na "atividade" de fabricação.
2. **Cadeia de suprimentos (*In-bound*):** compreende a rede e as organizações envolvidas na movimentação de matérias-primas para as docas de carga da planta. A movimentação de materiais dentro de uma planta não é considerada como a parte da cadeia de suprimentos *in-bound*. Não há estoque em processo ou produtos acabados envolvidos na cadeia de suprimentos *in-bound*. Perdas devidas aos recursos dos vendedores não fazem parte do escopo deste esquema de classificação.
3. **Planta:** grupo de possivelmente diversas linhas em um local físico ou site industrial. Todas as mercadorias que circulam dentro e fora da planta são consideradas neste nível. A movimentação de matéria-prima dentro das linhas, células e tarefas ou postos de trabalho também serão considerados neste nível.
4. **Linha:** grupo de células e tarefas ou postos de trabalho para produzir um produto ou uma família de produtos.
5. **Célula:** grupo de estações com algumas tarefas ou postos de trabalho passando entre elas. Matérias-primas podem ser entregues diretamente para as células e as células podem produzir produtos acabados.
6. **Tarefas (postos de trabalho):** conjunto de operações realizadas em uma estação. Matérias-primas podem ser entregues para a execução da tarefa, mas as tarefas não produzem ou entregam produtos acabados. Não há gestão de qualquer recurso envolvido no nível de tarefa e não há transporte ou armazenamento.

Após o nível do sistema, a classificação seguinte é baseada no fluxo de materiais que flui através da organização.

A fábrica transforma qualquer tipo de matéria-prima em um produto acabado. O produto final pode, por sua vez, ser uma matéria-prima em outra instalação.

Qualquer atividade industrial pode ser pensada como ser realizada em um dos três objetos: matérias-primas, produtos acabados ou *work in process*, e essas atividades podem ser realizadas em cada um dos elementos do nível do sistema.

Esses elementos são organizados cronologicamente.

1. **Matérias-primas:** os objetos em que as operações na planta ainda não começaram.
2. **Work in Process:** qualquer material em que as operações na fábrica já começaram, mas ainda não foram concluídas.
3. **Produtos acabados:** objetos sobre os quais as operações na planta foram concluídas.

#### 3.4.2.1 Nível da operação

Em um dado instante, dentro de qualquer sistema e em qualquer objeto dado, há apenas quatro operações realizadas para mover objetos mais próximos no sentido de se tornarem um produto acabado: processamento, inspeção, transporte ou estoque.

É possível que uma organização possa desejar ter uma delineação mais fina ou precisa das operações, mas isso tornaria o esquema do sistema específico.

As operações são organizadas mais ou menos cronologicamente.

1. **Processamento:** qualquer operação ou série de operações realizadas em um objeto que muda sua geometria ou propriedades físicas.
2. **Inspeção:** diagnóstico e avaliação dos atributos físicos de um objeto (definido no nível do objeto) ou recurso (definidos no nível de recursos).
3. **Transporte:** qualquer movimento ou transporte de qualquer objeto.
4. **Armazenamento:** armazenamento temporário de um objeto.

### 3.4.2.2 Nível da atividade

Qualquer elemento com inclinação para o operacional consiste de duas atividades gerais: a gestão e o desempenho dessa operação. As duas atividades são completamente diferentes e, portanto, assim são as suas perdas e ferramentas.

1. **Gestão:** organização e alocação de recursos para as operações.
2. **Desempenho:** a realização de operações em um objeto.

### 3.4.2.3 Nível de recursos

Durante qualquer operação, seja durante o seu gerenciamento ou desempenho, os recursos serão consumidos e, talvez, desperdiçados.

Para qualquer operação de fabricação a ser realizada, há oito recursos: informação, tempo, dinheiro, espaço, pessoas, máquinas, materiais e ferramentas de fabricação.

1. **Informação:** qualquer dado ou conhecimento adquirido ou fornecido que ajuda na atividade ou é necessário para uma atividade.
2. **Tempo (Horário):** qualquer parte do período antes de um objeto chegar ao mercado.
3. **Dinheiro:** finanças utilizadas para apoiar o sistema e suas atividades.
4. **Espaço:** área disponível no sistema para as operações.
5. **Pessoas:** todos os funcionários que trabalham no sistema para realizar as operações.
6. **Máquinas:** dispositivos físicos que realizam as operações no sistema.
7. **Materiais:** compõem os objetos submetidos às operações.
8. **Ferramentas de produção:** várias ferramentas utilizadas para facilitar o gerenciamento e o desempenho da manufatura. Por exemplo, *software* utilizado para o planejamento, MRP, gráficos de processos, etc. Ferramentas de manufatura não são ferramentas *lean manufacturing*. Ferramentas de manufatura também não são máquinas ferramentas.

Ferramentas de manufatura enxuta eliminam ou medem perdas nas ferramentas de manufatura.

#### 3.4.2.4 Nível de característica

Para medir e avaliar o desempenho de um sistema em relação aos recursos, diferentes parâmetros de desempenho ou as características de desempenho são usados.

Para um específico recurso determinado, o desempenho pode ser avaliado por meio de quatro parâmetros, de forma independente ou em combinação: moral baixo, incapacidade, ineficiência e falta de confiabilidade. Estes podem ser considerados como as formas pelas quais os recursos podem ser desperdiçados. Note-se que o moral baixo só se aplica a pessoas no nível de recursos e, para o tempo dos recursos, dinheiro e espaço apenas a característica ineficiência se aplica.

Essas características estão relacionadas com os vários recursos consumidos durante a manufatura. Por exemplo, pode-se dizer incapacidade de máquinas, ou ineficiência de máquinas ou falta de confiabilidade das máquinas.

Não há uma ordem lógica para as características.

1. **Moral baixo:** falta de vontade das pessoas para se destacarem em atividades no sistema.
2. **Incapacidade:** a incapacidade de um recurso para realizar a atividade designada.
3. **Ineficiência:** falha na execução da atividade atribuída com o mínimo uso dos recursos.
4. **Confiabilidade:** inconsistência de qualidade do recurso.

Há uma série de outras características comumente utilizadas na linguagem da manufatura relativa a vários recursos.

As características descritas acima podem ser usadas em combinação para representar todas as outras características comumente utilizadas na organização da manufatura.

Por exemplo, a inflexibilidade de pessoal pode ser pensada como uma combinação de ineficiência, incapacidade e falta de confiabilidade. Inflexibilidade de

uma linha de montagem é novamente uma combinação de ineficiência, incapacidade e falta de confiabilidade.

A falta de repetibilidade de uma máquina pode ser representada usando uma combinação de ineficiência e falta de confiabilidade, etc.

### 3.4.2.5 Nível de aplicação

Todas as ferramentas de manufatura enxuta podem ser classificadas com a identificação das perdas, medição das perdas, eliminação das perdas, ou uma combinação desses três. Essas aplicações são definidas da seguinte forma.

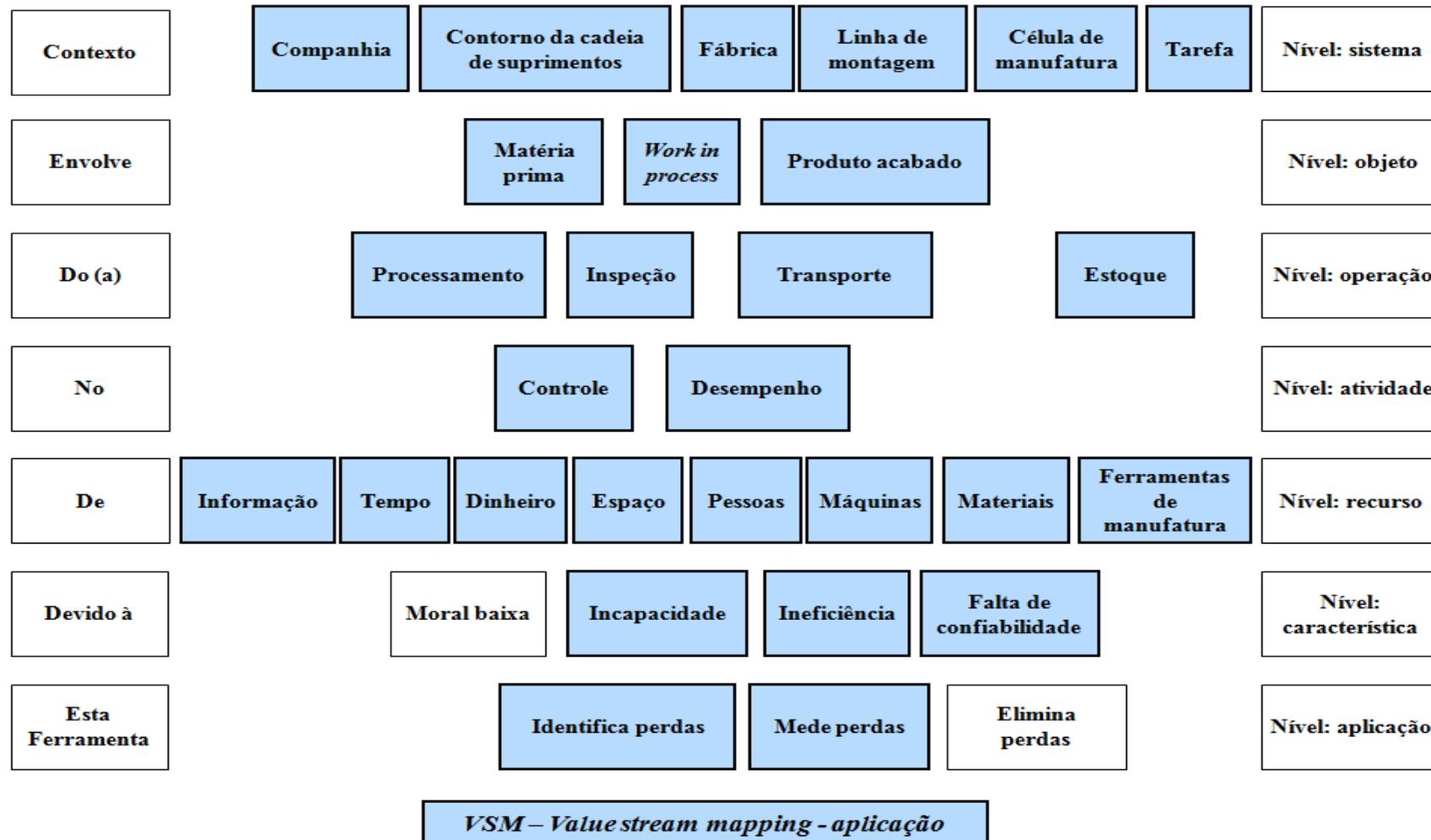
1. **Identifica perdas:** identifica qual recurso foi utilizado e, possivelmente, quantifica a perda.
2. **Perdas medidas:** quantificação da perda ou qualquer outra atividade que não agrega valor.
3. **Elimina as perdas:** erradicação ou redução das perdas ou qualquer atividade que não adiciona valor.

O problema na classificação, em grande parte, depende largamente da percepção do usuário e da sua capacidade para representar essas palavras.

**Mapeamento de fluxo de valor** identifica as perdas e as medidas de perdas devido à incapacidade, ineficiência e falta de confiabilidade da informação (apenas para a ineficiência e falta de confiabilidade), tempo (apenas para ineficiência), dinheiro (somente para a ineficiência), espaço (apenas para incapacidade e ineficiência), pessoas (por incapacidade, ineficiência e falta de confiabilidade), máquinas (por ineficiência, incapacidade e falta de confiabilidade), material (por ineficiência, incapacidade e falta de confiabilidade) e ferramentas de manufatura (por ineficiência, incapacidade e falta de confiabilidade). Durante a gestão e o desempenho do processamento, fazem parte a inspeção, o transporte e armazenamento de matérias-primas, o *work in process*, e produtos acabados na empresa, cadeia de suprimentos, planta, linha célula e tarefa ou posto de trabalho. Esse esquema de classificação pode ser usado de duas maneiras: com base na ferramenta ou com base nos problemas. O esquema de classificação é estruturado em torno de sete níveis: sistema, objeto, operação, atividade, recurso,

característica e aplicação. Por exemplo, *Poka-Yoke* – essa ferramenta elimina o desperdício, devido à falta de confiabilidade das máquinas durante a execução do processamento do *work in process* dentro do trabalho. É fazer uso dessa técnica de planejamento para ter uma fotografia fiel do estado atual de um complexo sistema de produção de uma empresa do setor automotivo fabricante de transmissão. A Figura 15 mostra o esquema de classificação das ferramentas *Lean* proposto por Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K. e Jambekar, A. B. (2003).

Figura 15: Esquema de classificação das ferramentas *Lean Manufacturing – Value Stream Mapping*



Fonte: Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K. e Jambekar, A. B. (2003)

### 3.4.3 Exemplo de aplicação do VSM em uma indústria metal mecânica indiana

A Tabela 6 apresenta os detalhes do processo de manufatura do quadro de motocicleta descrito no artigo de Seth, Gupta (2005) e a Tabela 7, os Cálculos das Figuras 16 e 17 (estado atual da planta). As Figuras 18 e 19 ilustram o estado futuro. As Tabelas 8 e 9 apresentam os cálculos dos mapas futuros de acordo com as Figuras 18 e 19.

Tabela 6: Detalhes do processo de manufatura

<b>Medida</b>	<b>Unidade</b>	<b>Situação atual</b>
Volume de produção por homem	Quadros/homem	13,95
Mão de obra	Número/dia	129
<i>Work in process</i>	Quadros	466
Inventário de produtos acabados	Quadros	700
<i>Lead time</i> da produção	Dias	3,215
Tempo de processamento	Minutos	15,67

Fonte: Seth e Gupta (2005)

Tabela 7: Cálculos das Figuras 16 e 17 (estado atual da planta).

<b>Área/estação (unidade)</b>	<b>Tempo de processamento (segundos)</b>	<b>Lead time de produção (horas)</b>	<b>Work in process (unidade)</b>
Estoque de matéria-prima	-----	72	0
Linhas de gabarito	213	4 (x 90) ⇒	360
Inspeção	33	0,11 (x 90) ⇒	10
Soldagem robotizada	47,5	0,66 (x 90) ⇒	60
<i>Reicing</i> (processamento)	40	0,33 (x 90) ⇒	30
Mandrilamento e calibragem	547	0,06 (x 90) ⇒	6
Oleamento/despacho	60	-----	FG inv. = 700
Total	∑ 940,5 seg.	∑ 77,16 horas	∑ 466 unidades
Total (unidades relevantes)	940,5 / 60 = 15,675 min.	77,16 / 24 = 3,215 dias	466 unidades
<b>Inventário correspondente a 90 quadros ou equivalente a matéria-prima = 1 hora de inventário</b>			

Fonte: Seth e Gupta (2005).

Tabela 8: Cálculos das Figuras 18 e 19 (estado futuro da planta).

<b>Área/estação (unidade)</b>	<b>Tempo de processamento (segundos)</b>	<b>Lead time de produção (horas)</b>	<b>Work in process (unidade)</b>
Estoque de matéria-prima	-----	12	0
Linhas de gabarito	200	1	90
Inspeção	33	0	0
Soldagem robotizada	40	0	0
<i>Revicng</i> (processamento)	40	0	0
Mandrilamento e calibragem	505	0	0
Oleamento/despacho	30	-----	FG inv. = 360
Total	$\Sigma$ 848 seg.	$\Sigma$ 13 horas	$\Sigma$ 90 unidades
Total (unidades relevantes)	848 / 60 = 14,33 min.	13 horas	90 unidades
<b>Inventário correspondente a 90 quadros ou equivalente a matéria-prima = 1 hora de inventário</b>			

Fonte: Seth e Gupta (2005).

Tabela 9: Processo proposto versus processo existente.

<b>Medida</b>	<b>Unidade</b>	<b>Situação atual</b>	<b>Proposto</b>
Volume de produção por homem	Quadros/homem	13,95	17,54
Mão de obra na linha dos gabaritos e estação da inspeção	Número de homens por dia	63	51
Mão de obra no <i>setup</i> das estações robotizadas e estações de acabamento	Número de homens por dia	66	63
Mão de obra	Números por dia	129	114
<i>Work in process</i>	Quadros	466	90
Inventário de produtos acabados	Quadros	700	360
<i>Lead time</i> da produção	Dias	3,215	0,54
Tempo de processamento	Minutos	15,67	14,13

Fonte: Seth e Gupta (2005).

A demanda máxima pode atingir até 2.000 quadros por dia. Para a análise, os níveis de estoque são considerados para fins de necessidade para três dias.

O processo atual requer mão de obra de 129 homens por dia, com uma produção de 13,95 quadros por trabalhador (14 quadros x 129 homens  $\approx$  1.806 quadros). O tempo de processamento real ou o real valor agregado com relação ao tempo para o processo existente é 15,67 minutos, enquanto o *lead time* de produção é 3,215 dias, como mostrado na Figura 16. Elevado estoque em processo de 466 quadros para cada linha de gabarito da estação, inspeção, solda robotizada, revisão (*revicing*), mandrilamento de precisão e limpeza de respingos de solda também é observado. Além disso, o estoque de produtos acabados é de 700 quadros para assegurar a política de atendimento à demanda ou margem de segurança da OEM.

A cadeia de abastecimento da XYZ consiste de 83 fornecedores. Fornecedores de primeiro nível ou primeira camada e 430 fornecedores de segundo nível ou segunda camada. Para uma produção diária de 2.000 quadros, o *Takt Time* calculado foi 40 segundos (jornada diária  $\approx$  22 horas). Esse *Takt Time* significa que a ABC Ltda. precisa produzir um quadro a cada 40 segundos na sua linha de montagem. Como mencionado anteriormente, um estudo de tempo e de movimento também foi feito para estabelecer os tempos de ciclo para cada estação.

Como sugere a Figura 18, o gabarito 3, soldagem robotizada, mandrilamento de precisão, limpeza de respingos e **lubrificação** (*oiling*) são os processos que têm estações com tempos de ciclo maior do que o *Takt Time*. Para sincronizar o *Takt Time* com os tempos de ciclo dessas estações, estas necessitam de uma investigação detalhada de acordo com a Tabela 10. Da mesma forma, para algumas das estações, o tempo de ciclo é menor do que o *Takt Time*, que indica áreas potenciais de economia de mão de obra.

Para as estações, que têm o tempo de ciclo maior do que o *Takt Time* há um acúmulo de *work in process*.

O fornecedor ABC Ltda. foi convidado a atender a demanda por hora em vez de fornecer por turno. Foi exigido um alto grau de fluxo de informações e de coordenação para atender a demanda horária. Para acompanhar a demanda horária da XYZ, um sistema *Kanban* foi introduzido entre XYZ e ABC Ltda., uma vez que ajudou a promover o fluxo de informação adequado a respeito da demanda.

Foi sugerido que *Kanban* de retirada deva fluir desde o departamento de planejamento até a lista de prioridades dos produtos acabados.

Da mesma forma, foi sugerido que o *Kanban* de produção deva fluir conforme a lista de prioridades de matéria-prima no estoque, como mostrado na Figura 18.

O sistema *Kanban* estabeleceu a programação necessária e a disciplina de entrega. Isso foi necessário para assegurar o funcionamento do estoque de matéria-prima e a lista de tarefas ou prioridades como um supermercado.

Esse sistema também reduziu a exigência de mão de obra para acompanhar a demanda e os estoques na XYZ e comunicar ao mesmo tempo o fornecedor.

Também foi observado que o inventário aumentou na linha de montagem do fornecedor. A ABC Ltda. decidiu manter um estoque de três dias por causa da má comunicação, assegurando uma margem de segurança.

O fluxo de informações eletrônico foi introduzido para ambos os fornecedores, de primeiro nível e segundo nível, da XYZ. Ele ajudou na redução da quantidade das ordens e estoque no estoque de matéria-prima.

A implantação da disciplina *milk-run* introduzida entre a ABC Ltda. e seus fornecedores reduziu os custos de transporte.

Essas mudanças reduziram os níveis de inventário no estoque de matéria-prima de três dias a meio dia, como mostra a Figura 16, o que foi bastante significativo. Isso também ajudou a tornar a cadeia de suprimentos enxuta e flexível.

Para sincronizar o tempo de ciclo das estações com o *Takt Time* de 40 segundos e para reduzir as necessidades de mão de obra em linhas de gabarito, duas linhas de gabarito foram aproximadas como mostrado na Figura 16. Isso levou à redução de mão de obra de 20 para 15 nas linhas do gabarito.

Para melhorar a utilização dos gabaritos, o uso de um suporte de cabide giratório também foi sugerido. Isso ajudou facilitando a coleta e a colocação dos quadros nas linhas de gabarito.

Devido à falta de *know-how* e técnica adequada a respeito de uma estação de soldagem robotizada, decidiu-se indiretamente sincronizar seu tempo de ciclo com o *Takt Time*.

Para isso, uma cabine adicional de solda manual foi proposta. A diferença de qualidade da solda manual com relação à solda robotizada foi superada pela contratação de um trabalhador altamente qualificado para esse trabalho.

Constatou-se também que a preparação da solda robotizada comparada à solda manual não é alta devido ao mecanismo de alimentação do fio de solda ser ruim.

Pequenas modificações no bico e na unidade de pressão ajudaram na alimentação contínua e uniforme do arame. Isso melhorou muito a utilização do mecanismo de alimentação de arame.

Para manter o fluxo contínuo e para melhorar o desempenho da máquina de mandrilamento preciso, o tempo de ciclo da estação foi reduzido para 40 segundos, usando um dispositivo elétrico melhorado.

Para acomodar o excesso do tempo de ciclo da estação de limpeza de respingos, a implantação adicional de um trabalhador foi sugerida.

Essa mudança reduziu o tempo de ciclo da estação de 53 segundos de acordo com o *Takt Time*.

Da mesma forma, reagrupando várias atividades de calibração e inspeção e mantendo o tempo de ciclo igual ao *Takt Time* o que resultou foi uma economia de mão de obra de três trabalhadores. Tempo do processo de lubrificação também foi reduzido de 60 segundos para 30 segundos, introduzindo-se uma pistola de pulverização.

Esses são indícios claros de que o volume de produção por trabalhador aumentou para 17,54 quadros a partir de 13,95 quadros.

O *lead time* de produção foi reduzido significativamente de 3,215 dias para 0,54 dias e o tempo de processamento também foi reduzido de 15,67 para 14,13 minutos.

O aumento da demanda da XYZ é facilmente alcançável com redução tanto do *work in process* quanto do inventário dos produtos acabados na cadeia de abastecimento.

Agora, o fornecedor terá condições de entregar a uma taxa horária e quadros de alta qualidade a um custo menor, que foi também a exigência de um ambiente *lean* e ágil ou responsivo. O VSM é apenas uma indicação sobre as áreas de melhorias.

As Figuras 20 e 21 apresentam o balanceamento da linha no estado atual e futuro, mostrando a normalização do fluxo desde o balanceamento realizado com a adequação no mapa futuro do fluxo de produção.

A Tabela 10 mostra os detalhes do processo de manufatura do quadro, de acordo com o exemplo do fluxo de produção apresentado por Seth, e Gupta (2005).

Tabela 10: Detalhes do processo de manufatura.

<i>serial production</i>	Estação	Input de material	Atividade do trabalhador		Número de homens	Tempo (segundo)			Tempo de ciclo da estação (seg.)
			Trabalhador 01	Trabalhador 02		W – 1	W – 2	m/c	
1	Stn 1	Tubo do corpo do quadro Interruptor do acelerador Regulador mtg bkt Braço mestre oscilante Pedal mestre mtg	Carrega, solda, libera	Pega, solda, libera	2	37,5	25	--	37,5
2	Gabarito 1 ( <i>Jig</i> )	Stn 1 o/p Tubo de baixo s/assy Tubo ponte s/assy Tubo de cabeça – sub montagem	Pega, solda ambos os lados	Carrega, descarrega	2	40	37	--	40
3	Gabarito 2 ( <i>Jig</i> )	Gabarito 1 o/p Tubo superior s/assy direito e esquerdo ponte bkt garupa – sub montagem reforço direito e esquerdo – sub montagem	Carrega, solda	Carrega, solda, descarrega	2	37,5	25	--	37,5
4	Gabarito 3 ( <i>Jig</i> )	Gabarito 2 o/p Filtro de ar bkt mtg (3 bkt) Box da bateria bkt mtg (3 nos.) cobertura traseira bkt mtg (3 nos.) cobertura traseira do assento bkt mtg (2 nos.) tampa lateral bkt mtg (2 nos.)	Carrega, solda	Carrega, solda, descarrega	2	42	29	--	42
5	Pré robô 1	Estrutura do quadro	Pega, solda, libera	-----	1	28,5	--	--	28,5

Sistema Toyota de Produção – 104

6	Pré robô 2	Estrutura do quadro	Pega, solda, coloca	-----	1	27,5	--	--	27,5
7	Inspeção	Estrutura do quadro	Inspeção, fila	-----	1	33	--	--	33
8	Robô de soldagem	Estrutura do quadro	Carrega, descarrega, confere gabarito (calibrador - <i>gauge</i> )	-----	1	30	--	47,5	47,5
9	<i>Revicig (checkist</i> envolvendo: limpeza dos respingos de solda e condição das roscas)	Estrutura do quadro	Carrega, <i>revice</i>	<i>Revice,</i> descarrega	2	40	40	--	40
10	Mandrilamento de precisão ( <i>fine boring</i> )	Estrutura do quadro	Carrega, descarrega, confere gabarito (calibrador - <i>gauge</i> )	-----	1	40	--	45	45
11	Soldagem ECN	Estrutura do quadro + suportes	Pega, solda, libera	-----	1	40	--	--	40
12	Inspeção visual e marcação 1	Quadro	Pega, inspeciona, libera	-----	1	40	--	--	40
13	Resoldagem dos lugares marcados 1	Quadro	Pega, solda, descarrega	-----	1	35	--	--	35
14	Inspeção visual e marcação 2	Quadro	Pega, inspeciona, coloca	-----	1	40	--	--	40
15	Resoldagem nos locais marcados 2	Quadro	Pega, solda, descarrega	-----	1	40	--	--	40
16	Refazer rosqueamento com macho	Quadro	-----	-----	2	39	37	--	39
17	Limpeza dos respingos	Quadro	Carrega, martelo	Carrega, martelo	2	53	21	--	53
18	Inspeção gabarito 1	Quadro	Pega, confere gabarito (calibrador – <i>gauge</i> ), libera	-----	1	30	--	--	30

## Sistema Toyota de Produção – 105

19	Inspeção gabarito 2	Quadro	Pega, confere gabarito (calibrador – <i>gauge</i> ), libera	-----	1	28	--	--	28
20	Inspeção gabarito 3	Quadro	Pega, confere gabarito (calibrador – <i>gauge</i> ), libera	-----	1	25	--	--	25
21	Inspeção gabarito 4	Quadro	Pega, confere gabarito (calibrador – <i>gauge</i> ), libera	-----	1	32	--	--	32
22	Inspeção gabarito 5	Quadro	Pega, confere gabarito (calibrador – <i>gauge</i> ), libera	-----	1	32	--	--	32
23	Inspeção gabarito 6	Quadro	Pega, confere gabarito (calibrador – <i>gauge</i> ), libera	-----	1	30	--	--	30
24	Inspeção final	Quadro	Pega, confere gabarito (calibrador – <i>gauge</i> ), libera	-----	1	38	--	--	38
25	Oleamento	Quadro	Óleo com estopa	-----	1	60	--	--	60

Carga (*load*) = significa tarefa a ser colocada em uma cabine de solda com fixação pneumática (*pneumatic fixture*).

Descarga = *unload* = significa que a tarefa deve ser removida da cabine de solda com fixação pneumática (*pneumatic fixture*).

*Pick* = coleta = significa que a tarefa deve ser coletada do chão de fábrica/ ou do suporte rotativo/ ou do carrinho e colocada em um dispositivo elétrico de movimentação suspensa, cabide, ou na cabine de solda.

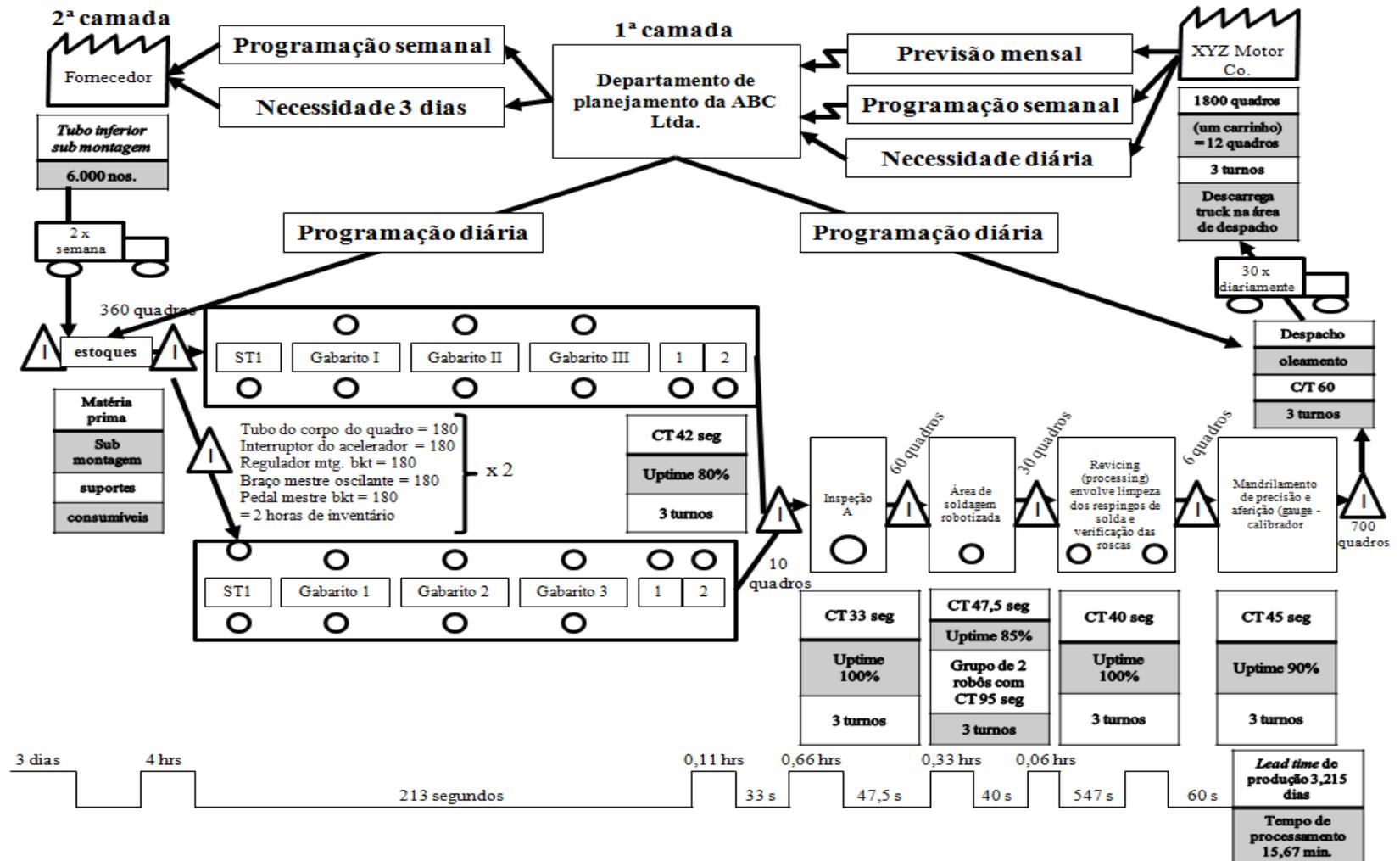
*Pass* = significa que a tarefa deve ser transferida para a próxima estação.

Gabarito ou calibrador (*gauge*) = significa avaliar as dimensões da tarefa a ser verificada por gabaritos ou calibradores.

Colocar = significa que a tarefa deve ser colocada no chão de fábrica ou do suporte rotativo/ ou do carrinho.

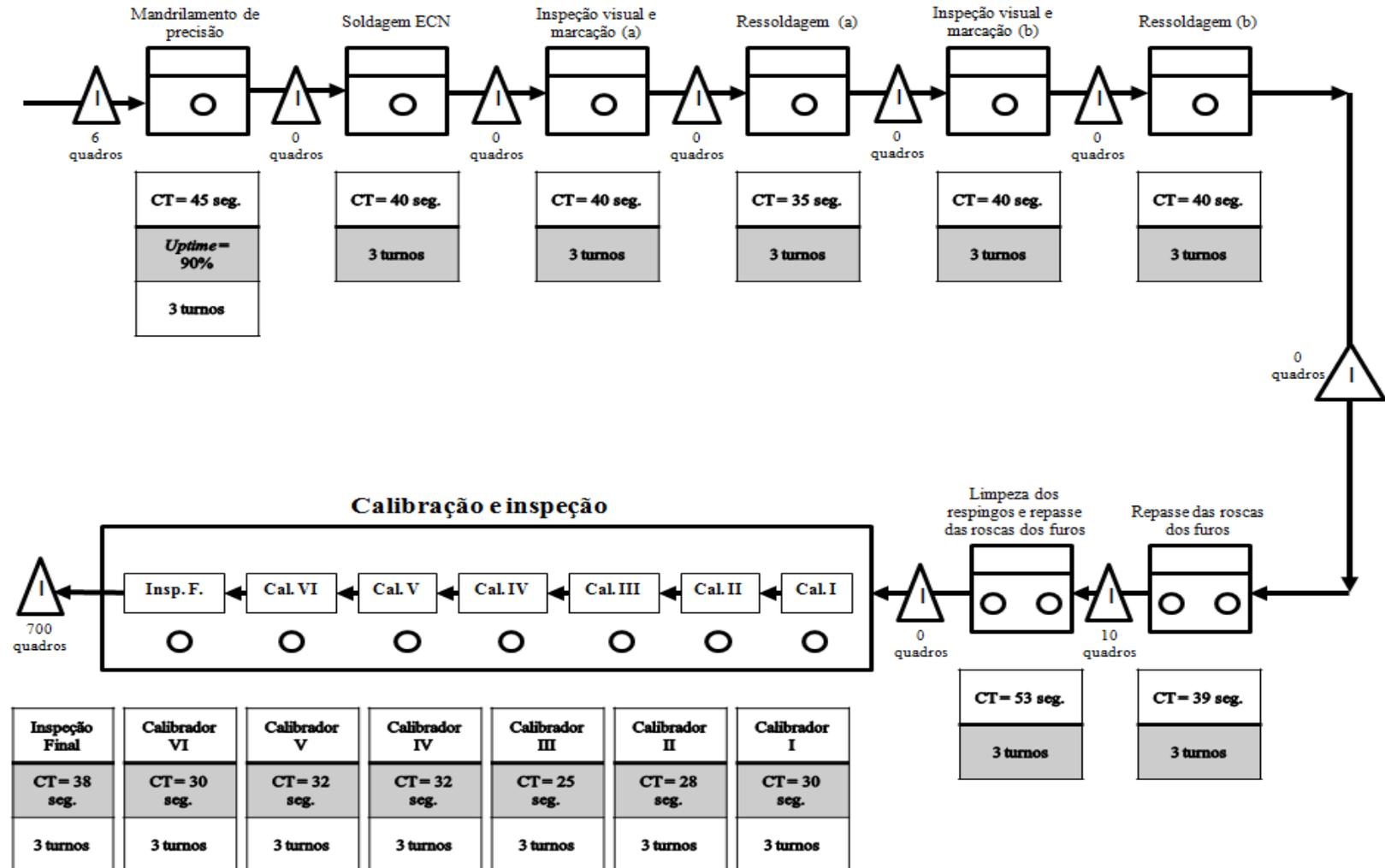
Fonte: Seth e Gupta (2005).

Figura 16: Mapa atual do site.



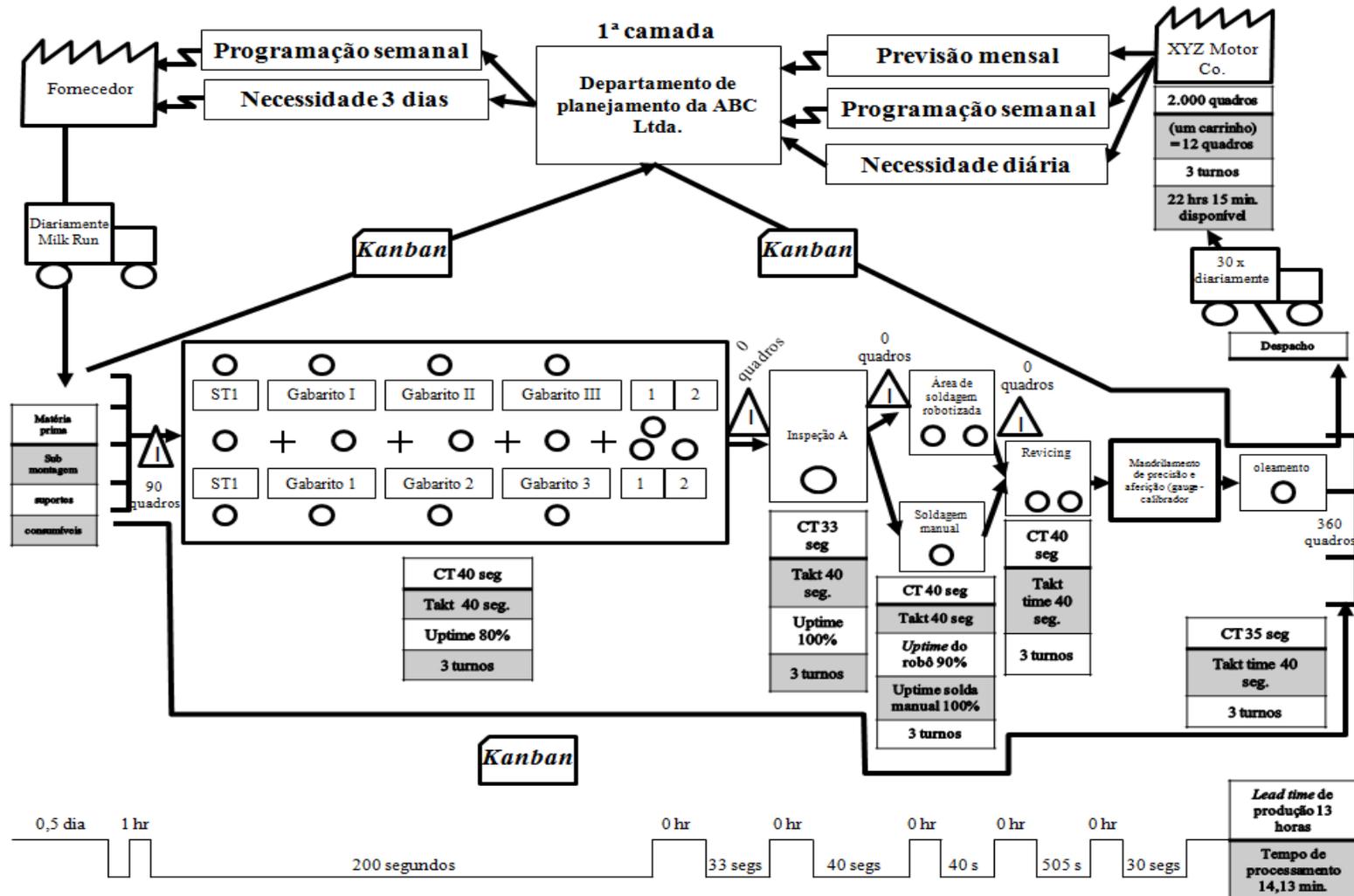
Fonte: Seth e Gupta (2005).

Figura 17: Mapa atual da área de mandrilamento de precisão e calibração.



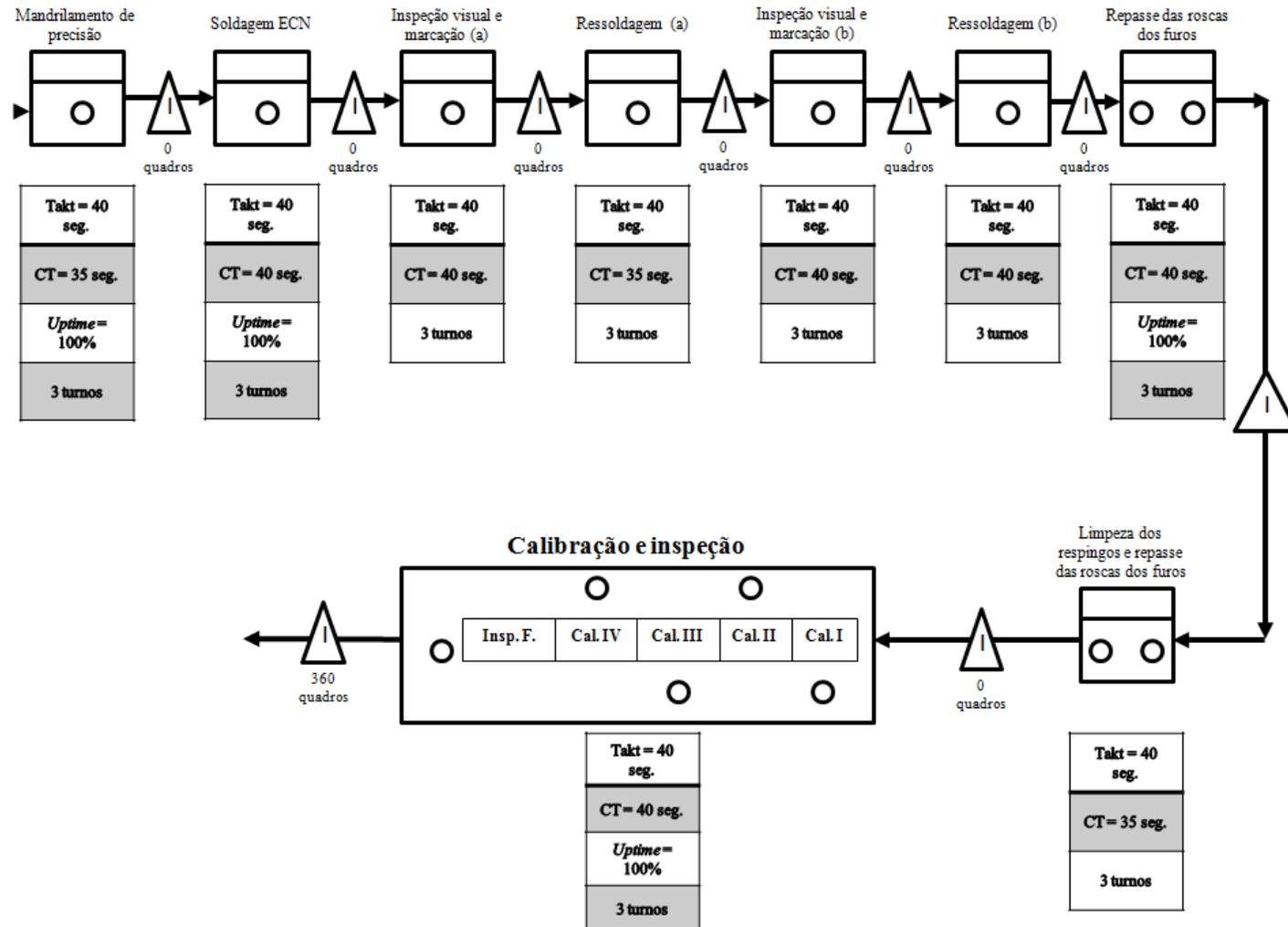
Fonte: Seth e Gupta (2005).

Figura 18: Estado Futuro do site.



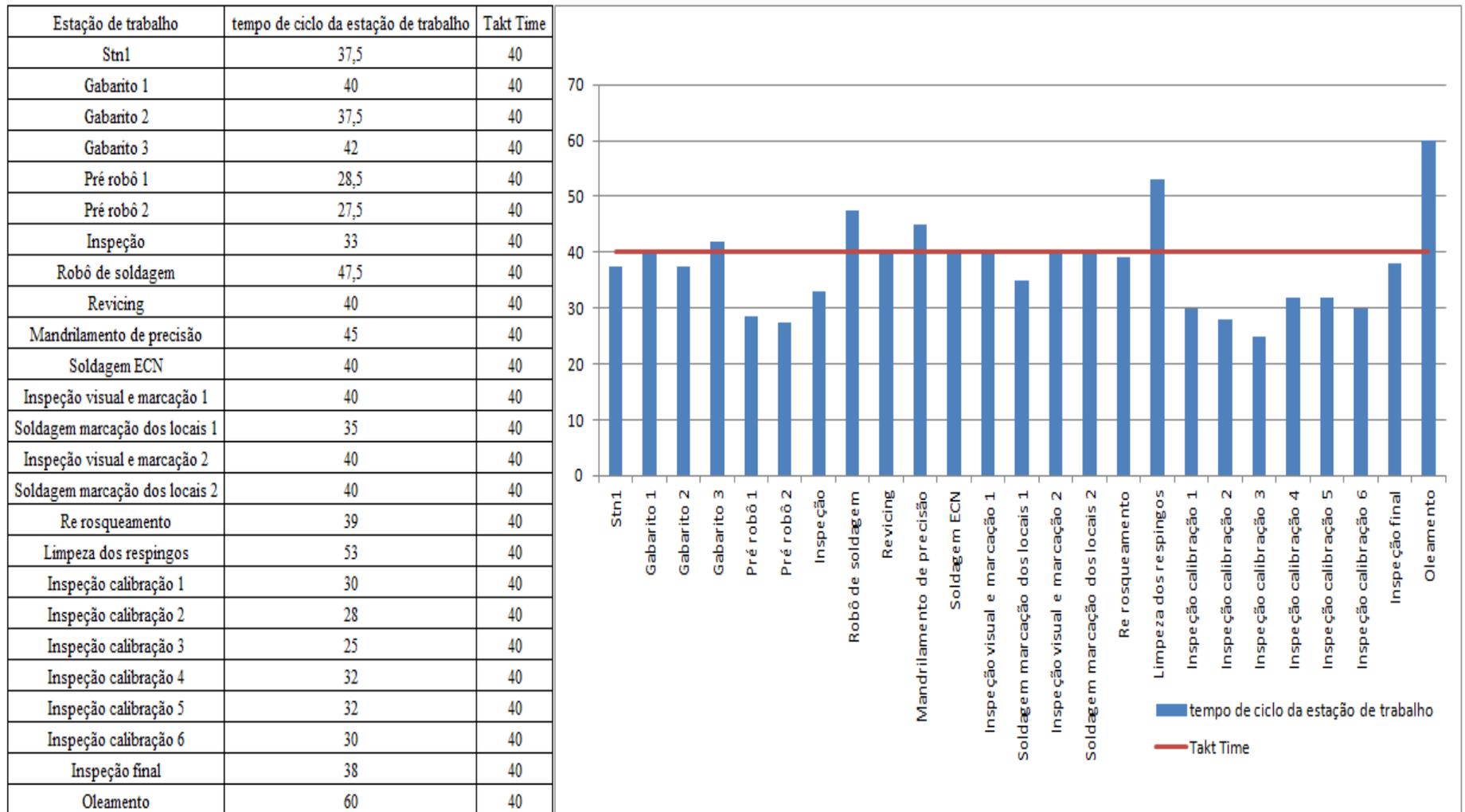
Fonte: Seth e Gupta (2005).

Figura 19: Estado futuro da área de mandrilamento de precisão e calibração.



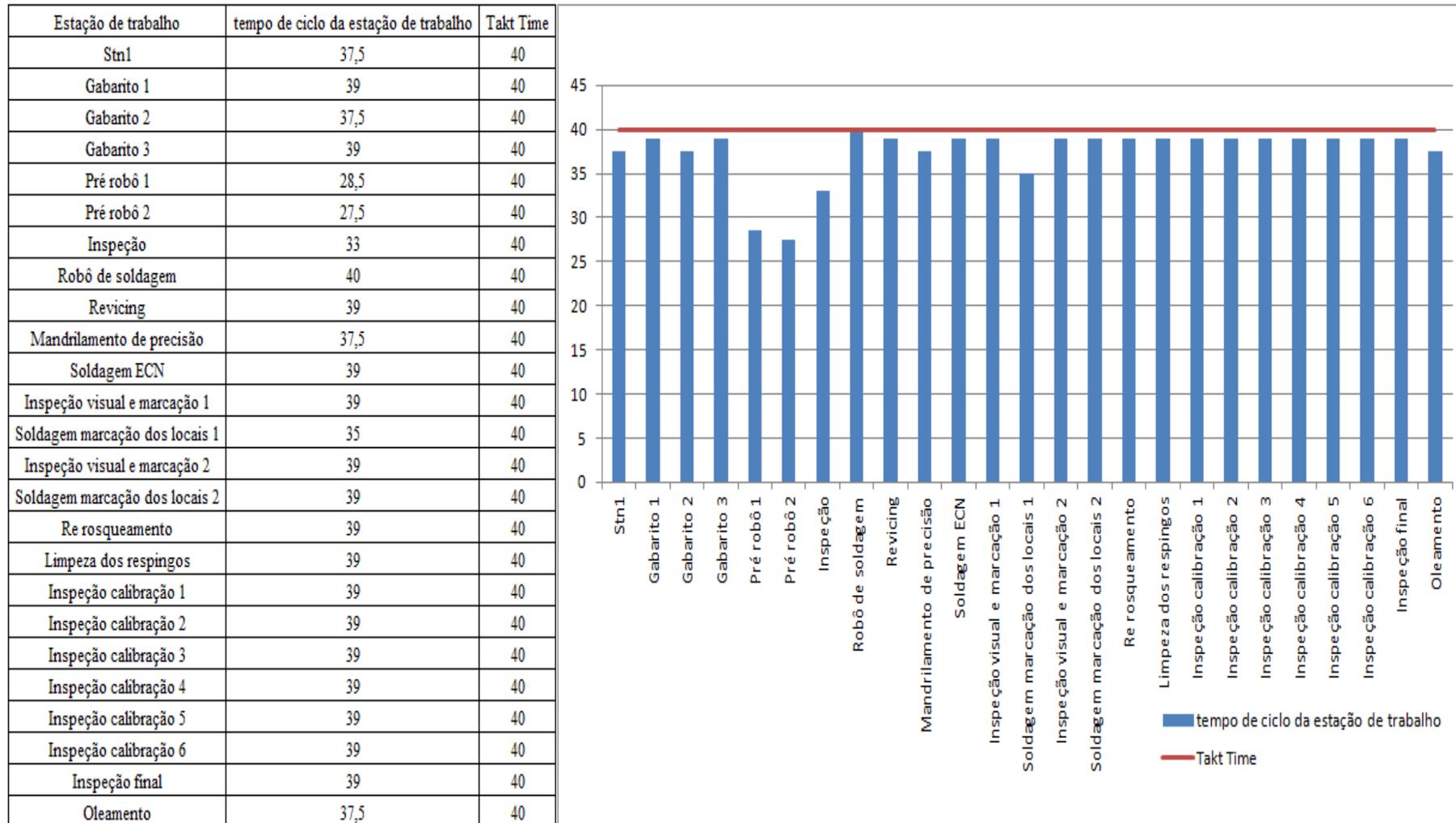
Fonte: Seth e Gupta (2005).

Figura 20: Estado atual da manufatura por comparação entre o *Takt Time* e o tempo da estação.



Fonte: Seth e Gupta (2005).

Figura 21: Estado futuro da manufatura por comparação entre o *Takt Time* e o tempo da estação.



Fonte: Seth e Gupta (2005).

### 3.4.4 Dados típicos do processo que compõem o VSM

Os principais dados típicos do processo que compõem o VSM são:

1. **C/T (*Cycle Time*) Tempo de ciclo** – tempo para processar uma unidade numa etapa do processo;
2. **VA (*Value Added Time*) Tempo de Valor Agregado** – tempo gasto no trabalho e que é transformado em produto de maneira que o cliente torne-se disposto a pagar;
3. **L/T *Lead Time*** – tempo que uma peça leva para percorrer todas as etapas de um processo (ou uma cadeia de valor) do começo ao fim;
4. **S/U (*Set Uptime*)** – tempo de troca – tempo para comutar de um *setup* para outro (tempo desde a última peça boa para a primeira peça boa);
5. **U/T (*Uptime*)** – disponibilidade de máquina – tempo disponível para processar o produto em um dia menos o tempo de parada da máquina não planejada, ou seja, o *Uptime* é o tempo durante o qual um dispositivo está funcionando ou disponível para uso, no caso, para o produto ou família de produto no mapa;
6. ***Downtime*** – indisponibilidade ou ocupação;
7. ***Avail*** – tempo de trabalho disponível – tempo total disponível num dia; turnos por dia x tempo do turno menos paradas;
8. **EPE – *Every Part Every*** – frequência da produção usado como medida do tamanho do lote.

De acordo com Seth, Gupta (2005), deve estar bem claro que o tempo de ciclo conceitualmente se refere à "execução" de um ato ou processo. *Leadtime* refere-se ao "planejamento" de um ato ou processo.

*Takt Time* refere-se à "sincronização" do ritmo de um processo ou ato com o ritmo de outro processo ou ato, às vezes, também conhecida como taxa de saída ou taxa de produção.

Pelos dados de processo descrito é possível calcular a taxa de fluxo do processo, de acordo com a Tabela 11, com os tempos representados na Figura 22.

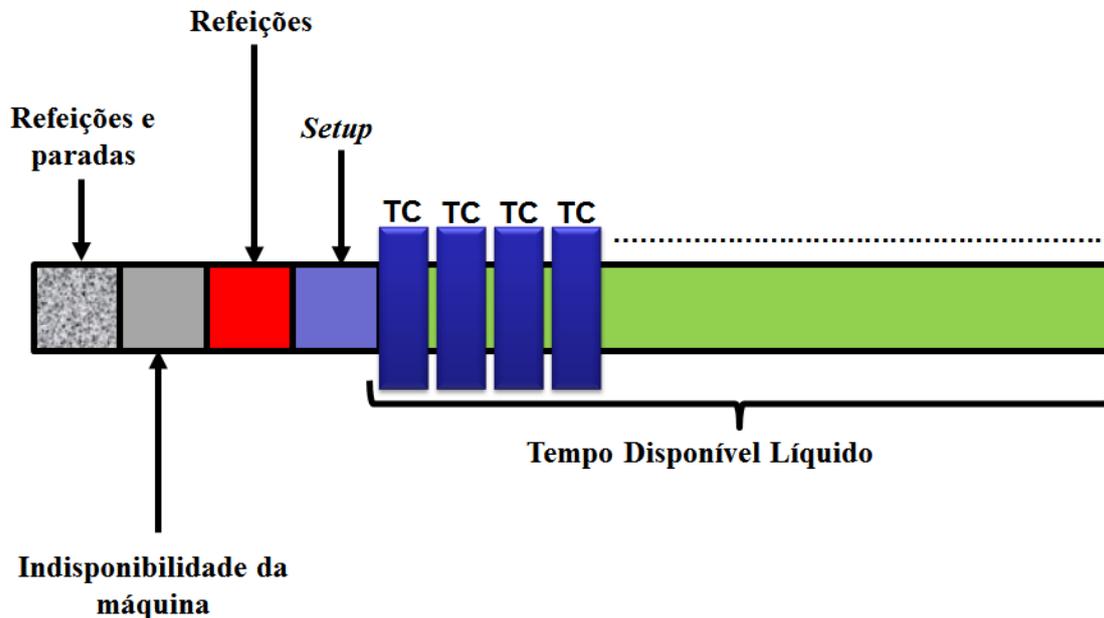
Tabela 11: Taxa de fluxo do processo

Caixa de dados		Informações do processo		Montagem (Box do VSM)
Tempo total disponível	480 min./dia	Um turno de:	8 horas/dia 	
Almoço & paradas	- 60	Setup	15 minutos	
Tempo disponível	420 min./dia	3 S/U	Por dia	
* (uptime %)	* 0,92	Almoço & paradas	60 minutos	
* (1 - refugo %)	* 0,94	Scheduled dt	Zero	C/T = 2 minutos
* (1 - retrabalho %)	* 0,96	uptime	92%	S/U = 15
Tempo Avail líquido	349 min/dia	Refugos	6%	Uptime = 92%
		Retrabalho	4%	Scrap = 6%
		Tempo de ciclo pessoas	2 minutos 17	Rework = 4% Avail = 420
Taxa Bruta de Fluxo = (tempo Avail líquido/tempo de ciclo) = 349 / 2 = 174,5 unidades / dia				
Taxa Líquida de fluxo = (tempo Avail líquido - perdas devido ao S/U) / tempo de ciclo = 304 / 2 = 152				
Este resultado satisfaz a demanda do cliente?				

Fonte: Próprio Autor.

A Figura 22 ilustra a disposição dos tempos relacionados na Tabela 11.

Figura 22: Composição do Tempo (entendimento)



Fonte: Próprio Autor.

Com a complexidade da fabricação e dos negócios crescendo de forma acentuada atualmente, há uma infinidade de diferentes ferramentas e técnicas

desenvolvidas para diferentes fins que, após o uso do VSM na definição de um mapa atual e futuro do processo, ajudam na redução das perdas ou eliminação.

No processo de desenvolvimento do mapeamento é imprescindível, como já mencionado:

1. Coletar informações caminhando junto ao fluxo real de informações e materiais;
2. Comece com uma caminhada rápida por todo o fluxo de valor “porta a porta”;
3. Começar pela expedição final e, em seguida, nos processos anteriores;
4. Não se basear em tempos padrões ou informações que não forem obtidas pessoalmente;
5. Mapear pessoalmente o fluxo completo de valor, mesmo que muitas pessoas estejam envolvidas;
6. Sempre desenhar a mão e a lápis.

O mapeamento do fluxo de valor resulta, além dos dados típicos de processo relacionados, na definição do tempo *Takt*, como já mencionado teoricamente. Por exemplo, a taxa de montagem de uma determinada família de produtos baseia-se na demanda do cliente, buscando sincronizar o ritmo da produção com o de vendas, de acordo com a equação (3.3).

### Equação 3.3

$$\text{TempoTakt} = \frac{\text{TempodeProduçãoDisponível}}{\text{Demandadocliente}} = \frac{460 \text{ minutos}}{460 \text{ peças}} = 1 \text{ min. / peça}$$

A eficiência no ciclo dos processos, *process cycle efficiency* (PCE), é calculada pela divisão do tempo de ciclo do processo (tempo de valor agregado) pelo *lead time* total do processo (com a certeza de estar usando a mesma unidade), de acordo com a Equação 3.4.

**Equação 3.4**

$$\text{Process Cycle time} = 3.707 \text{ segundos}$$

$$\text{Lead time total} = 26,4 \text{ dias} = 2.280.960 \text{ segundos}$$

$$PCE = \frac{3.707}{2.280.960} = 0,002 = 0,2\%$$

O PCE, para muitos processos de manufatura em massa, será tipicamente menor que 1%.

Processos de manufatura *Lean* classe mundial devem ter PCE's em torno de 15% a 25%.

A Toyota tem PCE em torno de 27%. Esses conceitos são desenvolvidos principalmente com dois requisitos: um para entender a interdependência de uma função, departamento ou uma unidade inteira de produção de produtos ou serviços no todo de modo integrado, e outro para capturar uma visão holística sobre uma situação em que ferramentas de controle industrial convencional não ajudam muito.

## **4 METODOLOGIA DE ABASTECIMENTO PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO LEAN MANUFACTURING**

### **4.1 Histórico**

Segundo Liker (2004), *apud* Wee *et al.*, (2009), as três maiores montadoras do setor automobilístico mundial, até o início da década de 1990: *General Motors* (GM), *Ford* e *Chrysler*, todas as três americanas, praticamente dominaram o mercado global durante algumas décadas do século XX.

O autor destaca que, somente na década de 1990, precisamente no ano de 1994, pela primeira vez até então, uma empresa de nacionalidade não americana, a *Toyota Motor Corporation*, avança à frente da *Chrysler* (3ª do *ranking*), a qual além de se tornar uma empresa global, passa a participar do *ranking* das três maiores empresas montadoras do mundo.

Após aproximadamente 9 anos, a *Toyota Motor Corporation* avança à frente da Ford e, a partir do ano 2008, torna-se a maior montadora do mundo à frente da *General Motors* ( BUNKLEY (2009) *apud* WEE *et al.* (2009).

Historicamente a *Toyota Motor Corporation* foi conduzida por uma gestão focada no processo de adequação do seu sistema de produção à realidade econômica do seu país de origem: o Japão, e participou como um dos atores principais da reconstrução, a partir da década de 50, desse país destruído após o término da II Guerra Mundial.

A mudança do sistema de produção da *Toyota Motor Corporation* do início das suas atividades como montadora, baseado no tradicional sistema de produção em massa da *Ford*, para o Sistema Toyota de Produção, como conhecido atualmente, levou aproximadamente 40 anos.

Embora a proposta de simplicidade do sistema de produção proposto pela *Toyota Motor Corporation* tenha tido grande influência do *know-how* adquirido pelos seus fundadores à época da construção de teares mecânicos, quando a principal atividade do grupo era do segmento têxtil, a *Toyota Motor Corporation* inovou e quebrou paradigmas, sendo a principal inovação no campo da gestão da produção a redução do tamanho do lote a ser fabricado.

O resultado atual foi conquistado ao longo de décadas em função da persistência, disciplina e educação (treinamento) dos colaboradores com base nos princípios de gestão da operação que o novo sistema impôs à fábrica.

O primeiro presidente da *Toyota Motor Corporation*, Kiichiro Toyoda, como mostrou o capítulo três, deu início ao projeto e à operação do Sistema Toyota de Produção, partindo do pressuposto de que, como necessidade básica para a sobrevivência da empresa em função da reduzida demanda do mercado interno japonês, era fundamental, na época, direcionar esforços no sentido de manter o fluxo de produção o mais contínuo possível a partir de uma nova concepção do tamanho do lote a ser produzido, ou seja, definir o menor tamanho de lote de produção possível tendendo ao lote unitário com o menor custo da operação.

Tamanho do lote menor significa eliminação das perdas no processo, o que forçou os japoneses à cultura de fazer certo na primeira vez e eliminar todo tipo de desperdícios a fim de garantir que a produção com lotes menores não causasse o risco do não atendimento à demanda.

A necessidade da eliminação das perdas para a adequação do sistema de produção à realidade de produzir componentes e produtos acabados com tamanho de lote cada vez menor acabou por garantir, anos depois, veículos mais baratos para competir com o custo operacional das montadoras norte-americanas.

Cronologicamente, o segundo presidente da *Toyota Motor Corporation*, Eiji Toyoda, foi além de melhorar a produção com redução do tamanho do lote.

Como já exposto, no início da década de 50, após a Segunda Guerra Mundial, a *Toyota Motor Corporation* aprendeu os conceitos de processo contínuo com forte influência no fluxo de produção e consequentemente no fluxo de materiais, dependente da padronização dos processos e dos produtos e da eliminação de todo e qualquer tipo de perda, de acordo com o livro *Today and Tomorrow*, de Henry Ford.

Nas décadas seguintes, a *Toyota Motor Corporation* aprimorou a concepção do seu sistema de produção e acabou por desenvolver um sistema de produção próprio com foco no fluxo de materiais, caracterizando um novo paradigma de produção, o sistema puxado de produção.

O avanço no desenvolvimento desse novo modelo de gestão da produção, de acordo com Wee *et al.* (2009), mudou conceitos e paradigmas, como exposto, e uma nova visão do propósito da manufatura quanto à fabricação de produtos de melhor qualidade e de menor custo tomou conta do ambiente da manufatura.

Contudo, o Sistema Toyota de Produção acabou por direcionar o projeto e a operação de sistemas de produção com ênfase a esse desafio e conduziu a empresa a um novo paradigma que impôs uma nova visão de controle e medição dos indicadores de desempenho que foram criados para atender a essa nova concepção de fábrica.

De acordo com o propósito de eliminar perdas e ter um melhor desempenho do sistema de produção, algumas definições foram relevantes para a mudança de paradigma que a *Toyota Motor Corporation* promoveu. (WEE et al. 2009).

1. **Fazer certo na primeira vez:** A quantidade de unidades dentro das especificações técnicas que um processo possui deve atender às diretrizes de qualidade à primeira vez.
2. **Produção planejada:** executar planos de produção dos produtos certos, no momento certo e na sequência correta.
3. **Tempo de movimentação porta a porta:** o tempo de movimentação porta a porta é o tempo gasto entre o descarregamento das matérias-primas e a liberação dos produtos acabados para expedição.
4. **Overall Equipment Effectiveness – OEE:** é uma medida da disponibilidade, eficiência, desempenho e qualidade dos recursos de manufatura.

5. **Taxa de Valor:** porcentagem de todo o valor adicionado ao produto durante o tempo total de fabricação.

Jones et al. (1997) ressaltam a importância do mapeamento dos momentos de amplificação da demanda para esse tipo de sistema, observando que estudos direcionados ao tema têm suas raízes no trabalho desenvolvido por Forrester e Burbidge, que abordaram o problema com base no escopo de sistemas dinâmicos na década de 50.

A concepção da teoria que aborda o comportamento de sistemas dinâmicos desenvolvida por Jay Forrester passou a ser reconhecida como efeito *Forrester* e foi descrita pela primeira vez em um artigo da *Harvard Business Review*, no ano 1958.

Esse efeito está associado principalmente a atrasos inerentes ao fluxo de produção por problemas de concepção do projeto e da operação dos sistemas de produção, assim como por decisões equivocadas na gestão do fluxo de informação e de materiais.

Já o efeito Burbidge está ligado à Lei da Dinâmica Industrial, e considera que, nas cadeias de abastecimento, o excesso de estoque, o nível de produção acima do necessário, o controle, o acompanhamento do trabalho a ser executado e os planos de capacidade são geralmente considerados como um resultado. Na época e ainda nos dias atuais, essa visão persiste.

Contudo, Burbidge, já na década de 50, afirmou que é provável que, em muitas ocasiões, na operação da fábrica do dia a dia, a manufatura não seja capaz de satisfazer a demanda de varejo, considerando como resultado o exposto no parágrafo anterior, embora sejam, em média, capazes de produzir mais bens do que aqueles que estão sendo vendidos com base neles.

Burbidge expôs que, dentro de uma configuração *Supply Chain*, os fabricantes têm como resultado realmente efetivo na ponta da cadeia a diferença do valor atribuído ao produto na venda e os custos operacionais do processo de atendimento à demanda no todo, sendo que somente é possível assegurar uma diferença maior do valor agregado se promovidas ações para evitar problemas crônicos do fluxo de materiais e de informação quando o mercado impuser limites ao preço de venda do produto.

Quanto a problemas crônicos do fluxo de materiais, ambos os autores abordam a importância de um sistema de abastecimento como atividade de apoio ao

processo de fabricação definido por uma estratégia de manufatura que atenda as exigências do processo de atendimento à demanda, ou seja, o problema abordado persiste há décadas e, caso não seja gerenciado adequadamente, irá afetar o tamanho do lote, considerado no Sistema Toyota de Produção como parâmetro chave para a adequação do volume de produtos a ser fabricado com o volume consumido ou demanda vigente, principalmente nos dias atuais em que a variedade de tipos e modelos de produtos aumentou exponencialmente em alguns casos.

## 4.2 Contexto da Pesquisa

Com base no projeto de pesquisa proposto para o desenvolvimento da presente dissertação, com ênfase no estudo do desempenho de sistemas de manufatura apoiados na concepção do projeto e operação do Sistema Toyota de Produção, foi definido pelo autor e orientador do trabalho o objeto de estudo: a empresa *ZF Sachs* do Brasil, unidade da cidade de Araraquara, localizada no interior do estado de São Paulo.

De acordo com a linha de pesquisa do grupo de pesquisa TIMPROD - Tecnologias de Informação para a Integração da Manufatura, com ênfase na programação da produção, gestão da produção e operações, o primeiro passo da pesquisa foi compreender o fluxo de produção da empresa com identificação do *mix* de produtos fabricados e das restrições e variáveis do processo de fabricação com ênfase no sistema de abastecimento.

Como a empresa objeto do estudo deu início à implantação do sistema de planejamento *Just in time* com o uso do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* no ano 1999, há aproximadamente 13 anos, essa fase do desenvolvimento do presente trabalho permitiu identificar o nível de maturidade da empresa quanto à concepção e operação de um sistema de manufatura enxuto.

Em função desse elevado nível de maturidade, há nos registros de operação do sistema de produção da empresa resultados consagrados do uso da tecnologia de grupo na definição da família de produtos, além da aplicação das técnicas do *Lean Manufacturing* e da concepção do *layout* fundamentada na lógica do sistema de manufatura celular.

Nesse caso, a fase exploratória da pesquisa contou com uma vasta documentação dos processos de fabricação, o que demonstrou o *know-how* da

engenharia de processos da empresa quanto ao controle da operação do sistema de manufatura, mantendo o desempenho da fábrica acima da média das empresas nacionais.

Essa constatação motivou o autor a estudar o sistema de abastecimento atual da empresa antes da aplicação da metodologia proposta a fim de avaliar se ele atendia, à época do início do desenvolvimento do presente trabalho, o fluxo de produção imposto pela manufatura *Lean* no atendimento à demanda, sem onerar o nível do estoque dos componentes e de matérias-primas.

Pelo estudo focado no sistema de abastecimento, foi possível detectar restrições no abastecimento das células de manufatura, minimizadas quando atingido um nível elevado de estoque em processo.

Considerando a necessidade de manter níveis de estoque em processo (*work in process*) e estoque de matéria-primas e componentes reduzidos dentro de limites considerados adequados à necessidade de consumo do sistema de produção com o dimensionamento do fluxo de produção, e conseqüente consumo desses itens, sem onerar o fluxo contínuo de produção que a manufatura *Lean*, se bem projetada, deve garantir, como propósito do presente trabalho está definir e estruturar uma metodologia para o projeto e operação de um sistema de abastecimento para sistemas de manufatura *Lean* em resposta ao de pesquisa.

O autor e o orientador acabaram por definir as palavras chave, descritas a seguir, com o propósito de orientar a busca de referências bibliográficas a respeito do tema.

1. *Methodology supply systems lean manufacturing* (1);
2. *Material flow system lean manufacturing* (2);
3. *Methodology for calculating the sizing supermarket supply system lean manufacturing* (3) e;
4. *Lean Material-Handling System – milk run* (4).

O resultado da busca de referências bibliográficas pelas palavras chave relacionadas é apresentado na Tabela 12.

É relevante enfatizar que estudos dirigidos ao tema *Supply Chain Management* compõem um vasto campo na literatura desde aproximadamente a década de 60.

Há um campo expressivo de *papers* sobre o tema *Supply Chain Management* aumentando significativamente desde a década de 90 em função da globalização e do surgimento do conceito de redes de empresas, redes de cooperação e outras definições abordadas até os dias atuais.

Embora o foco dos trabalhos no tema descrito, sistema de abastecimento, envolva enfaticamente o fluxo de informação e de materiais com base na integração interna à organização e externa entre a empresa e seus parceiros, o controle efetivo dos fluxos, a fim de balancear os níveis de estoques de acordo com a demanda do *mix* de produtos ainda atualmente, permite concluir que há problemas crônicos relacionados ao perfil dos gestores e conseqüentemente à cultura organizacional das empresas que formam as redes ou as cadeias de suprimento, sendo a Tecnologia de Informação, nesse caso, um meio pelo qual o processo de integração é facilitado, embora não garante por si só a adequação do fluxo de materiais de acordo com o consumo.

No entanto, também não é novidade o fato de que o número de técnicas e ferramentas do Sistema Toyota de Produção, assim como técnicas e ferramentas desenvolvidas por décadas independente da manufatura *Lean*, é vasto e, na maioria das vezes, de uso ou aplicação desconhecida por parte dos profissionais que militam na Gestão dos Sistemas de Produção contemporâneos.

A Tabela 12 apresenta os *papers* selecionados e utilizados na construção do texto do capítulo 4, de acordo com as palavras chave definidas, a fim de validar o problema de pesquisa proposto.

Tabela 12: Dados dos periódicos selecionados de acordo com palavras chave definidas.

Palavra chave	Periódico	JCR	Qualis	Título	Autor	Ano	Número de citações	ISSN
(1)	European Journal of Operational Research	1.815	A1	<i>Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach</i>	Ashish Agarwal, Ravi Shankar, M.K. Tiwari	2006	223	0377-2217
(1)	International Journal of Production Research	1.115	B1	<i>Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace</i>	Rachel Mason Jones, Ben Naylor and Denis R. Towill	2000	225	0020-7543
(1)	International Journal of Production Economics	1.760	A1	<i>Designing supply chains: Towards theory development</i>	Mark A. Vonderembse, Mohit Uppal, Samuel H. Huang, John P. Dismukes	2006	171	0925-5273

(1)	International Journal of Computer Integrated Manufacturing	1.071	-----	<i>A lean pull system design analysed by value stream mapping and multiple criteria decision-making</i>	Jiunn-Chenn Lu, Taho Yang & Cheng-Yi Wang	2011	05	0951-192X
(1)	WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS and CONTROL	-----	B3	<i>Transformation of a production/assembly washing machine lines into a Lean Manufacturing System</i>	E. Romano, L.C. Santillo, P. Zoppoli	2009	04	1991-8763
(2)	Assembly Automation	0.584	-----	<i>Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study (BOSCH)</i>	Rosario Domingo Roberto Alvarez and Marta Melodia Penã Roque Calvo	2007	21	0144-5154
(2)	Supply Chain Management	-----	A2	<i>Supply chain migration from lean and functional to agile and customised</i>	Martin Christopher, Denis R. Towill	2000	394	1359-8546
(2)	International Journal of Production Research	1.760	A1	<i>Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A</i>	Fawaz A. Abdulmalek, Jayant Rajgopal	2007	180	0925-5273
(3)	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	-----	-----	<i>Lean logistics</i>	Daniel T. Jones, Peter Hines, Nick Rich	1997	162	0960-0035
(3)	Supply Chain Management	-----	A2	<i>Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company</i>	H.M. Wee Simon Wu	2009	18	1359-8546

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 13 apresenta os trabalhos de conclusão de curso selecionados de acordo com as palavras chave definidas.

É importante ressaltar que a Universidade do Porto, em Portugal, foi a que mais se destacou na abordagem do tema proposto, com estudos direcionados a um sistema de manufatura *Lean* da empresa *Bosch*, referência mundial do tema estudado.

É fato também que um dos pilares da adequação dos fluxos de informação e de materiais é a padronização, não somente dos processos de fabricação quanto à execução desses processos, mas também da padronização dos produtos e dos procedimentos a serem realizados na elaboração dos planos de produção, planos de capacidade e controle do que está sendo executado, o que nem sempre se encontra sistematizado nas indústrias.

Tabela 13: Dados das publicações da Universidade do Porto a partir das palavras chaves definidas.

Palavra chave	Título	Autor	Ano
(2)	<i>OEE System &amp; Milk Run - PCBA Bosch Security Systems Sistemas de Segurança S.A. (BOSCH)</i>	Pedro Miguel Gonçalves dos Reis	2006
(2)	<i>Desenvolvimento de um Modelo para Implementação de um Sistema de Produção Lean</i>	Joana Bettencourt Nascimento	2009

Fonte: Próprio autor.

O propósito do presente trabalho no seu início de desenvolvimento, na fase de elaboração do projeto de pesquisa, foi avaliar o processo de abastecimento atual da empresa na época a fim de diagnosticar se o ele atendia o fluxo de produção de um sistema de manufatura *Lean*, já em fase de desenvolvimento avançado, com o propósito de propor melhorias e definir as etapas a serem seguidas no projeto de sistemas de abastecimento para esse tipo de ambiente de manufatura.

### 4.3 Manufatura *Lean*, *Agile*, *Leagile* e Fluxo de Materiais

Liker (2004), *apud* Nascimento (2006), define desperdícios (“*muda*”, em japonês) como todos os elementos da produção que aumentam os custos sem agregar valor ao produto acabado e avança na abordagem de que esse tipo de desperdício surge quando um processo fica impedido de ser executado pelo operador em função da interrupção do funcionamento dos equipamentos por avaria ou por manutenção, assim como pela espera dos materiais necessários.

O autor considera ainda que desperdício se desdobra além de perdas tangíveis, como a perda de material em processamento ou retrabalho de componentes, enfatizando que há casos em que trabalhadores servem apenas para controlar máquinas CNC, ou aguardam o *setup* dos equipamentos e máquinas, permanecendo ociosos na maior parte do tempo disponível para a produção.

Segundo o autor, o transporte de material também é uma atividade que não acrescenta valor, sendo, por isso, um desperdício que deve ser minimizado, principalmente nos casos em que o transporte pode representar 45% do tempo total de

fabricação do produto. A eliminação ou a redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução dos custos.

As melhorias mais significativas em termos de redução de desperdício por transporte obtêm-se meio de alterações de *layout*, que devem eliminar ou reduzir as movimentações dos materiais na empresa. (Liker (2004) *apud* Nascimento, 2006).

Para Christopher (2000), *apud* Agarwal et al. (2006), manufatura ágil pode ser considerada, de acordo com a definição de agilidade, como um sistema de manufatura capaz de garantir a capacidade da organização a qual pertence em responder rapidamente às mudanças de demanda, tanto em termos de volume quanto em termos de variedade dos produtos fabricados e fornecidos por ela.

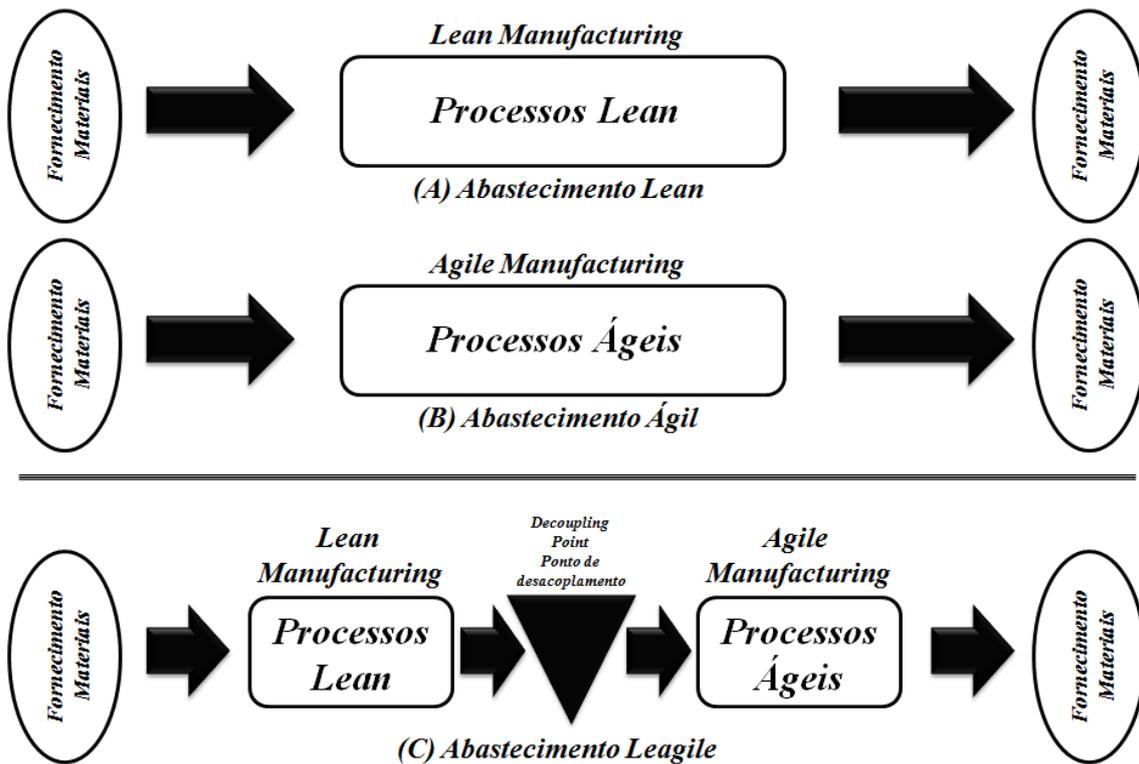
Segundo Agarwal et al. (2006), a agilidade é resultado do controle entre outros fatores, assim como das variáveis que influenciam o *Lead-time* como uma métrica fundamental para a manufatura ágil. Nesse contexto, *Lead-time* indica o intervalo do tempo de resposta da manufatura compreendido entre a sinalização ou solicitação da demanda pelo cliente ou mercado e o recebimento do produto como resultado da escolha do consumidor em mãos.

Christopher e Towill (2000) definem agilidade como a capacidade de uma indústria de manufatura de integrar a sua estrutura organizacional de modo a garantir o menor tempo de resposta às solicitações do mercado com um amplo plano de ações com foco nos sistemas de informação e processos logísticos internos e externos ao ambiente fabril da empresa e, em particular, do comprometimento da organização com a excelência dos seus processos de negócio. Segundo os autores, uma característica fundamental para uma organização ser considerada ágil é a flexibilidade dos seus processos de manufatura.

Mason Jones et al. (2000) definem que, basicamente, o conceito de manufatura ágil é válido e desafiador onde a demanda é volátil e o conceito de manufatura enxuta em sistemas de manufatura, onde há uma demanda estável.

No entanto, de acordo com a literatura, há situações em que é aconselhável a utilização de um paradigma de manufatura diferente, que deve considerar um fluxo de produção com ponto de desacoplamento para permitir adequar a estratégia de abastecimento. Esta abordagem é definida como Paradigma *Leagile*, como mostra a Figura 23.

Figura 23: Sistema de Abastecimento *Lean*, *Agile* e *Leagile*.



Sistema de Abastecimento *Lean*, *Agile* e *Leagile*

Fonte: Maison et al (2000).

Maison-Jones et al. (2000) mencionam que, apesar de o cenário competitivo do mundo contemporâneo apresentar diferentes tipos de incerteza que afetam o desempenho da manufatura enxuta, há paradigmas, definidos na literatura por *Agile Manufacturing* e *Lean Manufacturing*, que buscam minimizar o efeito chicote que a variação da demanda pode induzir no fluxo de materiais das cadeias de suprimentos, prejudicial ao sistema de atendimento à demanda, e que busca resolver o problema a partir de uma mesma abordagem.

Os autores ressaltam que, nesse processo, não importa qual paradigma é adotado. A incerteza da demanda é induzida pelo contexto de mercado que as empresas enfrentam a cada momento, no que o desenvolvimento de novas tecnologias de processo e de novos produtos ocorre a uma velocidade cada vez maior no mundo moderno.

Ainda, Maison-Jones et al. (2000) avaliam que é essencial que a incerteza seja reduzida para assegurar que a possibilidade de desempenho com a implementação de uma estratégia particular de manufatura possa ser plenamente alcançada.

Contudo, os autores mencionam que a redução ou minimização da incerteza é facilitada pela engenharia do sistema de abastecimento a ser estudado e desenvolvido

para esse fim, desde que projetado com base nas boas práticas de gestão do fluxo de materiais.

Nesse contexto, é fato que custo e qualidade se desdobram em estratégias competitivas importantes da cadeia de suprimento enxuta, assim como o *Lead Time* é uma estratégia competitiva importante para a cadeia de suprimento ágil quando abordado a pontualidade de entrega e o nível de serviço é uma estratégia competitiva importante na cadeia de fornecimento *Leagile*.

A fim de analisar a influência combinada de quatro determinantes das estratégias competitivas das organizações desde o processo de abastecimento da cadeia e medir o desempenho do sistema com base na seleção dos três paradigmas alternativos, *Lean*, *Agile* e *Leagile*, a literatura propõe um único índice ponderado a ser calculado e que pode priorizar as três alternativas.

Esse índice ponderado também deve identificar a influência das estratégias competitivas e os facilitadores no processo de definição de qual paradigma seguir.

Agarwal et al. (2006) afirmam que há quatro objetivos principais que um fluxo de valor no escopo das cadeias de suprimentos *Lean*, *Agile* e *Leagile* busca alcançar:

1. Redução do *Lead Time*,
2. Redução do custo operacional,
3. Gestão eficiente da qualidade e,
4. Gestão eficiente do nível de serviço.

Segundo os autores, quando o objetivo principal é reduzir o *Lead Time*, os índices de desempenho desejados são mais modestos para a manufatura enxuta do que para a manufatura ágil. Quando a estratégia é minimizar os custos e melhorar a qualidade, os índices de desempenho da manufatura *Agile* são mais audaciosos.

Nesse contexto qualquer esforço para melhorar o nível de serviço na manufatura *Leagile* busca indicadores de desempenho acima do normalmente desejado na manufatura *Agile*.

Segundo Vonderembse et al. (2002), uma cadeia de suprimentos enxuta direciona seus esforços de melhoria contínua na eliminação de desperdícios, rompendo obstáculos para a superação quanto às restrições de se tornar uma manufatura *Agile*.

Esse processo é apoiado por ações que buscam atingir a eficiência de fabricação no ambiente interno de manufatura, o que deve permitir a produção de pequenos lotes de componentes e produtos acabados a serem fabricados reduzindo os custos operacionais com aumento de rentabilidade e flexibilidade da fábrica.

Segundo os autores, a redução dos tempos de *setup* acaba por apoiar o aumento da flexibilidade dos processos, mas uma cadeia de suprimentos *Lean* pode restringir a capacidade de resposta às demandas dos clientes externos, podendo exigir maior flexibilidade também no projeto do produto, planejamento e controle da produção.

Já a cadeia de suprimentos ágil, de acordo com Vonderembse et al. (2002), dá ênfase à interface entre as empresas e os mercados consumidores de uma perspectiva externa sobre a flexibilidade.

Somente pode-se considerar que a concepção de uma manufatura ágil foi bem sucedida quando seu sistema de produção é capaz de responder às rápidas mudanças que o mercado consumidor induz, e o sistema de abastecimento é um ator fundamental nesse processo. Contudo, a manufatura ágil no contexto de cadeias de suprimento ágeis deve se concentrar na busca de respostas quase que em tempo real às mudanças do mercado que, muitas vezes, são imprevisíveis e deve capitalizar os resultados esperados através de entrega rápida dos produtos com redução do *Lead-time* e da flexibilidade dos processos de fabricação.

Implantar novas tecnologias, métodos, ferramentas e técnicas para resolver problemas inesperados é um aprendizado, e o *know-how* adquirido ao longo do tempo torna-se a mola propulsora do avanço das melhorias a serem alcançadas. Towill (1999), *apud* Maison-Jones et al. (2000), propõe a adoção de regras relacionadas à operação dos sistemas de abastecimento que direcionam a concepção deles com a simplificação e a racionalização do fluxo de materiais.

Towill (1999) considerou, para a concepção do conjunto de regras proposto por ele os resultados obtidos com estudo envolvendo simulação de cenários com experiências industriais e observações que ele desenvolveu na década de 90.

Esse fato demonstra que, mesmo tendo publicado seus resultados obtidos mais de 20 anos atrás, os problemas de abastecimento, na grande maioria dos sistemas de manufatura, ainda persistem em função da falta do entendimento correto dos fluxos de materiais e de informação atuais, além da adequação dos mesmos quanto à operação e o controle dos sistemas de manufatura e de abastecimento.

Como mencionado, esses sistemas são concebidos, na maioria dos casos, sem um entendimento correto da operação e do controle desses sistemas por parte dos gestores, e da complexidade desses sistemas que aumenta exponencialmente a cada ano em função da diversidade do *mix* de produtos e das inovações tecnológicas dos produtos e dos processos de fabricação.

As regras propostas por Towill tem origem em dois pontos críticos (1) e (2), descritos a seguir, e são abordados com o propósito de orientar o direcionamento que deve ser dado ao projeto e operação dos sistemas de abastecimento que devem atender às necessidades dos sistemas de manufatura *Lean*.

(1) **Seleção de Sistemas de Apoio à Decisão:** deve garantir dados precisos e confiáveis dos tempos relacionados ao processo de abastecimento, fabricação e distribuição e operações, considerando como um dos meios de se alcançar excelência no abastecimento a concepção do fluxo de informação de alta qualidade e, em seguida, um bom nível de controle dos processos que, na maioria dos casos, exige sistemas de informação robustos sem perder a simplicidade.

(2) **Redução do número de itens relacionados ao fluxo de materiais e de informação a partir da padronização e da eliminação de redundâncias no banco de dados do sistema:** esse tipo de redução é competência da engenharia de processos após o aporte tecnológico dos produtos e dos processos de fabricação que a organização possui, além do *know-how* adquirido pelos profissionais responsáveis pelo processo, exigindo ações de correção principalmente no ambiente interno da manufatura.

Há, contudo, de se considerar que as regras propostas a seguir foram apresentadas por Towill há mais de 20 anos e que ainda atendem as necessidades dos sistemas de manufatura atuais quanto à operação dos sistemas de abastecimento de materiais na manufatura *Lean*.

**Regra 1** Apenas fazer produtos que o sistema pode rapidamente enviar e faturar aos clientes.

**Regra 2** Apenas fazer, em um período específico, componentes necessários para a montagem dos produtos acabados no próximo período.

**Regra 3** Minimizar o tempo de produção dos materiais, ou seja, reduzir todos os tempos de processo, movimentação e armazenagem que, somados, definem o *Lead Time* de entrega.

**Regra 4** Usar o menor período de planejamento, ou seja, reduzir a quantidade de componentes e de produtos acabados a serem fabricados ou montados de modo que a operação do sistema de produção possa ser gerenciada eficientemente.

**Regra 5** Somente aceitar entregas dos fornecedores em pequenos lotes ou o menor lote possível de acordo com as particularidades de fabricação e abastecimento, assim como somente quando necessário para o processamento ou montagem de seus produtos.

**Regra 6** Sincronizar os pulmões (*buffers*) de tempo por todo o processo de abastecimento interno ou externo à manufatura.

**Regra 7** Constituir grupos de família de produtos de acordo com a similaridade dos processos de fabricação utilizados de modo apropriado para cada fluxo de valor da fábrica de acordo com a sequência lógica dos roteiros de fabricação.

**Regra 8** Eliminar todas as incertezas do processo de fabricação.

**Regra 9** Elaborar os documentos do processo de fabricação de acordo com as instruções de trabalho e fluxos de processo e de informação que devem ser os mais precisos e atuais, e todos os envolvidos no processo devem entender o conteúdo dos documentos que devem ser elaborados de modo simples e com alta visibilidade, de modo que todos enxerguem o fluxo e entendam a sistemática de abastecimento adotada pela empresa conforme escopo do sistema de abastecimento adotado.

**Regra 10** Simplificar e tornar altamente visíveis todas as informações dos fluxos, tanto de materiais, quanto de processo e de informação.

Fazer uso da **regra 10** apenas a partir da aprovação, implantação e uso do Sistema de Apoio à Decisão definido do modo o mais simples possível e em pleno funcionamento, não esquecendo da simplicidade mais uma vez, embora o sistema deva ser robusto de acordo com a complexidade do sistema de manufatura.

**Regra 11** O alvo dos processos de negócios é manter o fluxo de abastecimento contínuo, ou seja, todos os parceiros internos e externos devem pensar e agir como uma única empresa.

De acordo com o exposto, é fato que a soma dos tempos relacionados no fluxo de materiais, e que totaliza o *lead-time* total relacionado ao atendimento à demanda, pode aumentar demasiadamente o tempo de resposta do sistema de produção à necessidade de produtos acabados do mercado, reduzindo a competitividade e a flexibilidade do sistema de manufatura significativamente.

Desse modo, a prioridade do paradigma *Leagile* no contexto da cadeia de suprimento é a redução do tempo de resposta com a agilidade do sistema, a qual deve ser alcançada por um sistema de manufatura enxuto que deve garantir, aos gestores dos processos, a compreensão da operação do sistema como concebido, cujo controle deve dar aos mesmos maior visibilidade de todo o processo, envolvendo não somente o processo de fabricação em si, mas também e, de igual importância, o fluxo de materiais, que é dependente do desempenho do sistema de abastecimento existente.

A combinação dos paradigmas da manufatura *Agile* e da manufatura *Lean* indica que uma avaliação prévia do comportamento da demanda por produto acabado deve ser considerada, uma vez que a agilidade é necessária em ambientes menos previsíveis, onde a demanda é volátil e a exigência da variedade de produtos é elevada (LEE, 1995 *apud* MASON-JONES, 2000).

É importante ressaltar que foi definido com dados da literatura que a manufatura enxuta ou o *Lean Manufacturing* funciona melhor com sistemas de produção que produzem alto volume, baixa variedade de produtos e ambientes nos quais a demanda é previsível.

Casos em que os dois paradigmas persistem podem induzir o projeto e a operação dos sistemas de produção à adoção do paradigma de manufatura *Leagile*, que é a combinação do paradigma enxuto e ágil dentro de uma estratégia da cadeia de suprimentos apoiada no ponto de desacoplamento.

Desse modo, a melhor forma de se adequar a necessidade de responder as necessidades dos materiais fornecidos à jusante (*downstream*), rio abaixo do fluxo de produção, pode decidir por o sistema buscar atender a uma demanda que pode se comportar de modo volátil e este, anteriormente ao ponto de desacoplamento, por conveniência ou estratégia de manufatura mais adequada, buscar manter o equilíbrio ou um fluxo dos materiais balanceado e contínuo com uma programação da produção mais equilibrada, ou seja, a montante (*upstream*), rio acima (NAYLOR et al. 1999, *apud* MAISON-JONES et al. 2000).

Os critérios e atributos que são usados na concepção de um sistema de abastecimento adequado à operação de um sistema de manufatura *Lean* são requisitos de desempenho do sistema no atendimento à demanda e devem, portanto, considerar o paradigma adotado pela empresa na operação do seu sistema de manufatura.

O sistema de abastecimento deve ser capaz de avaliar, a cada instante da operação do sistema, tanto qualitativamente quanto quantitativamente, o desempenho no atendimento à demanda como um meio pelo qual o fluxo de produção pode alcançar os resultados desejados, não somente quanto à produção ou montagem do produto acabado, mas também dos componentes e matérias-primas com o mínimo do nível de estoque apontado, sem onerar ou prejudicar o fluxo contínuo do processo de fabricação. Dependendo do sistema, o ponto de desacoplamento pode atuar como um amortecedor das incertezas de demanda na redução do impacto na resposta da manufatura ao atendimento a essa mesma demanda.

É pertinente, desse modo, definir as prioridades do sistema e as restrições na operação que podem influenciar o desempenho do sistema de abastecimento nesse contexto, além evidentemente do comportamento da demanda.

É fato que o autor do presente trabalho não tem a pretensão de abordar todas as particularidades de um sistema de abastecimento usando uma metodologia de desenvolvimento de um sistema de abastecimento proposta no presente trabalho, mas alertar a comunidade acadêmica e os profissionais militantes na área quanto à complexidade do tema e a necessidade de se estruturar uma sequência lógica sistematizada da concepção desse tipo de sistema.

#### 4.4 Sistemas de Abastecimento Aplicados à Manufatura *Lean* (*Insight*)

Há na literatura inúmeros trabalhos publicados recentemente abordando a aplicação do mapa do fluxo de valor em ambientes de manufatura, similares aos estudos direcionados às cadeias de suprimentos, como destacado no início deste capítulo, com o propósito de apoiar a eliminação dos desperdícios com base no sistema de produção *Lean Manufacturing*.

Ao mesmo tempo em que os *papers* encontrados enfatizam o ganho no fluxo de produção após a aplicação da técnica de planejamento do *Lean Manufacturing* mapeamento do fluxo de valor, eles destacam a importância da concepção de um sistema de abastecimento que atenda as condições de operação de fluxo contínuo que o sistema requer sem onerar os níveis de estoques dos supermercados de componentes e matérias-primas responsáveis pelo contínuo abastecimento da produção.

Os resultados a serem alcançados considerados o fluxo de abastecimento de materiais balanceado e o fluxo contínuo de produção também balanceado, quando em operação, refletem a maturidade do sistema e a sua real similaridade com o modelo ideal proposto de acordo com o Sistema Toyota de Produção, se concebidos de modo adequado.

Quanto à medição dos resultados a serem alcançados, segundo Soriano-Meier e Forrester (2002), apud Domingo (2007), as empresas de manufatura normalmente medem os resultados do sistema desde os indicadores definidos com base em métricas do sistema *Lean* relacionadas ao comprometimento dos seus colaboradores com a produção enxuta. Trata-se de um sistema de medição definido no modelo oriundo da gestão da qualidade total (TQM) e de acordo com o escopo da estratégia de planejamento *Just in Time*.

Domingo (2007) ressalta que há um equívoco no contexto da visão apontada por Soriano-Meier e Forrester quanto à forma como as empresas medem o comprometimento dos seus colaboradores considerando os resultados da produção enxuta, no que diz respeito à precisão do sistema de medição.

Segundo esse autor, a gestão enxuta de um sistema de produção é uma tarefa complexa e não pode ser avaliada apenas com base no modelo de gestão da qualidade total (TQM) e da estratégia de planejamento *Just in Time*.

Domingo (2007) justifica que sistemas de Manufatura enxuta, de acordo com a concepção original desse sistema na Toyota, pós II Guerra Mundial, foram projetados para atender à demanda estável como definido anteriormente de manufatura *Lean*, o que atualmente, na grande maioria das indústrias não ocorre e, portanto, algum grau de flexibilidade passa a ser desejado ou, em alguns casos, imprescindível para lidar com as incertezas, podendo ser preciso, para coordenar as ordens de produção desses sistemas, a inclusão de um número variável de cartões *Kanbans* no sistema e não fixo, ou seja, há de se definir um limite de variação conforme critérios e políticas de dimensionamento do número de cartões compatível com a demanda por produto e avaliar o impacto da variável número de cartões *kanban* no sistema de abastecimento.

O autor afirma que, caso contrário, o baixo desempenho do sistema não pode ser justificado pelo não comprometimento dos colaboradores com a manufatura enxuta e sim por distorções no dimensionamento do fluxo de materiais em função das incertezas de demanda e falta de flexibilidade do sistema.

No caso, o desempenho do sistema *Lean Manufacturing* vai além do comprometimento das pessoas, dependendo muito mais da compreensão do comportamento da demanda pelos responsáveis pelo projeto e operação do sistema de manufatura proposto, entendimento esse que deve ser compartilhado.

Essa concepção sistêmica do projeto do sistema de manufatura *Lean* deve suportar as incertezas de demanda com um determinado nível de flexibilidade, de modo que, entre outras decisões relacionadas ao tema, seja perfeitamente possível minimizar ou eliminar as restrições de desempenho com o número variável de cartões *kanbans*, por exemplo.

Segundo o autor, as linhas de montagem contam normalmente com áreas dedicadas ao processo de montagem enxuto do produto acabado com espaço adicional dedicado ao estoque de componentes, na maioria dos casos, perdendo o controle quanto à acuracidade dos níveis do estoque e o seu dimensionamento ideal tanto no escopo do projeto quanto na operação em si, as quais, dependendo da complexidade e das falhas no entendimento ou compreensão do comportamento da demanda, podem apresentar diferenças acima do esperado entre o nível de estoque projetado e o nível de estoque real durante a operação.

É comum, quando não projetado devidamente, sistemas de manufatura *Lean* apresentarem elevados níveis de estoque de matéria-primas e componentes.

A falta de acuracidade implica em manter quantidades insuficientes para alguns componentes e quantidades em excesso para outros, o que pode ser um agravante quando a decisão de operar com número de cartões variável passa a vigorar.

De acordo com o exposto, também é fato que o principal problema associado com o abastecimento desses componentes é o espaço físico limitado, com alto volume de componentes a serem armazenados e movimentados, tornando ainda mais crítico com o número variável de cartões *kanban*.

A fim de resolver ou minimizar os problemas relacionados ao abastecimento dos sistemas de manufatura *Lean*, esforços são direcionados à configuração do *layout* de produção com base em uma lógica do fluxo de materiais coerente com os processos de fabricação e de acordo com a similaridade do roteiro de fabricação desde o conceito de família de produtos, ou seja, a busca por padronização como um dos pilares do Sistema Toyota de Produção.

Todo o esforço deve ser conduzido de modo que o resultado final não venha a significar que a quantidade de componentes estocados no local de trabalho não cobre a necessidade diária de produção, promovendo a falta de componentes e a interrupção do fluxo contínuo de produção ou, ao contrário, excesso de estoque.

Moura (2010) enfatiza que é importante nesse processo adequar a frequência do abastecimento dos supermercados no sistema de manufatura *Lean* conforme o pressuposto de que há de se substituir o material que foi consumido em intervalos de tempo convenientes para manter a linha de montagem em execução sem onerar o espaço físico disponível, mantendo o nível de estoque compatível com a taxa de consumo.

Womack e Jones (1996) afirmam que o processo de melhoramento contínuo de produção sincronizada, com o *Lean Manufacturing*, acaba por requerer que os problemas com o transporte interno de materiais para as estações de trabalho de montagem e com a coleta e estoque de produto acabado que o sistema acaba por induzir devem ser resolvidos com a concepção correta do sistema de abastecimento, o que não representa uma tarefa simples para sistemas complexos, entendendo-se nesse texto, que a complexidade é função do elevado número de itens do *mix* de produtos a serem fabricados pelo sistema de produção.

Shah e Ward (2003) apontam para o fato de que o fluxo de materiais interno, ou a logística interna e a logística de produção, a partir de cada estação de trabalho, tem seu resultado operacional dependente das condições da produção e das

características particulares de cada local de trabalho, ou seja, não há um modelo de sistema de abastecimento pronto para todo tipo de sistema de produção. O que pode ser proposto é uma metodologia comum, com o delineamento de procedimentos e etapas que devem ser cumpridos com o desdobramento particular a cada sistema de produção e que devem ser adequados ao seu sistema de abastecimento, que deve ser customizado para cada caso em particular.

Há de se pensar, no entanto, que as necessidades imediatas para a concepção de um sistema de manufatura *Lean* apontam para a solução de problemas que se relacionam a um fluxo de produção contínuo, balanceado e sincronizado que deve resultar em um ciclo de tempo de produção mais reduzido.

Para isso, nessa fase, a flexibilidade dos roteiros de fabricação é um fator chave. A flexibilidade dos roteiros de fabricação, segundo Sethi e Sethi (1990), é a habilidade do sistema de produção de produzir um componente por alternativas disponíveis através da sequência lógica de fabricação do componente, de acordo com as prováveis rotas de movimentação de materiais do sistema de produção e de abastecimento.

Desde o atendimento às necessidades mencionadas, encontra-se a definição das rotas de movimentação e do manuseio dos materiais consumidos pelo sistema de produção, o que de acordo com Lejtman et al. (2002), apud Domingo (2007), requer que o desenho ou a definição dos fluxos relacionados às rotas de movimentação sejam avaliados com base no volume total de componentes que devem ser abastecidos e consumidos de acordo com a taxa de consumo prevista pelo sistema de produção.

No caso, a taxa de consumo deve ser balanceada com a demanda por produto acabado de acordo com as operações de fabricação a serem executadas em um determinado *layout* de produção com um fluxo de materiais eficiente, ou seja, nível de estoque dimensionado de acordo com o estritamente necessário e que permite ajustes de fluxo de materiais de acordo com as variações de demanda dentro de limites considerados aceitáveis no escopo do dimensionamento do sistema de abastecimento.

Uma particularidade da manufatura enxuta quanto à importância do sistema de movimentação, manuseio e armazenagem de materiais, definido como sistema de abastecimento é, sobretudo, contribuir para um fluxo de materiais sincronizado e enxuto.

Embora ainda de modo incipiente, há autores estudando esse tipo de problema e, nesse caso, constam da literatura disponível *papers* relacionados com o

problema de definição das rotas que um sistema de abastecimento deve atender, assim como soluções matemáticas específicas, em alguns casos, a partir de heurísticas desenvolvidas com esse propósito.

Mas, segundo Domingo (2007), são poucos os trabalhos que abordam a avaliação da flexibilidade das rotas dos sistemas de abastecimento, modelos de dimensionamento das rotas de transporte e a possibilidade do uso de sistemas *Milk Run (M.R)* como o princípio para o sistema de abastecimento funcionar adequadamente no ambiente interno das fábricas *Lean*.

A literatura encontrada sugere que a solução para o problema é um sistema de abastecimento estabelecido em toda a linha de produção, com um calendário fixo de abastecimento e recolhimento das embalagens vazias conforme uma rota de movimentação do abastecedor definida.

A ideia é, a partir de horários predefinidos, retirar as embalagens vazias e recolocar outras já abastecidas, sendo as vazias retiradas ser repostas no próximo abastecimento, de acordo com a escala de horário definida no sistema.

#### **4.4.1 Fluxo contínuo de produção**

De acordo com a literatura, serão abordados tópicos específicos a serem considerados na definição ou construção de um sistema de abastecimento.

Abdulmalek e Rajgopal (2007) apontam para o fato de que o sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban*, na operação dos supermercados, atende as regras padrão de um sistema de produção puxado. No caso, ao abastecedor é permitido repor um cartão *kanban* somente se houver um local para acondicionamento da embalagem de um determinado cartão com a embalagem vazia no supermercado e de acordo com a frequência de reposição definida nas instruções de trabalho da operação de abastecimento do supermercado.

Lu et al, (2011) afirmam que o fluxo contínuo busca a produção de um lote de produtos ou componentes, um de cada vez, sem estoque em processo (*Work in Process*) entre duas estações de trabalho. Com a proposta de fluxo contínuo, a transferência de material rio abaixo, de acordo com a taxa de produção requerida para o atendimento à demanda dos produtos acabados, deve manter o fluxo contínuo.

Nesse caso, segundo os autores, a maioria dos processos de produção apresenta uma variabilidade significativa na execução dos processos de fabricação tal como o tempo de *setup*, a quebra aleatória de equipamento e a exigência de uma compensação à perda de rendimento, o que pode significar estabelecer uma estratégia de controle com ênfase no sistema puxado de produção, na busca de produzir um lote de cada vez para manter cada estação de trabalho em operação simultaneamente e, então um fluxo contínuo deve ser mantido.

O uso do sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* para o acompanhamento da produção, nesse caso, para sistemas de produção repetitivos, é o mais adequado.

Romano (2009) define o cartão *Kanban* como um sinal de disponibilidade do produto que precisa ser gerenciado, de modo que cada linha de produção ou célula de manufatura deve manter em seu entorno uma área específica e delimitada para o armazenamento dos cartões com as suas respectivas embalagens, ou por um *rack*, podendo caracterizar um supermercado de peças de forma que uma verificação visual auxilie no processo de abastecimento e consumo do item na fábrica, devendo as embalagens utilizadas para o acondicionamento serem de fácil movimentação, facilitando o transporte.

O objetivo do supermercado, além de manter o abastecimento contínuo dos materiais a serem consumidos pela célula de manufatura, por exemplo, é garantir que o nível de estoque entre os diferentes produtos, de acordo com o número de cartões *Kanban* dimensionado, atenda ao fluxo de produção, sendo controlado de acordo com as instruções de trabalho do sistema de abastecimento e devendo ser mantido o mínimo de *kanbans* utilizados a fim de não onerar o nível de estoque.

No caso em que a fábrica produzir um número significativo de códigos de componentes diferentes, a prioridade é definida de acordo com a urgência dada pelo quadro de cartões *kanban*, o que pode também definir o sequenciamento de execução dos cartões *kanban* de produção.

As colunas, do *rack*, por exemplo, diferentes para cada código de peças, normalmente são divididas em três áreas de localização ou armazenagem das embalagens: os cartões para cada código são inseridos na parte superior para a parte inferior do *rack*, assumindo os horários de execução relacionados com o aumento da prioridade de atendimento.

O operador deve produzir o código de produto em que os cartões estão nas posições de mais urgência em comparação com todos os outros códigos.

Normalmente os componentes do mesmo tipo são sequenciados de acordo com duas regras:

- F.I.F.O. (*First In First Out*) primeiro a entrar, primeiro a ser processado;
- Agilizar a reposição dos cartões *kanban* dos códigos com registro de falta.

De acordo com a literatura, independente do modo de movimentação dos materiais, a definição de frequência e rotas de abastecimento internamente no ambiente de manufatura caracteriza esse tipo de sistema de abastecimento como um sistema *Milk Run (M.R)*.

Trata-se de um sistema de abastecimento similar ao utilizado em pequenos supermercados que disponibilizam ao consumidor produtos de uso cotidiano das pessoas considerando uma quantidade fixa de produtos a ser consumida, de acordo com o espaço físico da prateleira utilizada.

No caso da produção, o operador representa o papel do consumidor final e tem o material necessário para a produção no momento da execução de uma determinada operação, e os estoques vazios pós-consumo, que devem ser reabastecidos pelo abastecedor de acordo com as rotas e frequência de reabastecimento definidos, definem a operação do sistema de abastecimento.

Um dos desafios na concepção desses sistemas de abastecimento é mensurar a capacidade do supermercado de modo que se deve prever e permitir a disponibilidade de material entre duas corridas consecutivas a fim de que o operador não pare de trabalhar.

Se há um número significativo de componentes ou de matérias primas gerenciados e controlados pelo sistema, a complexidade aumenta exponencialmente e um sistema preciso e sistematicamente definido se faz necessário.

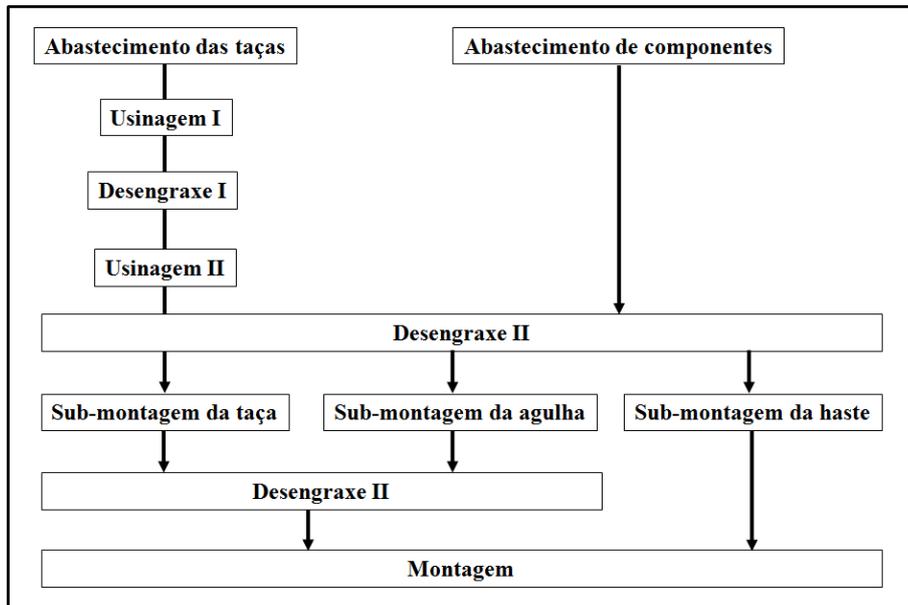
A lógica proposta para a concepção dos sistemas de abastecimento para manufatura *Lean* dá ênfase à definição de uma rota caracterizada como sistema *Milk Run (M.R)* do ambiente de manufatura, como exposto, envolvendo o abastecimento das embalagens preenchidas ou abastecidas e que devem ocupar a posição das embalagens vazias que foram retiradas em um momento anterior, como definido em um sistema hipotético de abastecimento de um sistema de manufatura *Lean*.

De acordo com a concepção do sistema, as embalagens vazias não são substituídas até a próxima rota a ser percorrida no sistema *Milk Run (M.R)*, quando deve ser repostado o material consumido anteriormente e retirada qualquer outra embalagem vazia que o abastecedor vier a encontrar, a ser recolocada e devolvida posteriormente de acordo com os procedimentos de reposição a serem definidos nas instruções de trabalho do sistema de abastecimento conforme os critérios e os procedimentos definidos que devem atender ou ser aderente à necessidade do sistema de manufatura.

Domingo (2007), por meio de um estudo de caso, enfatiza que o objetivo do sistema de abastecimento *Milk Run (M.R)* é integrar o abastecimento interno de componentes com o consumo da área de montagem em um sistema de manufatura *Lean*. Nesse caso deve ser considerada a hipótese de que é com base em um sistema de abastecimento definido para atender o fluxo de produção e a montagem que se pode medir o resultado do sistema quanto à sua eficiência.

O estudo de caso demonstrado pelo autor refere-se ao produto válvula EV6 da empresa *Bosch* com fábrica localizada na Espanha. Atualmente a *Bosch* pode ser considerada, em relação a sistemas de abastecimento para manufatura *Lean*, como uma empresa *Benchmarking* quanto a uma proposta de sistema de manufatura *Lean* que opera com excelente nível de desempenho. Trata-se de um sistema de abastecimento próprio, desenvolvido especificamente para esse fim de acordo com a proposta *Milk Run* da empresa, reconhecido mundialmente. O fluxo de produção do produto válvula EV6 abordado pelo autor é apresentado na Figura 24.

Figura 24: Fluxograma do Processo de Produção.



Fonte: Domingo (2007).

O fluxo de produção apresentado por Domingo (2007) refere-se ao processo de fabricação dos componentes de um produto definido como válvula EV6, que deve ser montado de acordo com a sequência:

- **Usinagem do corpo da válvula no formato de taça.** A área de contato dentro do corpo é preparada de acordo com a precisão de usinagem requerida com base na tolerância das dimensões definidas.
- **Montagem do corpo.** Após a limpeza da peça (desengraxe da superfície e retirada de resíduo de óleo), o corpo é soldado a um componente definido como placa responsável pela condução do jato de combustão. A placa é um componente específico para cada tipo de válvula EV6.
- **Montagem da agulha da válvula.** Os três componentes são montados por processo de soldagem. A agulha assegura a vedação do corpo.
- **Montagem da haste da válvula.** A haste é montada com dois componentes tubulares e com uma bucha interna para ajustar as características da válvula EV6.

De acordo com a descrição do autor, depois de cada submontagem, uma inspeção visual é feita para verificar se os componentes estão limpos, sem rebarbas ou algum tipo de defeito. As taças e as agulhas são desengraxadas e movimentadas até a estação de trabalho 5 da linha de montagem.

O autor justifica a necessidade da proposta de um sistema de abastecimento em função do fato de que frequentemente há falta de estoque e as mudanças no plano de produção necessitam apressar ordens de produção e alterar as informações ou dados do plano repetidas vezes com os fornecedores.

No entanto, por vezes, componentes ou matérias-primas acabam por não terem sido entregues tão rápido quanto o necessário, e em outras vezes, os componentes de produção acumulam-se por horas em algumas estações de trabalho, configurando a existência de fila em processo.

O autor enfatiza que, após a implantação do sistema de planejamento *Just in Time* com o uso do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban*, mesmo com a redução do inventário em um primeiro momento, alguns problemas relacionados com o fluxo contínuo de materiais passaram a ocorrer.

Somente após ter realizado o mapeamento do fluxo de valor foi possível detectar o acúmulo de inventário em diferentes postos de trabalho.

Um posto de trabalho crítico detectado foi à estação de trabalho 5. Segundo o autor, foi nessa estação de trabalho que componentes passaram a acumular durante um período de espera de aproximadamente 32 horas antes do seu uso.

Com a proposta de solução com base no sistema *Milk Run* de abastecimento no processo de submontagem dos componentes da válvula, o autor enfatiza ter ficado claro que somente o uso de um sistema de coordenação de ordens de produção, no caso o *kanban*, pôde assegurar um fluxo de materiais contínuo de acordo com o sistema puxado de produção e que não foi suficiente para manter o sistema em operação regular.

De acordo com os resultados obtidos após a definição de um sistema de abastecimento compatível com o fluxo contínuo de produção, o fluxo tornou-se muito mais regular e preciso.

No caso do exemplo apontado por Domingo (2007), os componentes da submontagem vão para a montagem final de acordo com o procedimento descrito: um determinado número de diferentes componentes presentes em diferentes estações de trabalho é movimentado em bandejas com capacidades de acondicionamento diferentes.

Nesse caso, o autor destaca ter sido detectado que, devido a um acúmulo de material em processo, configurando fila, foi possível identificar e demonstrar um controle insuficiente da logística interna.

Ainda, que o problema da logística interna não pôde ser combatido apenas por programação da produção com o uso do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* ou a partir do uso de alguma heurística específica para apoiar o processo de programação da produção.

A fim de obter a correta reposição do material que foi consumido, foi necessário, de acordo com o exposto, fazer uso de um sistema *Milk Run (M.R)* de abastecimento com a definição de rotas de movimentação eficientes e eficazes, padronizadas a partir de um procedimento de abastecimento padrão.

Contudo, o autor se deparou com outras restrições para definir o equipamento adequado para o transporte dos componentes, lembrando que é importante considerar a capacidade de transporte das bandejas entre as estações de trabalho e a capacidade de transporte do veículo, função do peso unitário por peça e do lote de produção que deve definir a quantidade de peças por cartão *kanban*.

Nesse caso houve a possibilidade de ser mantido o *layout* já existente, tornando-se necessário realizar e avaliar estudos específicos da capacidade ou volume a serem transportados por frequência do abastecimento, como já exposto, assim como as distâncias a serem percorridas, a velocidade de movimentação do veículo e o controle do sistema como mostra a Figura 25.

A partir dos resultados do estudo de caso apresentado para estabelecer o percurso do veículo transportador utilizado para o sistema *Milk Run* descrito, dá-se ênfase a necessidade de se considerar as seguintes informações para o balanceamento do fluxo de movimentação ou as rotas do veículo utilizado pelo abastecedor:

- **A taxa de consumo de material.** Isto envolve calcular a velocidade da linha de montagem quanto ao consumo.
- **O número de bandejas necessário para cada componente.**

Portanto, é necessário determinar o número de rotas a serem criadas para a operação *Milk Run* e a frequência de visita aos postos de trabalho (Frequência de coleta/abastecimento) de acordo com a proposta do projeto do sistema de abastecimento.

Essa informação é necessária para calcular as necessidades de cada estação de trabalho. A área da plataforma de armazenamento disponível para cada uma dessas estações de trabalho deve ser conhecida e estudada com o propósito do projeto e operação do sistema de abastecimento a ser proposto com antecedência a fim de desenvolver um estudo detalhado da operação da manufatura, de acordo com fluxo de produção definido e o *mix* de produtos acabados com as suas respectivas estruturas de materiais e roteiros de fabricação.

Os dados a serem levantados ou projetados, de acordo com a proposta de Domingo (2007), são:

- 1) A capacidade das prateleiras para o armazenamento das bandejas;
- 2) Capacidade das estações de trabalho para o armazenamento das bandejas;
- 3) Capacidade de armazenamento das bandejas;
- 4) Envio por bandeja;
- 5) Frequência de visita e;
- 6) Pontos de parada do *Milk Run* para retirar e reorganizar o material nas estações de trabalho 2, 5, 14, 16, submontagem do corpo da válvula, submontagem da agulha e montagem da haste.

Figura 25: Estoques intermediários controlados pelo *Milk run*.

	Capacidade das prateleiras (armazenamento das bandejas ou caixas)	Capacidade das estações de trabalho (armazenamento das bandejas ou caixas)	Capacidade das bandejas	Numero de bandejas	Consumo por bandeija (300 valvulas por hora)	Frequencia de visita ou abastecimento	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00
<b>Estação de Trabalho 2</b>														
Suporte	2	1	1,1	2	2	2								
Bobina	9	1	96	6	6	1								
Haste		1	288	3	3	/								
							<b>FIFO a partir da Submontagem</b>							
<b>Estação de Trabalho 5</b>														
Taça	8	1	682	2	2,3	2								
Agulha		1	325	4	1,1	2								
Mola	2	0,5	4	1	13,3	8								
<b>Estação de Trabalho 16</b>														
Anel	2	0,33	1,5	2	5	4								
<b>Estação de Trabalho 14</b>														
O-ring	2	0,33	300	1	1	1,3								
Cápsula		0,33	500	1	1,7	2,1								
Filtro	1	0,5	2,5	1	8,3	4								
<b>Sub-montagem da Taça</b>														
Disco	bem amplo devido a variedade de peças	0,5	5	1 para cada	tipo de componente	8								
Taça retrabalhada		0,5	2	1 para cada	tipo de componente	8								
Taça		1	682	2	2,3	2								
<b>Sub-montagem da Agulha</b>														
Bucha da agulha	/	0,5	4	1	13,3	8								
Esfera	/	0,5	5	1	16,7	8								
Núcleo	/	0,5	1,5	1	5,2	4								
Agulha	/	1	325	2		2								
<b>Montagem da Haste</b>														
Junção (Racor) da Taça	9	2	288/312	3/3	1	2								
Ajuste do encaixe	/	0,5	5	1	16,7	8								
Haste	/	1	288	1	/	/								
							<b>FIFO para montagem</b>							

Fonte: Domingo (2007).

A velocidade de movimentação de uma bandeja a partir da capacidade de condicionamento de componentes por bandeja, de acordo com o estudo, é suficiente para atender o abastecimento de componentes necessários para uma produção de 300 válvulas/hora.

A frequência de visita máxima definida é de uma hora (a partir das 7 horas com intervalo de tempo a cada 1 hora: 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 horas no turno da manhã). A Figura 25 mostra os resultados deste estudo.

É interessante notar que os momentos de parada de cada uma das estações de trabalho cobertas pelo sistema quanto ao abastecimento não estão em sequência, uma vez que o autor propôs utilizar uma frequência específica por item e estação de trabalho a fim de não sobrecarregar o abastecimento e otimizar o uso desse recurso no sistema.

Os pontos de coleta e os pontos de entrega são mostrados na Figura 27, o que indica a disposição dos locais na fábrica.

A rota começa e termina na estação de trabalho de limpeza de peças da montagem, por isso é necessário estabelecer a rota correta buscando otimizar o uso do recurso abastecedor.

Ao definir a frequência mínima de visita aos supermercados do sistema *Milk Run* (M.R) para o dimensionamento do percurso a ser realizado a partir das rotas estabelecidas, é importante mensurar os diferentes tempos de movimentação em função das rotas, uma vez que não é necessário fazer cada trabalho com uma frequência elevada.

A Figura 26 ilustra o plano de rota definido de acordo com os estoques intermediários controlados no sistema *Milk Run*.

O plano de rota pode mudar de acordo com as necessidades da célula de manufatura e deve buscar manter:

- 1) O processo flexível suportando o enfoque de melhoria contínua de acordo com os princípios da manufatura *Lean* e;
- 2) Se possível, aumentar ou reduzir a frequência da visita para as estações de trabalho dependendo da necessidade do sistema de manufatura.

O plano proposto (Figura 25) mostra apenas a operação de abastecimento para o primeiro turno.

A Figura 26 mostra o esquema detalhado das rotas do *Milk Run (M.R)* em torno das diferentes estações de trabalho desenvolvido como mostra a Figura 25.

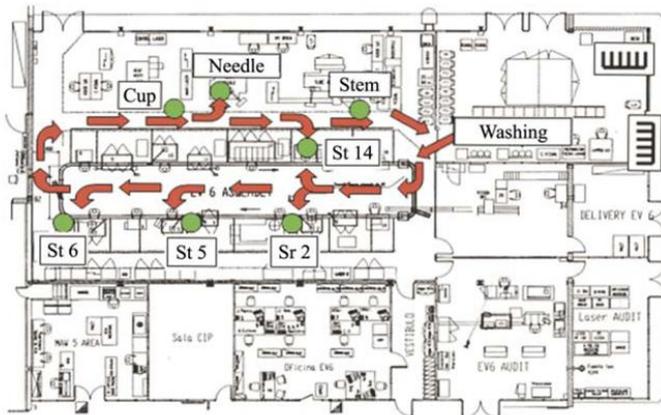
Figura 26: Definição das rotas do *Milk Run*.

Tempo		7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
Início	Montagem / Desengraxe								
	Estação de Trabalho 2								
	Estação de Trabalho 14								
	Estação de Trabalho 5								
	Estação de Trabalho 6								
	Sub-montagem da Taça								
	Sub-montagem da Agulha								
	Sub-montagem da Haste								
Término	Montagem / Desengraxe								

Fonte: Domingo (2007).

A Figura 27 mostra a aplicação do diagrama de espaguete na definição das rotas e distâncias a serem percorridas.

Figura 27: Pontos de coleta e abastecimento do sistema de rotas do *Milk run*.



Fonte: Domingo (2007).

Segundo Domingo (2007), a combinação do *Milk Run* com o Mapeamento do Fluxo de Valor é importante para a definição das rotas de abastecimento, aumentando a flexibilidade e a melhoria dos processos para qualquer indústria.

*"Kanban is like the milkman. Mom didn't give the milkman a schedule. Mom didn't use MRP. She simply put the empties on the front steps and the milkman replenished them. That is the essence of a pull system".*

*Ernie Smith*

*"Lean Event Facilitator in the Lean Enterprise Forum at the University of Tennessee".*

Domingo (2007) define o sistema *Milk Run* como um processo de abastecimento de materiais que opera de modo sistemático e customizado para cada tipo de sistema de manufatura que pretende empregá-lo. Contudo, segundo o autor, depende do que se pretende abastecer e qual processo deve ser abastecido a fim de definir a dimensão ou a extensão do sistema e definir a necessidade de se ter um ou mais *handlers* (abastecedores), dependendo do número de linhas a abastecer por turno de trabalho, de modo que os abastecedores sejam dedicados a esse processo. O autor ressalta ainda a importância, para o bom funcionamento do sistema, dos intervalos de tempo (sempre o mesmo tempo de ciclo ou intervalo de abastecimento) entre os momentos que o *handler* (abastecedor) deve iniciar um ciclo, com a incumbência de realizar as seguintes atividades:

- Verificação dos materiais necessários partindo da coleta das embalagens vazias;
- *Picking* (coleta) dos materiais necessários no armazém e a organização destes de acordo com as suas embalagens, em consonância com a rota de movimentação a ser utilizada, assim como respeitar as instruções de operação do sistema de abastecimento;
- Verificar a ordem de retirada dos materiais no sistema de abastecimento de acordo com o controle dos materiais a serem movimentados;
- Abastecer os materiais nas células de manufatura ou áreas afins onde o abastecimento deve ser realizado;
- Recolher as embalagens vazias e retornar ao estoque ou supermercado central da fábrica.

O autor ressalta que essa metodologia de abastecimento é tida como essencial nas empresas de classe mundial (*World Class*) ou nas que ambicionam atingir esse *status* da operação, com o devido dimensionamento do sistema obviamente.

Nesse caso, o projeto do sistema de abastecimento define o dimensionamento quanto às rotas, distâncias, frequência, entre outras variáveis, enquanto a operação define as instruções de trabalho de acordo com os procedimentos sistematicamente criados para esse fim, devendo manter o sincronismo do sistema de modo a não ocorrer falta de material, não sobrecarregar o abastecedor e manter o controle efetivo dos níveis de estoque de matéria-prima e componente e estoque em processo.

O *Milk Run*, de acordo com a literatura, tanto pode acontecer no ambiente interno (abastecimento de materiais do supermercado central ou estoque central da empresa para as células de manufatura ou para as áreas de abastecimento específicas), como no ambiente externo (abastecimento de materiais para o supermercado central ou estoque central da empresa vindos dos seus fornecedores).

No caso do ambiente externo, tanto pode ser controlado internamente pela empresa, incluindo recursos de transporte próprio, ou por meio do próprio fornecedor, considerando a possibilidade do auxílio de um operador logístico com base nas janelas ou intervalos de tempo de entrega.

Moura (2010) destaca a importância da frequência de abastecimento a ser definida para cada componente a ser abastecido pelo sistema assim como da possibilidade de se intercalar, entre os grupos de componentes, o momento exato de repor cada item para não causar sobrecarga de trabalho para o abastecedor e problemas de fluxo no momento em que o abastecedor deve realizar as atividades de abastecimento e coleta de embalagens vazias de muitos itens ao mesmo tempo e em diferentes locais distribuídos na fábrica.

Um estudo preciso tendo como referência a definição da frequência e o escalonamento do momento de abastecimento de cada item em momentos diferentes, a fim de evitar excesso de componentes a serem movimentados, traz ao sistema uma redução significativa da complexidade do processo de abastecimento.

Segundo Reis (2006), o abastecimento *Milk Run* é realizado por uma pessoa dedicada, geralmente denominada na literatura por *WaterSpider*.

No abastecimento de *Kanbans* internos, um *WaterSpider* tem como função a seleção ou separação de materiais ou itens a abastecer, o transporte destes até o supermercado,

a sua colocação e a verificação do local específico para abastecer na quantidade ou número de cartões *kanbans* definido para atender ao consumo do próximo ciclo.

Reis (2006) enfatiza que, no estabelecimento de um sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban*, é fundamental adotar um procedimento de cálculo do número de cartões *kanban* adequado ao sistema de manufatura que, além da normalização do sistema de abastecimento, deve apoiar o processo de dimensionamento das quantidades a serem definidas para cada cartão *Kanban* e o respectivo número de cartões *Kanbans* para cada material.

Segundo Reis (2006), sistemas de manufatura *Lean* com uma enorme diversidade de utilização de materiais implica no fato de que um sistema de abastecimento adequado às necessidades dos materiais requer que a coordenação das ordens de produção por cartão *Kanban* considere a dependência do desempenho do sistema dos fatores relacionados a valor e utilização dos materiais. Neste caso, o autor propõe na condução do processo de desenvolvimento do sistema de abastecimento, um estudo detalhado dessas variáveis para a aplicabilidade do controle ou coordenação das ordens de produção por cartão *kanban* e sugere o uso da matriz representada na Figura 28.

Figura 28: Aplicabilidade de controle *kanban*.

		Valor do Material		
		Alto	Médio	Baixo
Utilização	Regular			
	Variável			
	Raro			

	Apropriado para controle Kanban
	Passível de controle Kanban
	Inapropriado para controle Kanban

Fonte: Reis (2006).

#### 4.4.2 Procedimento – sistema de abastecimento

A proposta de Reis (2006) diz que a metodologia de abastecimento deve considerar o valor agregado dos materiais a serem movimentados e abastecidos, de modo que os materiais de valor agregado médio a elevado podem ser considerados como os mais apropriados para mantê-los controlados pelo sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban*, considerando ainda que o grau de utilização desses materiais necessariamente deve ser regular ou variável, de acordo com a Figura 28.

Segundo a proposta do autor, os materiais de rara utilização são conseqüentemente de difícil previsão de necessidades, de modo que o sistema puxado não consegue manter um fluxo de materiais estável apresentando, nesses casos, um desempenho abaixo do previsto para um sistema de manufatura puxado.

Esse tipo de condição na operação do sistema de abastecimento não é raro na maioria dos sistemas produtivos, devendo ser realizada uma distinção entre os materiais a ser abastecido com base nos parâmetros mencionados, o que deve orientar o projeto do sistema de abastecimento quanto às alternativas de controle dos materiais com esse perfil de consumo, a fim de inibir problemas na operação ou desempenho não satisfatório do processo de abastecimento.

O objetivo do uso do conceito de supermercado no fluxo de abastecimento é a manutenção de um *buffer* de materiais que deve apoiar o consumo nos intervalos de reabastecimento ou visita do abastecedor nos supermercados distribuídos pela fábrica, quando for o caso.

Contudo, o supermercado deve armazenar os materiais de acordo com as quantidades dimensionadas com base no fluxo de materiais que a taxa de consumo determina, respeitando a localização demarcada no local de posicionamento das embalagens.

A localização demarcada, que pode ser fixa ou variável, na área disponível para o supermercado no ambiente de manufatura deve permitir a retirada manual dos materiais a serem consumidos e permitir o controle do nível de estoque ou momento do reabastecimento por gestão visual na frequência definida nas instruções de operação do sistema de abastecimento.

Pelo consumo dos materiais do supermercado, o nível de estoque deve ser controlado e repostado quando, chegar ao nível de ressuprimento, conforme o procedimento de abastecimento definido, o abastecedor deve executar o processo de abastecimento.

De acordo com Reis (2006), os objetivos fundamentais do *Milk Run*, como um sistema de abastecimento interno do sistema de manufatura *Lean*, devem compreender:

1. A redução dos tempos de movimentação;
2. O aumento da produtividade e da qualidade na produção por aprovisionamentos confiáveis;
3. Aprovisionamentos cíclicos frequentes em volumes menos elevados;
4. Quantidade constante e calculada do estoque da cadeia de valor;
5. Melhoria da transparência do sistema de abastecimento com a ajuda do processo de gestão visual;
6. Aumento da disponibilidade de materiais pela simplicidade do processo de controle;
7. Apenas a existência de reposição de material utilizado de acordo com a agenda prevista no sistema de abastecimento para cada componente, área de abastecimento, etc.;
8. Aumento da eficiência das linhas de produção;
9. Eliminação de tempos de espera por faltas de material;
10. Possível redução do nível do estoque em processo (*Work in Progress*).

Reis (2006) ressalta que o objetivo da busca pela definição precisa das taxas de consumo é a sua comparação com o número de componentes por embalagem ou cartão *kanban* a fim de validar que a quantidade de cada material necessária no supermercado de materiais deve suprir qualquer necessidade durante dois tempos de ciclo consecutivos de acordo também com o número de *kanbans* dimensionado, ou seja, o sincronismo é facilitado pelo padrão.

#### 4.4.3 Função do abastecedor no sistema de abastecimento

No processo de abastecimento, é fundamental considerar a função dos abastecedores, que são pessoas dedicadas ao abastecimento de materiais às linhas de produção. Reis (2006) expõe que a função do abastecedor no sistema de abastecimento da *Bosch*, por exemplo, entre outras atividades, é imprimir a lista de necessidades de materiais para cada plano de produção elaborado podendo estar em execução ou previsto para entrar em fabricação brevemente, obtendo o número de componentes e de embalagens necessários para toda a produção da linha de montagem ou célula de manufatura na data e horário definido.

Após a primeira atividade descrita, o abastecedor deve deslocar-se ao local de acondicionamento dos componentes com a primeira prioridade do dia (estabelecida pelo supervisor da linha), ou seja, com a lista de materiais crítica ou lista de tarefas urgente.

No local de acondicionamento dos componentes, o abastecedor deve consultar o plano de localização dos componentes e verificar a localização de cada uma das embalagens necessárias ao abastecimento a ser executado, e na sequência, deve realizar a operação de coleta (*picking*) da respectiva embalagem ou cartão *kanban* do componente procurado, depositando o cartão *kanban* em uma mesa específica após a consulta rápida da locação da próxima embalagem, repetindo o procedimento ao longo da operação do sistema de abastecimento.

Em cada um desses movimentos, pode ser necessário realizar a movimentação dos corredores do supermercado fazendo uso de uma escada ou empilhadeira, dependendo do peso e da altura (caso o material esteja localizado nas prateleiras superiores se o *layout* do supermercado for vertical).

Reis (2006) ressalta, neste caso, que sendo o *Milk Run* um método de abastecimento com abastecimentos periódicos com frequência definida, a contabilização dos tempos das diversas operações do processo de abastecimento é fundamental assim como a descrição detalhada de todas as atividades desempenhadas na execução da operação de abastecimento no formato de uma instrução de trabalho com procedimentos sistematizados e hierarquicamente definidos.

Essa necessidade impõe ao projeto uma configuração do *layout* do local de acondicionamento dos componentes como ponto central do projeto do sistema de abastecimento que deve ser adequado à conveniência de movimentação e armazenamento eficiente a fim de atender á dinâmica do sistema de manufatura *Lean*.

Esse autor propõe um procedimento de cálculo para estimar o tempo teórico para um abastecimento de N embalagens por localização das embalagens não fixa e sim variável, de acordo com a equação 4.1 e por locações específicas pré-definidas (localização fixa) de acordo com a equação 4.2.

**Equação 4.1 (localização não definida da embalagem)**

$$TP_i = Cl_i * P_i * Ap_i * N_{embalagens}$$

e,

**Equação 4.2 (localização fixa da embalagem no supermercado)**

$$TP_i = Cl_i * \sum_i^n P_i * Ap_i * N_{embalagens}$$

TP<sub>i</sub> - tempo de coleta - *picking*.

Cl<sub>i</sub> - tempo de consulta da localização.

P<sub>i</sub> - tempos de coleta (*picking*) fracionados.

Ap<sub>i</sub> - frequência de coleta.

N<sub>embalagens i</sub> - número de embalagens relacionadas no momento de executar a coleta (*picking*).

Reis (2006) desenvolveu também, a partir do procedimento de cálculo proposto por ele, o dimensionamento do número de embalagens necessárias para a operação de um sistema de abastecimento com uma matriz de cálculo que, de acordo com o plano de produção e do consumo previsto, determina o número teórico de embalagens que deve ser consumido no dia, de acordo com a equação 4. 3.

**Equação 4.3**

$$NRTNA_i = \sum_{i=1}^n \text{COM ARREDONDAMENTO PARA CIMA} \frac{\sum_{j=1}^m QP_i * NC_j}{CR_i}$$

NRTNA - número teórico de embalagens necessárias.

QP<sub>j</sub> - quantidade produzida do produto j.

NC<sub>j</sub> - número de componentes do produto j.

CR<sub>i</sub> - número de componentes por embalagem do material i.

Coef<sup>2</sup> - coeficiente estimado de ajuste do número de embalagens teórico.

O sistema de abastecimento projetado por Reis (2006) define, conforme as condições de operação descritas a seguir, que:

- 1) Quando mais de uma linha de produção necessita do mesmo tipo de material ou cartão *kanban* comum e;
- 2) Quando a embalagem de um determinado cartão *kanban* condiciona o mesmo item que deve ser utilizado em mais de um tipo de produto acabado, o item relacionado somente deverá ser abastecido pelo sistema quando houver a indicação visual da necessidade de reposição, que deve ser a diferença entre o total requerido e o já existente em todas as linhas de produção que deverão consumir esse item específico.

Contudo, sistemas de produção, nos quais cada uma das linhas de produção existente tem um supermercado *Milk Run* completamente abastecido com os materiais de baixa utilização e de utilização comum, dependendo de como o uso comum em duas estações de trabalho específicas de um componente foi abordado, podem considerar como exceção no fluxo de informações do sistema de abastecimento o referido item, podendo o mesmo não ser encontrado no local de acondicionamento central e estar armazenado em outra linha de produção, se houver.

Esses casos representam as exceções do sistema de abastecimento e devem ser tratados de modo a não criar restrições ao sistema, como perda de tempo e conflitos no momento da localização de um determinado item, o que pode gerar tempos de espera em função do tempo gasto com a procura da embalagem pelos abastecedores. Contudo, Reis (2006) também propõe a aplicação de um método de classificação dos materiais de alto giro e materiais de baixo giro de estoque e apresenta algumas alternativas que podem contribuir para a solução do problema, como:

1. Classificar os produtos de acordo com as classes A / B / C do gráfico de Pareto. Classificar cada material pertencente à classe C dos produtos como sendo de baixo giro de estoque;
2. Classificar os produtos de acordo com as classes A / B / C do gráfico de Pareto, considerando a classificação com base no custo de aquisição do componente ou

matéria-prima, além do número de produtos acabados em que o material é utilizado, multiplicado por um fator de ponderação do custo e pelo número de componentes com base no consumo médio de um determinado período, considerando os materiais da classe C como sendo de baixo giro de estoque;

3. Separar produtos acabados por famílias de produtos e classificar cada família em produtos acabados de alto giro de estoque e baixo giro de estoque e verificar quais materiais (componentes e matérias-primas) são específicos da estrutura de materiais das famílias de baixo giro de estoque.

A última das hipóteses é claramente a que melhor se enquadra no sistema de produção com linha de montagem, segundo Reis (2006), visto que, ainda segundo o autor, existem diversos tempos de *setups* que são específicos a uma determinada família de produtos. É relevante a ponderação de Reis (2006) quanto ao tempo de *setup* envolvido na fabricação de cada família de produtos ao considerar:

- 1) O primeiro passo para avaliar o impacto do tempo de *setup* no processo quanto à programação da produção e, conseqüentemente, o processo de abastecimento, é o agrupamento de todos os materiais com *setups* específicos e similares. O objetivo é agrupar os materiais específicos de uma mesma categoria ou *setup* similar de cada uma das famílias de produtos, e que estas famílias devem envolver todos os produtos de baixo giro de estoque. O objetivo da análise é definir o número de materiais de abastecimento periódico com o propósito de o abastecedor identificar as respectivas embalagens de componentes específicos por grupos de *setup* similares. Esse número tem que ser limitado devido ao tempo para efetuar o abastecimento.
- 2) O segundo passo é traçar um novo gráfico de Pareto, com o custo cumulativo de cada um dos *setups*, de acordo com o número de materiais a abastecer periodicamente.

Também segundo Reis (2006), a partir dos tempos de *setup* por família de produtos, resta apenas selecionar a melhor solução em conjunto com o tempo de ciclo do sistema de abastecimento *Milk Run*.

É prudente, nesse caso, verificar os materiais de abastecimento periódico de cada um dos *setups* específicos por família de produtos, qual a quantidade de componentes por embalagem, o custo da embalagem, o número de intervalos de reabastecimento que deverão existir para o sistema de abastecimento *Milk Run* sem falhas de abastecimento.

Reis (2006) indica também algumas hipóteses para o plano de localização dos componentes no supermercado *Milk Run*:

1. Alocação de todas as embalagens por ordem alfanumérica;
2. Definição dos intervalos de reabastecimento para embalagens grandes, médias e pequenas, se houver, por ordenação alfanumérica;
3. Separação por máquinas de produção para as quais cada um dos componentes deve ser processado.

A disposição ou localização das embalagens nos supermercados pode ser mantida de acordo com a disposição das embalagens dos componentes pertencentes a *setups* específicos, pois podem ficar todos juntos ou então por ordem alfanumérica.

Mantê-los todos juntos é mais prático para o abastecedor executar sua atividade de abastecimento, todavia, se houvesse a produção de uma determinada família de produção nessa condição, o operador perderia mais tempo na busca dos componentes. Uma alternativa para auxiliar na identificação da localização dos componentes pelo abastecedor proposta por Reis (2006) é a definição dos *slots* (espaços definidos para a localização das embalagens ou *containers* dos componentes) com o propósito de agrupar os componentes por família de acordo com a similaridade de *setups* específicos, simplesmente assinalados com a sua respectiva cor, bem como com o cartão *kanban* colorido com a mesma cor a fim de facilitar a indicação da localização no momento da coleta ou do abastecimento.

Há também alternativas relacionadas à utilização das etiquetas com o código do material, impressas em material adesivo para facilitar qualquer movimentação ao longo do espaço reservado à identificação dos *slots* (espaços físicos destinados ao armazenamento das embalagens). No sistema definido pelo autor, as ranhuras para a inserção de cartões *kanban* nos locais de armazenamento e nas embalagens são fixas, uma para cada *slot* ou local específico na embalagem, e, no caso de uma embalagem ocupar 2 *slots*, fica a do lado esquerdo com o cartão e a outra identificada com adesivo.

O autor reforça a importância, após a definição de todos os parâmetros anteriores, da elaboração de uma metodologia de abastecimento que tem como objetivo definir o modelo padrão de operação a ser adotado pelo sistema de abastecimento com a sistematização de procedimentos específicos para esse fim. Sem a sistematização dos procedimentos de abastecimento, não é possível controlar a eficácia do processo, nem introduzir melhorias. A definição de procedimentos específicos de um sistema de abastecimento, de acordo com Reis (2006), requer:

- A) **A verificação do quadro mestre de abastecimento:** o abastecedor deve verificar no quadro de abastecimento se existe algum *setup* específico a abastecer;
- B) **O abastecimento do veículo de movimentação para a execução das atividades de reposição ou coleta:** o abastecedor coloca na sua posição alfanumérica todas as embalagens que trouxe;
- C) **A reposição e retirada dos cartões *Kanban* do veículo de movimentação de reposição ou coleta:** reposição dos cartões *kanbans* dos materiais abastecidos. Retirada de cartões *Kanban* de todas as posições vazias. Caso exista algum pedido de abastecimento de um *setup* específico, isso implica na retirada de todos os cartões desse mesmo *setup*;
- D) **O abastecimento do supermercado com o veículo de movimentação para a reposição ou coleta dos materiais:** o mesmo procedimento do tópico B, mas agora do veículo de movimentação e reposição ou coleta para o supermercado;
- E) **A Reposição e retirada dos cartões *Kanban* do veículo de movimentação e reposição ou coleta:** o mesmo procedimento do tópico C, mas agora para o veículo de movimentação e reposição ou coleta;
- F) **Deslocamento até a área do estoque central; ordenação dos cartões:** um abastecedor desloca-se até o armazém central. Quando da chegada, ordena os cartões *Kanban* por localização, na sequência das estantes ou sistema de prateleiras para o armazenamento;
- G) **Retirada de materiais a abastecer:** retirada de todos os materiais do armazém por ordem de localização. Primeiro todos os materiais da estante ou prateleira, com a movimentação das estantes móveis, se houver, e, se

necessário, retirada de todos os materiais da estante seguinte, novo deslocamento até à próxima estante ou a seguinte. Colocação dos materiais no veículo de movimentação ou reposição ou coleta e;

- H) **Retirada eletrônica dos materiais a abastecer:** operações eletrônicas de retirada dos materiais. Leitora ótica registra movimentação dos materiais por códigos de barras e confirma as retiradas no sistema de informação da empresa. Organização dos materiais no veículo de movimentação e reposição ou coleta, deslocamento até o local de consumo no sistema de produção.

Procedimentos especiais sugeridos pelo autor:

- 1) Caso o número de embalagens de uma família de produtos com *setup* específico necessita ser abastecida deve ser considerado a possibilidade da soma do número de embalagens existentes dessa família em específico deve ser superior a 15 para que o abastecedor providencie com urgência a reposição considerando que, a fim de atender a reposição de outros componentes o abastecedor deve apenas abastecer metade das embalagens do *setup* específico, ficando a metade seguinte para o próximo abastecimento.
- 2) Nos abastecimentos durante o horário de almoço e intervalos de paradas do abastecedor, o supervisor da célula de manufatura ou linha de montagem ou um operador (caso o supervisor designar) deve executar o abastecimento *Milk Run*.
- 3) Caso seja detectada a falta de um material no armazém central, deve ser sinalizado o código do mesmo no placar de abastecimento de acordo com o passo A, respeitando os procedimentos específicos de um sistema de abastecimento.

Reis (2006) ressalta as vantagens do sistema de abastecimento proposto:

1. Os operadores poderão preparar os *setups* do próximo produto com antecedência, visto que terão os materiais sempre disponíveis e de um modo ordenado;

2. As perdas de velocidade por substituição das embalagens movimentadas devem diminuir significativamente a frequência dessa atividade na operação do sistema;
3. A eficiência e a disponibilidade das máquinas devem aumentar tendo como resultado a incidência de custos menores por parada de horas/máquina; menores custos de horas extras e redução ou eliminação de turnos noturnos em alguns casos.

A verificação da viabilidade do projeto de abastecimento *Milk Run* para uma nova concepção do sistema de abastecimento proposto pelo autor da presente dissertação considerou:

1. A necessidade de um estudo detalhado do procedimento de abastecimento utilizado anteriormente, assim como das atividades desempenhadas no processo de abastecimento vigente até então e a análise dos componentes da operação manual e eletronicamente;
2. Propor as rotas e os procedimentos normalizados de abastecimento, tempo de ciclo e inventário a ter no supermercado, bem como a sua configuração.

Contudo, de modo geral, a literatura encontrada que aborda o tema sistemas de abastecimento para a manufatura *Lean*, considera fundamental para a concepção de um sistema com tal função:

1. A redefinição da metodologia de cálculo para o dimensionamento do supermercado de peças, passando-se da utilização do número de componentes relacionado para a utilização do número de cartões a serem produzidos para efeito de resultado final;
2. Integração de todos os dados em uma única base de dados;
3. Informação confiável e precisa em qualquer intervalo temporal;
4. Concepção de relatórios visando à eliminação de todo o tipo de informações redundantes e utilização de métricas com transparência e objetividade;
5. Definição das funcionalidades da ferramenta de informação com vista à padronização da inserção de dados e confiabilidade dos mesmos.

No entanto, é difícil verificar se o sistema de abastecimento terá êxito devido aos seguintes fatores que devem provocar alterações relativamente importantes à condição de operação a ser analisada:

1. Introdução de diversos novos produtos na linha, com o aumento das combinações de materiais utilizados;
2. Revisão do *layout* completo da fábrica e;
3. Incidência de sazonalidade na demanda dos produtos a serem fabricados aumentando o nível de incerteza quanto ao volume de produtos a serem distribuídos ao mercado consumidor. Nesse caso, o planejamento do sistema deve ser realizado com alta frequência com base em dados e informações precisas das tendências de consumo, o que exige profissionais experientes e ágeis nas decisões de ajuste do dimensionamento do sistema.

#### **4.5 Tipos de Sistemas de Movimentação de Materiais**

Contudo, podemos considerar que há um número significativo de possibilidades ou tipos de sistemas de movimentação.

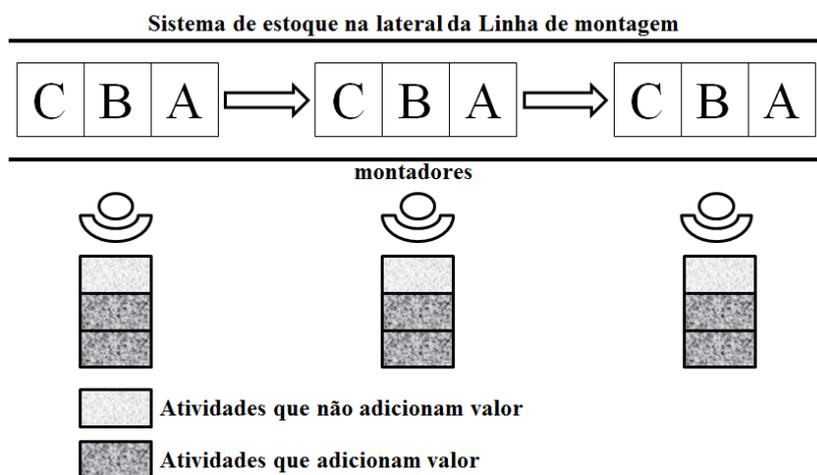
Segundo Yu et al. (2003), *apud* Kilic e Durmusoglu (2012), o principal foco dos sistemas de abastecimento acaba por ser o processo de montagem no ambiente industrial e não há dúvidas, nesse caso, da importância do processo de montagem nesse ambiente, podendo ser constatadas, segundo esse autor, na literatura, inúmeras estratégias relacionadas ao processo de abastecimento dos componentes requisitados pela montagem e que podem ser aplicadas para adequar o desempenho desses sistemas como, por exemplo:

- 1) Linhas de montagem de fluxo contínuo com elevado nível de automação;
- 2) Linhas de montagem de fluxo contínuo com mão de obra intensiva sem automação;
- 3) Linhas de montagem com configuração de células de manufatura;
- 4) Entre outros.

Kilic e Durmusoglu (2012) destacam ainda que, entre as estratégias adotadas para aumentar o desempenho das linhas de montagem, há o projeto de sistemas de abastecimento das linhas de montagem como uma linha com fluxo próprio de materiais em paralelo responsável pela separação dos componentes em *kits* de montagem, e destacam, de acordo com o *paper* de Hua e Johnson (2010), que há nesse caso dois métodos principais em que essa estratégia pode ser baseada quando observada a existência do processo de separação dos componentes, definida como montagem dos *kits*, anterior à montagem principal dos produtos, ou seja:

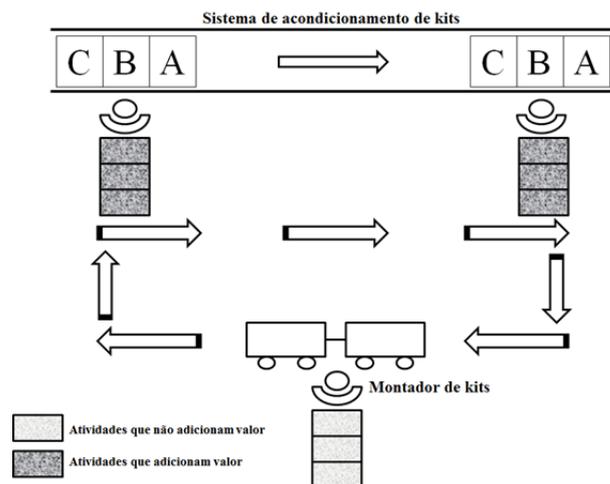
- 1) **Separação dos componentes de montagem em kits de montagem na linha de montagem:** separação dos componentes de montagem antes da montagem pelo montador na linha de montagem (Figura 29);
- 2) **Separação dos componentes de montagem em kits de montagem fora da linha de montagem:** separação dos componentes de montagem realizada em local externo à linha de montagem com sistema de abastecimento para suprir a linha de montagem principal com os componentes. Nesse caso o fluxo de materiais ocorre em paralelo à linha de montagem, o qual deve movimentar os materiais necessários para a linha de montagem (Figura 30).

Figura 29: Submontagem e montagem na mesma linha.



Fonte: Kilic and Durmusoglu (2012).

Figura 30: Submontagem externo a linha de montagem.



Fonte: Kilic and Durmusoglu (2012).

Os autores ponderam que a principal diferença entre esses dois sistemas é que as atividades que não agregam valor relacionado ao processo de separação dos componentes são transferidas da linha de montagem para outro local, sendo os componentes separados por esse processo e transferidos pelo sistema de abastecimento para a montagem.

Segundo Kilic e Durmusoglu (2012), é importante destacar que ambos os sistemas são utilizados nas indústrias e que não há uma metodologia na literatura que auxilie na decisão de qual sistema é o melhor.

Contudo, Kilic e Durmusoglu (2012) ponderam que as aplicações com procedimentos de abastecimento do tipo *milk-run* em sistemas logísticos de fábricas que operam com base no sistema *lean manufacturing* acabam por desempenhar uma importante alternativa como uma forma de fundamentar no sistema a eliminação de perdas em ambientes de produção, se bem concebido.

Ainda segundo os autores, em relação ao sistema de submontagem, algumas vantagens podem ser relacionadas, como:

- 1) Área de produção mais organizada;
- 2) Torna-se mais simples alterar o tipo de produto a ser montado;
- 3) Torna-se mais fácil a movimentação dos materiais para as estações de trabalho;
- 4) Melhora o controle visual e;
- 5) Aumento da qualidade e da produtividade das estações de trabalho.

E como desvantagens:

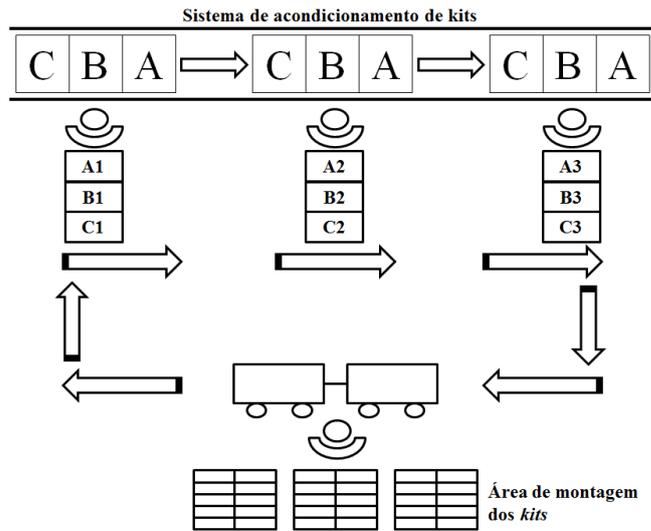
- 1) Adiciona à linha de montagem atividades que não agregam valor, como o tempo gasto para a preparação dos *kits*;
- 2) Requer área específica para o estoque dos *kits*;
- 3) Planejamento adicional;
- 4) Problemas com a falta de componentes ou componentes com defeito na concepção dos *kits* de acordo com Bozer e McGinnis (1992) *apud* Kilic e Durmusoglu (2012).

Como pode ser observado na Figura 29, sistemas com estoques para a concepção dos *kits* ao lado da linha de montagem, as atividades que não agregam valor são: 1) Ir pegar os componentes; 2) Escolher os componentes; 3) Levar os componentes para as estações e; atividades similares que são deveres dos colaboradores da linha de montagem podem tomar uma parcela importante do tempo do ambiente de produção, no caso do tempo de montagem na linha de montagem.

Por outro lado, de acordo com a Figura 30, realizar a concepção dos *kits* fora da linha principal de montagem elimina a realização dessas atividades que não agregam valor à montagem. O sistema de concepção dos *kits*, como observado na Figura 29, é utilizado em sistemas de produção *lean* como, por exemplo, na fábrica da Toyota em San Antonio, no Texas (USA), chamado de “*set pallet system*” (CORAKCI, 2008 *apud* KILIC e DURMUSOGLU, 2012).

Pelo exposto, Kilic e Durmusoglu (2012) propõem um modelo para a separação dos componentes definidos como *kits* de montagem, caracterizando um sistema de abastecimento, de acordo com a Figura 31.

Figura 31: Proposta de otimização do sistema de movimentação de materiais



Fonte: Kilic and Durmusoglu (2012).

De acordo com a Figura 31, há três produtos a serem montados, definidos como produtos A, B e C, a partir de três postos de trabalho. Para cada produto, utiliza-se três *kits* em cada estação de trabalho para a montagem dos produtos.

É importante observar que há uma área para separação dos *kits* com um colaborador responsável pela atividade de concepção ou separação dos mesmos. Os *kits* na estação de trabalho 1 são chamados de A1 (contendo as peças necessárias para a montagem do produto A), B1 (contendo as peças necessárias para a montagem do produto B) e C1 (contendo as peças necessárias para a montagem do produto C) e, da mesma forma, os *kits* A2, B2, C2 para a estação de trabalho 2 e *kits* A3, B3 e C3 na estação de trabalho 3.

Em cada estação de trabalho, há um trabalhador. Existem, então, três tipos de *kit* para a montagem de cada tipo de produto em cada estação. O número máximo de trabalhadores pode ser escolhido principalmente em função do tipo de trabalho e do custo para a separação dos *kits* e montagem.

Contudo, pode-se considerar que há inúmeros tipos de sistemas de abastecimentos que podem ser adotados sem uma metodologia específica para a concepção dos sistemas de abastecimento.

Kilic et al. propuseram para o problema de movimentação de *kits* para sistemas de montagem, um modelo matemático para o dimensionamento do número de colaboradores no processo de separação dos componentes de cada kit.

O modelo proposto pelos autores, considera cinco fatores principais na definição das regras para a demarcação dos parâmetros de projeto do sistema:

1. Quantidade dos *kits* a serem separados e consumidos nas estações de trabalho;
2. *Tour period*. Tempo total consumido por cada colaborador no trajeto de movimentação dos *kits* da área de separação até as estações de trabalho;
3. Número de colaboradores na área de separação dos *kits*;
4. Espaço físico reservado à área de separação dos *kits*;
5. A capacidade do equipamento de movimentação utilizado no transporte dos *kits*.

Considerando os fatores principais, os autores definiram as seguintes hipóteses para a aplicação do modelo proposto:

1. Sistema de produção balanceado;
2. Sistema de produção *lean manufacturing* como sistema puxado;
3. Taxa de utilização dos *kits* para cada estação de trabalho é constante;
4. Os tempos de carregamento e descarregamento dos *kits* são determinísticos;
5. O tempo de preparação dos *kits* é determinístico;
6. O estoque em processo (WIP – *Work in Process*) é considerado tanto para as estações de trabalho quanto para a área de manutenção dos *kits* em estoque na área de separação;
7. Os *kits* são preparados por todos os colaboradores da área de separação dos *kits*, mas liberados apenas por um deles.

### Notações matemáticas do modelo

$\omega$  - número de estações de trabalho;

$k$  – número de tipos de *kits*;

$D_{kw}$  – quantidade de *kit* “ $k$ ” conduzida até a estação de trabalho “ $\omega$ ” em um *tour period* (tempo de movimentação da área de separação até a estação de trabalho) pelo colaborador responsável pelo abastecimento;

$S_{kw}$  – a quantidade do estoque de segurança do *kit* “ $k$ ” para a estação de trabalho “ $\omega$ ”;

$L_{kw}$  – o tempo de carregamento e descarregamento total do *kit* “ $k$ ” na estação de trabalho “ $\omega$ ”;

$H_{kw}$  – o tempo de preparação total do *kit* “ $k$ ” usado na estação de trabalho “ $\omega$ ”;

$\text{boxnumber}_{kw}$  – o número de boxes incluindo o *kit* “ $k$ ” nas estações de trabalho “ $\omega$ ”;

$sboxnumber_{kw}$  – o número de boxes utilizado para o acondicionamento do estoque de segurança incluindo o *kit* “k” para a estação de trabalho “ $\omega$ ”;

$kitperiod$  – o tempo total do *tour* pelo abastecedor;

$kitidlecycle$  – o tempo ocioso do abastecedor em um *tour*;

$nw$  – o número de colaboradores na área de separação dos *kits*;

$wip_k$  – valor monetário do *kit* “k”;

$kitdemand_k$  – a taxa de uso do *kit* “k” em um determinado período em unidade de tempo – unidades por minuto;

$fixprep_k$  – o tempo de preparação constante para o *kit* “k”;

$varprep_k$  – o tempo de preparação variável para o *kit* “k”;

$maxtime$  – o tempo de ciclo máximo do abastecedor de *kit*;

$maxidletime$  – o tempo ocioso máximo do abastecedor;

$kitvol_k$  – o volume do *kitbox* do *kit* “k”;

$lul_k$  – o tempo de carregamento e descarregamento do *kitbox* “k”;

$kitarea_w$  – a área do espaço físico alocado para os *kits* nas estações de trabalho “ $\omega$ ”;

$kittingarea$  – a área do espaço físico alocado para a preparação de todos os *kits*;

$kitbox_k$  – a capacidade do *kitbox* quanto a quantidade de *kit* “k” a ser acondicionado;

$kitws_{kw}$  – valor binário, se o *kit* “k” é usado na estação de trabalho “ $\omega$ ” o valor é 1 caso contrário o valor é 0;

$C_w$  – custo diário do colaborador da área de *kit*;

$Cap$  – capacidade do equipamento de movimentação dos *kits*;

$P$  – razão entre o estoque de segurança e o ciclo de demanda;

$R$  – razão do custo de oportunidade diário do estoque em processo - *WIP - Work in Process*.

## Modelo Proposto

### Função objetivo (minimização do custo de movimentação no abastecimento)

Minimizar  $z$  (Equação 4.4):

#### Equação 4.4

$$z = \sum_k D_{kw} wip_k * R * 1 + p + nw * cw$$

Considerar as restrições (Equações 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 e 4.19):

**Restrições (cálculo)**

**Equação 4.5**

$$L_{kw} = \text{boxnumber}_{kw} * \text{kitws}_{kw} * \text{lul}_k \quad \forall k, w \quad \text{kitws}_{kw} \in 1$$

**Equação 4.6**

$$H_{kw} = \frac{\text{fixprep}_{kw} * \text{kitws}_{kw} + D_{kw} * \text{varprep}_k * \text{kitws}_{kw}}{nw} \quad \forall k, \forall w \quad \text{kitws}_{kw} \in 1$$

**Equação 4.7**

$$D_{kw} = \text{kitperiod} * \text{kitws}_{kw} * \text{kitdemand}_k \quad \forall k, \forall w \quad \text{kitws}_{kw} \in 1$$

**Equação 4.8**

$$S_{kw} = D_{kw} * p \quad \forall k, \forall w$$

**Restrições (arredondamento)**

**Equação 4.9**

$$\text{boxnumber}_{kw} \geq \frac{D_{kw}}{\text{kitbox}_k} \quad \forall k, \forall w$$

**Equação 4.10**

$$boxnumber_{kw} \leq \frac{D_{kw}}{kitbox_k} + 1 \quad \forall_k, \forall_w$$

**Equação 4.11**

$$sboxnumber_{kw} \geq \frac{S_{kw}}{kitbox_k} \quad \forall_k, \forall_w$$

**Equação 4.12**

$$sboxnumber_{kw} \leq \frac{S_{kw}}{kitbox_k} + 1 \quad \forall_k, \forall_w$$

**Restrições (limite de capacidade)**

**Equação 4.13**

$$boxnumber_{kw} * kitvol_k + (sboxnumber_{kw} * kitvol_k) \leq kitarea_w \quad \forall_w$$

**Equação 4.14**

$$boxnumber_{kw} * kitvol_k \leq kittingarea_k$$

**Equação 4.15**

$$kitperiod \leq maxtime$$

**Equação 4.16**

$$kitidlecycle \leq maxidletime$$

**Equação 4.17**

$$boxnumber_{kw} * kitws_{kw} * kitvol_k \leq cap$$

**Restrições (números inteiros e positivos)**

**Equação 4.18**

$$variáveis\ de\ decisão \geq 0$$

$boxnumber_{kw}, sboxnumber_{kw}$  são números inteiros positivos

**Restrição (dimensionamento do tempo de movimentação no abastecimento)**

**Equação 4.19**

$$kitperiod = L_{kw} + H_{kw} + kitfixcycle + kitidlecycle$$

A tabela 14 apresenta os dados do exemplo de aplicação do modelo proposto pelos autores. A tabela 15 mostra os resultados do modelo a partir do exemplo proposto pelo autor, o qual será comparado com a simulação realizada neste trabalho como descrito no capítulo 5. No capítulo 5 é apresentada com o uso do *solver* do Excel versão 2010, a simulação do modelo, com a variação do número de colaboradores de 2 a 6, com o propósito de comparar os resultados do custo da operação, quantidade de *kits*, tempo de ciclo e custo unitário do *kit*.

Tabela 14: Dados de entrada do exemplo número do exemplo proposto

$kit_s$	$WIP_k$	$kitdemand_k$	$fixprep_k$
A1	500	0,50 unidades por minuto	1,5
A2	550	0,50 unidades por minuto	2
A3	600	0,50 unidades por minuto	2,5
B1	600	0,75 unidades por minuto	1,5
B2	650	0,75 unidades por minuto	2
B3	700	0,75 unidades por minuto	2,5
C1	700	1,00 unidades por minuto	1,5
C2	750	1,00 unidades por minuto	2
C3	800	1,00 unidades por minuto	2,5

INPUTS	Parâmetro	Descrição	Valor
	$w$	número de estações (w)	3
	$k$	número de tipos de kit (k)	9
	$cw$	custo diário do operador do kit	R\$ 50,00
	$max\ nw$	número máximo de operadores no kit ( $max\ nw$ )	3
	$varprep_k$	Tempo de preparação variável para o kit "k"	0,10 minutos
	$maxtime$	tempo de ciclo máximo do operador do kit	60,00 minutos
	$maxidletime$	tempo máximo de ociosidade do operador do kit	5,00 minutos
	$kitvol_k$	Volume do <i>kitbox</i> "k" ( $kitvol/k$ ) (20 cm x 20 cm x 20 cm)	8000,00 cm <sup>3</sup>
	$kitbox_k$	número máximo de kit em um kit box	5
	$lulk$	Tempo de carregamento e descarregamento do box do kit "k"	0,2500 minutos
	$kitarea\ w$	Área do espaço alocado para os kits nas estações de trabalho "w" - cm <sup>3</sup> = 200.000 >= (tipos de kits)	200000,00 cm <sup>3</sup>
	$kittingarea\ w$	Área do espaço alocado para os kits na área do kit 1000000	1000000,00 cm <sup>3</sup>
	$kitfixcyclek$	Tempo fixo do operador do kit quando executa um roteiros sem interrupção para alguma estação	1,00 minutos
	$Cap$	Capacidade do trailer transportador de kits - cm <sup>3</sup> = 500.000	500000 cm <sup>3</sup>
	$p$	relação entre o estoque de segurança e o ciclo da demanda	1
	$R$	relação entre o custo de oportunidade diário e o WIP - work in process	0,0004
$kiwskw$	valor binário, se o kit é usado na estação de trabalho "w" então é igual a 1 caso contrário é 0.	1	

Fonte: Adaptado de Kilic et al. (2012).

A tabela 15 apresenta os resultados do modelo com base no exemplo proposto pelos autores.

Tabela 15: Resultado apresentado pelos autores

nw	custo (RS)	tempo de ciclo (minutos)	quantidade de kit
2	R\$ 180,00	22	KA1: 11, KB1: 17, KC1: 22 KA2: 11, KB2: 17, KC2: 22 KA3: 11, KB3: 17, KC3: 22
3	R\$ 191,00	12	KA1: 6, KB1: 9, KC1: 12 KA2: 6, KB2: 9, KC2: 12 KA3: 6, KB3: 9, KC3: 12

Fonte: Adaptado de Kilic et al. (2012).

## 5 METODOLOGIA, PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

### 5.1 Introdução

Há na literatura, como já exposto, *papers* puramente teóricos e *papers* com a descrição de algum tipo de aplicação prática na área de Engenharia de Produção e que abordam diferentes metodologias, métodos, técnicas e ferramentas de gestão da manufatura com ênfase no desempenho dos sistemas de produção.

Com esse propósito, mais recentemente, a publicação de *papers* com ênfase no desempenho da manufatura *Lean* passou a ser mais frequente e a sistematização de procedimentos específicos de gestão da fábrica passou a ser abordada como objetivo central do processo de aprimoramento do fluxo de produção e aumento do desempenho.

Nesse caso não é difícil constatar que há inúmeras possibilidades apontadas por esses trabalhos que podem ser seguidas na condução do processo de gestão da manufatura, possibilidades essas que se apoiam em diferentes metodologias, métodos, técnicas e ferramentas desenvolvidas ou criadas para esse fim.

Contudo, as dúvidas e indagações quanto à aplicabilidade começam na compreensão do que significam os termos: metodologia, método, técnica e ferramenta, no sentido de os profissionais adquirirem o *know-how* necessário que deve conduzi-los à escolha adequada do que é aderente e se traduzir em um instrumento necessário à solução do problema específico de gestão da fábrica que devem resolver.

Esse *know-how* deve facilitar a disseminação da nomenclatura de produção a ser adotada e de como aplicá-la aos demais colaboradores que atuam no chão de fábrica, de modo a minimizar prováveis equívocos pela falta de conhecimento requerido em cada caso específico.

O objetivo do presente texto, considerado uma introdução à metodologia proposta, é inicialmente definir os termos metodologia, método, técnica e ferramenta e, partindo dessa etapa, direcionar o leitor para a estrutura da metodologia proposta, de modo a esclarecer as fases necessárias à adequação do sistema de produção que devem preceder a fase de

desenvolvimento do sistema de abastecimento, o qual pode se tornar inoperante sem a construção de uma base sólida de conhecimento que busca adequar o fluxo de produção.

A intenção de definir os termos citados não é a de ser redundante e sim de deixar claro o significado de cada um deles com o propósito de classificar, nesse contexto, cada um dos instrumentos existentes na literatura que podem ser candidatos ao uso nos diferentes sistemas de produção para a solução de problemas específicos, que se diferenciam pelas particularidades desses sistemas.

Tais particularidades podem alterar completamente o escopo das soluções a serem adotadas, além do uso de diferentes instrumentos.

## **5.2 Definição dos Termos: Metodologia, Método, Técnica e Ferramenta**

### **5.2.1 Metodologia**

De acordo com os dicionários disponíveis, eletrônica ou fisicamente, de língua Portuguesa, o significado da palavra Metodologia é estudo científico dos métodos sendo o significado da palavra estudo científico relativo ao estudo da ciência.

Pode-se então definir, no contexto deste trabalho, com o propósito da compreensão correta da palavra metodologia, que há dois enfoques para a definição da palavra metodologia no ambiente da manufatura:

1. **Metodologia Científica** – estudo científico dos métodos. Partindo do significado da palavra ciência (estudo científico: relacionado a estudo da ciência): conjunto de conhecimentos organizados sobre determinado assunto. A palavra metodologia, nesse caso, conduz a um enfoque puramente científico ou acadêmico do estudo dos métodos, podendo ser considerado que a palavra metodologia está relacionada à definição dos procedimentos organizados em uma sequência lógica de execução no desenvolvimento de trabalhos que tem como objetivo estudar fenômenos ainda não compreendidos, de modo a obter respostas às questões ainda não respondidas de temas de pesquisa afins e;

2. **Metodologia** – estudo dos métodos – conjunto de conhecimentos organizados sobre determinado assunto.

Simplesmente a construção ou a definição da sequência lógica de procedimentos padrão para a solução de problemas conhecido.

No presente trabalho, a definição Metodologia Proposta do Desenvolvimento do Sistema de Abastecimento refere-se apenas a um instrumento que descreve uma sequência lógica de desenvolvimento do sistema proposto relacionando, em cada etapa a ser seguida, a definição dos métodos, técnica e ferramenta que devem ser aplicados. É evidente que, na maioria dos casos, mais de um método, técnica ou ferramenta devem ser aplicados a cada etapa que a metodologia deve ser aplicada, dependendo do sistema de manufatura abordado.

O objetivo do presente instrumento é apenas o de eliminar a falta de uma metodologia sistematizada do desenvolvimento de sistemas de abastecimento na literatura e no ambiente industrial, tendo como base o trabalho DOMINGO et al. (2006).

No contexto exposto, há para a palavra metodologia os dois enfoques:

- 1) **Enfoque: estudo científico** - problema de pesquisa - “abastecimento de matéria-primas e componentes de um sistema de manufatura *Lean* de alta complexidade” com a incidência de problemas operacionais ainda sem solução academicamente e no ambiente industrial para ambientes de manufatura com elevado número de produtos acabados com incerteza de demanda.

No ambiente da indústria, ocorrem desperdícios, em função da complexidade que os sistemas de manufatura do mundo contemporâneo representam na operação, como resultado do aumento exponencial da variedade de produtos acabados, do ciclo de vida reduzido dos produtos e da incerteza de demanda em função da concorrência e oscilações do mercado, ou seja, a busca por flexibilidade dos processos de fabricação.

Nesse caso há uma forte dependência, além da dependência da tecnologia de processo, de um sistema de abastecimento capaz de suportar a dinâmica do fluxo de produção.

O presente trabalho se propôs estudar o tema de pesquisa “metodologia para o desenvolvimento de sistemas de abastecimento específicos para a manufatura *Lean*.”

- 2) **Enfoque: estudo dos métodos** - há na literatura *papers* que buscam sistematizar os procedimentos relacionados à atividade de abastecimento de sistemas de manufatura *Lean* ou de cadeias de suprimentos com base no conceito de rede.

O propósito dos *papers* disponíveis na literatura é o de organizar o conhecimento inerente ao tema para ambientes de manufatura com alto nível de padronização dos componentes, o que reduz a complexidade e permite estabelecer um sistema de abastecimento não tão complexo para sistemas de manufatura *Lean*, e teóricos quando abordam redes colaborativas sem enfoque de aplicação.

A metodologia proposta dá ênfase à organização do conhecimento necessário à abordagem do tema “sistema de abastecimento para ambientes de manufatura *Lean* de alta complexidade.” Por alta complexidade, neste texto, compreende-se sistemas de manufatura *Lean* com uma maior diversidade de produtos e incerteza de demanda.

É relevante, nesse caso, compreender que a presente dissertação propõe uma sequência lógica de adequação do fluxo de materiais e de informação a partir de métodos, técnicas e ferramentas consagradas nas diferentes frentes de trabalho que um sistema de abastecimento requer, partindo de uma proposta já aplicada de Domingo et al. (2006), por se tratar, no momento, da única literatura disponível com o enfoque proposto, havendo evidentemente outras que se relacionam, mas não com o que foi submetido.

A conotação descrita conduziu o autor do presente texto ao entendimento de que a metodologia proposta deve auxiliar inicialmente na organização dos conhecimentos necessários e inerentes ao processo de desenvolvimento de um sistema de abastecimento com ênfase na manufatura *Lean*, que representa um sistema de produção de alta complexidade na operação, propondo a execução de etapas dependentes hierarquicamente, por assunto, na seguinte sequência:

### **Validação do fluxo de produção**

- 1) **Diagnóstico do fluxo de produção atual:** avaliar a necessidade de reconfiguração do *layout* existente ou da concepção de um novo *layout*;
- 2) **Diagnóstico do desempenho das células de manufatura:** avaliar o desempenho das células de manufatura existentes ou a necessidade de

reconfiguração, assim como criar células de manufatura com uma nova concepção da atual quando necessário. Essa etapa deve dar ênfase ao balanceamento do fluxo de montagem ou de fabricação das células de manufatura;

### **Validação do fluxo de materiais no abastecimento**

- 3) Dimensionamento dos supermercados definidos nos pontos de reposição e de consumo;
- 4) Definição do fluxo de materiais interno às células de manufatura e entre os supermercados de componentes e as células de manufatura, assim como nos corredores de acesso às células de manufatura a serem utilizados pelos abastecedores do sistema;
- 5) Validação do dimensionamento dos supermercados e do fluxo de materiais e de informação do sistema de abastecimento através de simulações computacionais ou por execução de experimentos;
- 6) Definição das rotas do abastecimento e da frequência de abastecimento de acordo com conceito *Milkrun*;
- 7) Definição da dimensão das embalagens e do veículo de movimentação a ser utilizado considerando velocidade de deslocamento, capacidade de movimentação em número de embalagem;
- 8) Definição das atividades a serem executadas pelos abastecedores e;
- 9) Definição dos equipamentos de movimentação dos materiais a serem transportados desde o recebimento até os supermercados e, na sequência, até as células de manufatura, complementando a etapa (7), que trata da movimentação do estoque central até os pontos de reabastecimento.

Pode-se enfatizar, nesse caso e como já exposto, que se trata de uma proposta definida como metodologia de desenvolvimento de um sistema de abastecimento para manufatura *Lean*.

Desse modo, métodos, técnicas e ferramentas disponíveis no ambiente industrial e no ambiente acadêmico e, que podem ser aplicados na construção ou definição de um sistema de abastecimento para sistemas de produção *Lean* de alta complexidade são inúmeros e

consagrados com resultados comprovados de acordo com os fins específicos para os quais são adequados.

Não é objetivo desse trabalho, definir qual aplicar em função das particularidades de cada sistema, a metodologia apenas propõe uma sequência lógica de etapas a serem realizadas e os métodos, técnicas e ferramentas que podem ser aplicados devendo a escolha ou a adoção definido pelos responsáveis do desenvolvimento do sistema de abastecimento a ser proposto cuja concepção dependente das características de cada sistema de manufatura.

De acordo com o tema, metodologia para o desenvolvimento de um sistema de abastecimento com ênfase no ambiente de manufatura *Lean* de alta complexidade pode ser considerado como um modelo de referência proposto a partir dos métodos, técnicas e ferramentas empregados nessa dissertação com base no conhecimento organizado sobre o assunto a partir da literatura.

### **5.2.2 Método**

Atualmente o número de métodos, técnicas e ferramentas que podem ser aplicados na definição do sistema de abastecimento e execução das atividades a serem realizadas durante o fornecimento de matérias-primas e componentes às células de manufatura, a fim de manter o fluxo de montagem ou de fabricação o mais estável possível com o mínimo de estoque em processo e estoque nos supermercados, é significativo.

Para o desenvolvimento deste texto, na fase preliminar do processo de busca por referências bibliográficas do tema, alguns métodos, técnicas e ferramentas foram encontrados, assim como certa dificuldade quanto ao entendimento da definição dos mesmos quanto a se tratar de um método, técnica ou ferramenta na área: gestão da manufatura.

Desse modo, ainda de acordo com os dicionários da língua portuguesa, por método podemos compreender um conjunto de meios dispostos convenientemente para alcançar um fim e especialmente para chegar a um conhecimento científico ou comunicá-lo aos outros representando a ordem que se deve seguir em um determinado estudo.

Pode-se considerar até aqui que o termo “metodologia proposta” é a sequência lógica sistematizada das etapas dependentes hierarquicamente (tópico 5.2.1), e o “método adotado” é o conjunto de técnicas e ferramentas que a metodologia contempla para o

desenvolvimento do sistema de abastecimento em cada etapa descrita de acordo com a ordem adotada no modelo de referência que deve ser seguida para este estudo específico.

A metodologia pode ser considerada como um modelo de referência, pois não se trata de uma metodologia específica para um sistema de manufatura e sim de uma metodologia genérica que pode ser aplicada a qualquer sistema de manufatura com o cuidado na definição das técnicas e ferramentas que podem ser aplicadas dentre as relacionadas para o fim o qual a metodologia se propõe.

No desenvolvimento do projeto de pesquisa para a elaboração da presente dissertação, alguns temas relacionados à construção de um sistema de abastecimento e à definição de um método adequado para organizar o conhecimento e propor uma sequência lógica para a construção e execução de um sistema de abastecimento foram encontrados.

Além dos diferentes trabalhos expostos na literatura atual, é importante lembrar que há trabalhos clássicos desenvolvidos anteriormente com foco nos sistemas de abastecimento com diferentes enfoques.

Entre esses trabalhos, os estudos de Burbidge foram pioneiros, confirmando que o problema de abastecimento, embora com viés muitas vezes diferente, ainda persiste nas fábricas do mundo todo.

Entre os temas, o autor do presente trabalho considerou relevantes, com relação ao método, dois temas para comporem a metodologia proposta:

- 1) A caracterização do sistema de manufatura estudado com ênfase em um sistema de manufatura *Lean*.
- 2) A identificação das técnicas e ferramentas *Lean Manufacturing* capazes de auxiliar no processo.

Definiu-se para esse trabalho, **método** como sendo um procedimento organizado que conduz a certo resultado.

### 5.2.3 Técnicas e ferramentas

Por fim, ainda de acordo com os dicionários da língua portuguesa, Pôde-se definir:

- 1) **Técnica** – é o conjunto de processos duma arte ou ciência. Técnica é o procedimento ou o conjunto de procedimentos que têm como objetivo obter um determinado resultado.
- 2) **Ferramenta** - qualquer instrumento ou meio de execução ou concepção de arte ou profissão.

Concluiu-se para este trabalho, que a proposta visa respeitar uma hierarquia de atividades dependentes no processo de desenvolvimento do sistema de abastecimento com o uso de diferentes métodos, técnicas e ferramentas.

### 5.3 Caracterização da Metodologia Proposta de Abastecimento

De acordo com as definições do tópico 5.2, é importante considerar-se que o primeiro passo para a concepção da metodologia proposta de abastecimento para sistemas de manufatura *Lean* é esquematizar um fluxo de etapas a serem realizadas.

As etapas sugeridas foram fundamentadas no trabalho de Domingo et al. (2006) e na experiência do autor desse trabalho como coordenador da área na empresa objeto do estudo há mais de 10 anos.

As etapas gerais a serem realizadas de acordo com a metodologia proposta são:

- 1) Caracterização do Projeto e Operação do Sistema de Produção quanto ao nível de repetição do sistema e o nível de padronização dos produtos e dos processos com o propósito de identificar as similaridades com o Sistema de Manufatura *Lean*.
- 2) Realizar uma busca sistemática na literatura de *papers* que abordem o tema “abastecimento do setor produtivo” específico da fábrica, caracterizando a Metodologia de Pesquisa a ser desenvolvida com referência às práticas de

gestão do abastecimento adotadas no mundo e não somente regionalmente e a concepção da Metodologia de Abastecimento.

- 3) Seleção e validação dos métodos, técnicas e ferramentas com base na literatura e;
- 4) Concepção e Operação do Sistema de Abastecimento.

A Figura 32 mostra esquematicamente o desenvolvimento das etapas que deve compor a metodologia de abastecimento proposta na presente dissertação.

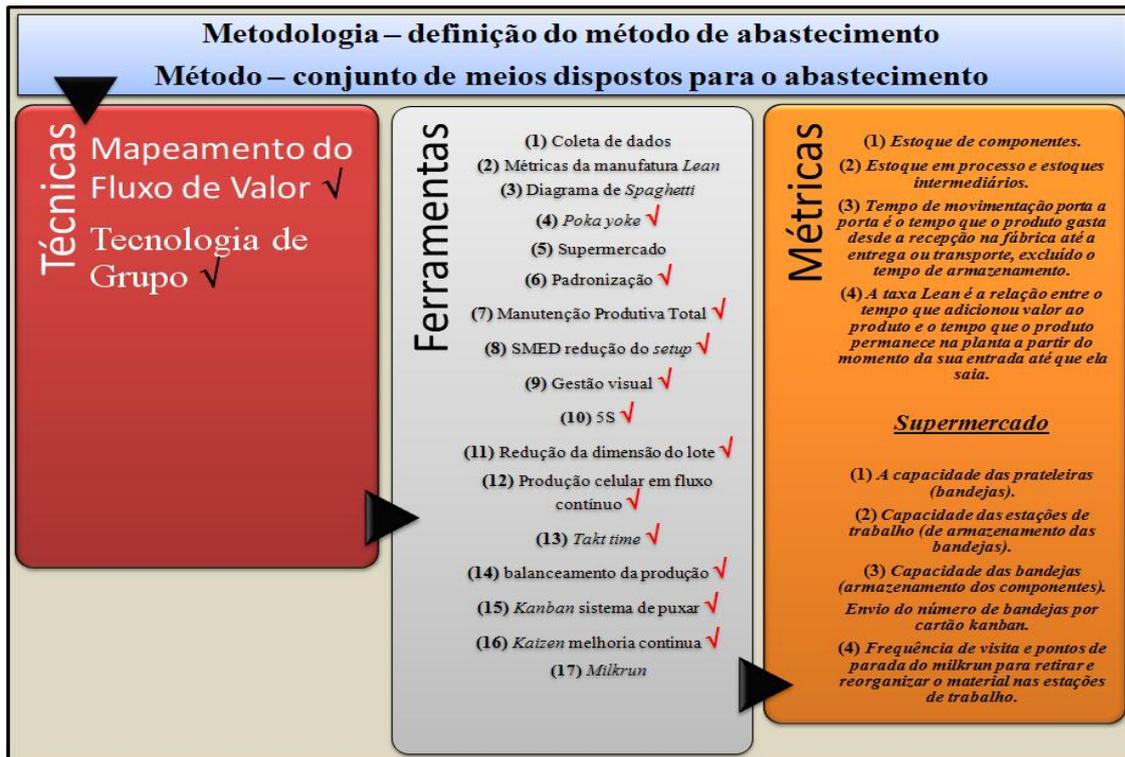
Quanto às técnicas, ferramentas e, conseqüentemente, às métricas possíveis de aplicação no desenvolvimento do sistema de abastecimento para uma manufatura *Lean*, de acordo com a metodologia proposta, a Figura 33 mostra as principais, e as marcadas com (✓) representam as que já foram aplicadas na empresa objeto do estudo, sendo consideradas como de uso já realizado e com resultados satisfatórios para o presente trabalho.

Figura 32: Desenvolvimento das etapas de concepção da metodologia de abastecimento.



Fonte: Próprio autor.

Figura 33: Técnicas, Ferramentas e Métricas do sistema de manufatura *Lean*.



Fonte: Próprio autor.

Neste caso não será apresentado o processo de aplicação para a adequação do sistema de produção em um sistema de manufatura *Lean*, a não ser o processo de adequação do fluxo de produção da célula de manufatura objeto deste estudo, a célula DGM02.

Tratam-se de técnicas e ferramentas consagradas na literatura, não sendo necessário descrever a aplicação na presente dissertação, o que não descarta, em hipótese alguma, a necessidade de aplicação para sistemas que necessitam de um estudo aprofundado para a transformação do sistema de produção de acordo com a filosofia *Lean Manufacturing*.

Contudo, de acordo com o escopo do presente trabalho, conceitos como nível de repetição, diversificação e distinção, tecnologia de grupo e células de manufatura são importantes para a caracterização do sistema de manufatura *Lean*, sendo definida no capítulo 6 para o caso abordado neste trabalho de acordo com os capítulos teóricos 2 e 3 que foram escritos para esse fim, fundamentação teórica quanto à classificação dos sistemas de produção.

A seguir, a partir de um exemplo hipotético, é descrito um procedimento de cálculo do fluxo de abastecimento de acordo com:

- 1) Demanda prevista;
- 2) Veículo utilizado para a movimentação dos materiais e a definição dos pontos de reabastecimento a serem atendidos e;
- 3) Frequência necessária de abastecimento em função da taxa de consumo e da capacidade de reabastecimento do sistema.

#### **5.4. Frequência de Abastecimento**

De acordo com os estudos realizados durante o desenvolvimento da presente dissertação, observou-se alguns parâmetros relacionados à frequência de abastecimento que devem ser definidos por algumas premissas que podem auxiliar mais efetivamente no desempenho do sistema de abastecimento.

Por exemplo, se considerando que uma célula de manufatura de um sistema *Lean* opera diariamente das 7 horas até às 18 horas, a escala de horário do abastecimento pode ser definida para a cada 2 horas para essa célula, de acordo com a Figura 34.

Para esse caso, considerando ainda que, por item consumido pelo sistema na primeira vez do dia em que o abastecedor passa pelo supermercado da célula, ele deve recolher as embalagens vazias desse item ou itens (nesse caso definido a partir das 9 horas da manhã) e que essa embalagem ou embalagens vazias somente será repostas na segunda passagem pelo abastecedor no fluxo definido de abastecimento, no dia e no horário considerado para a visita célula de manufatura para esse item, ou seja, somente 6 horas depois (às 16 horas), a frequência de reposição por item de uma embalagem deve ocorrer, o que caracteriza um intervalo de 6 horas, tendo-se que, no início do intervalo, o abastecedor recolhe e no final do intervalo ele devolve a embalagem já abastecida. Teoricamente o sistema de produção tem 6 horas para providenciar a embalagem reabastecida e disponível para o abastecedor.

Esse sincronismo deve considerar evidentemente a taxa de consumo da célula e a capacidade de abastecimento do abastecedor, definidas por volume a ser transportado, velocidade de movimentação do veículo utilizado, e do número de pontos a serem abastecimentos, o que define a frequência de abastecimento com base no padrão de atendimento à demanda que o sistema deve responder.

Figura 34: Escala de abastecimento.

		Frequência milk run	
7	Início do turno		
			1 hora
9	milk run	1	2 horas
			3 horas
11	milk run	1	4 horas
12	almoço		5 horas
13	retorno		
14	milk run	1	6 horas
			7 horas
16	milk run	1	8 horas
			9 horas
18	milk run	1	10 horas
	Final do turno	5	

Fonte: Próprio autor.

Nesse exemplo, é considerado que, embora o abastecedor circule pela célula a cada 2 horas, cada item somente terá a correção do número de cartões *kanban* a cada 6 horas, considerando que cada embalagem representa 1 cartão *kanban*. A partir do exemplo da Figura 5.4, em que a demanda mensal do produto acabado MK é de 800 unidades por mês, o sistema deve ser dimensionado com base nos componentes do produto MK para atender a uma demanda diária de 40 unidades ( $800 / 20$  dias úteis = 40 unidades por dia) e frequência de reposição do produto acabado a cada duas horas de acordo com a Figura 35.

Pode-se, contudo, dimensionar o sistema de abastecimento para todos os componentes da estrutura do produto considerado.

Figura 35: Dados do exemplo de dimensionamento do sistema de abastecimento.

	demanda mensal	dias por mês	demanda diária	Jornada diária	Takt Time	demanda diária
produto MK	800	20	40	10,0 horas	15	40
<i>milk run</i>	2,0 a cada duas horas					

Fonte: Próprio autor.

Para esse exemplo, o produto MK possui uma estrutura de materiais com nove componentes, que deve ser considerada na proposta do sistema de abastecimento para a célula de manufatura responsável pela sua fabricação. Nesse caso pode-se definir a escala de abastecimento de acordo com a frequência adotada, como demonstrado na Figura 36.

A fim de facilitar o entendimento do exemplo, foram considerados 6 dias do ciclo do abastecimento, múltiplo do intervalo de abastecimento a cada 2 horas. De acordo com a Figura 36, a cada 6 horas um grupo de três componentes diferentes terá as embalagens vazias retiradas e as embalagens reabastecidas trazidas pelo abastecedor já repostas, e a operação de abastecimento será somente para os três componentes programados.

No caso dos componentes A, B e C, por exemplo, o programa de abastecimento a ser realizado no ciclo dos 6 dias demonstrado será:

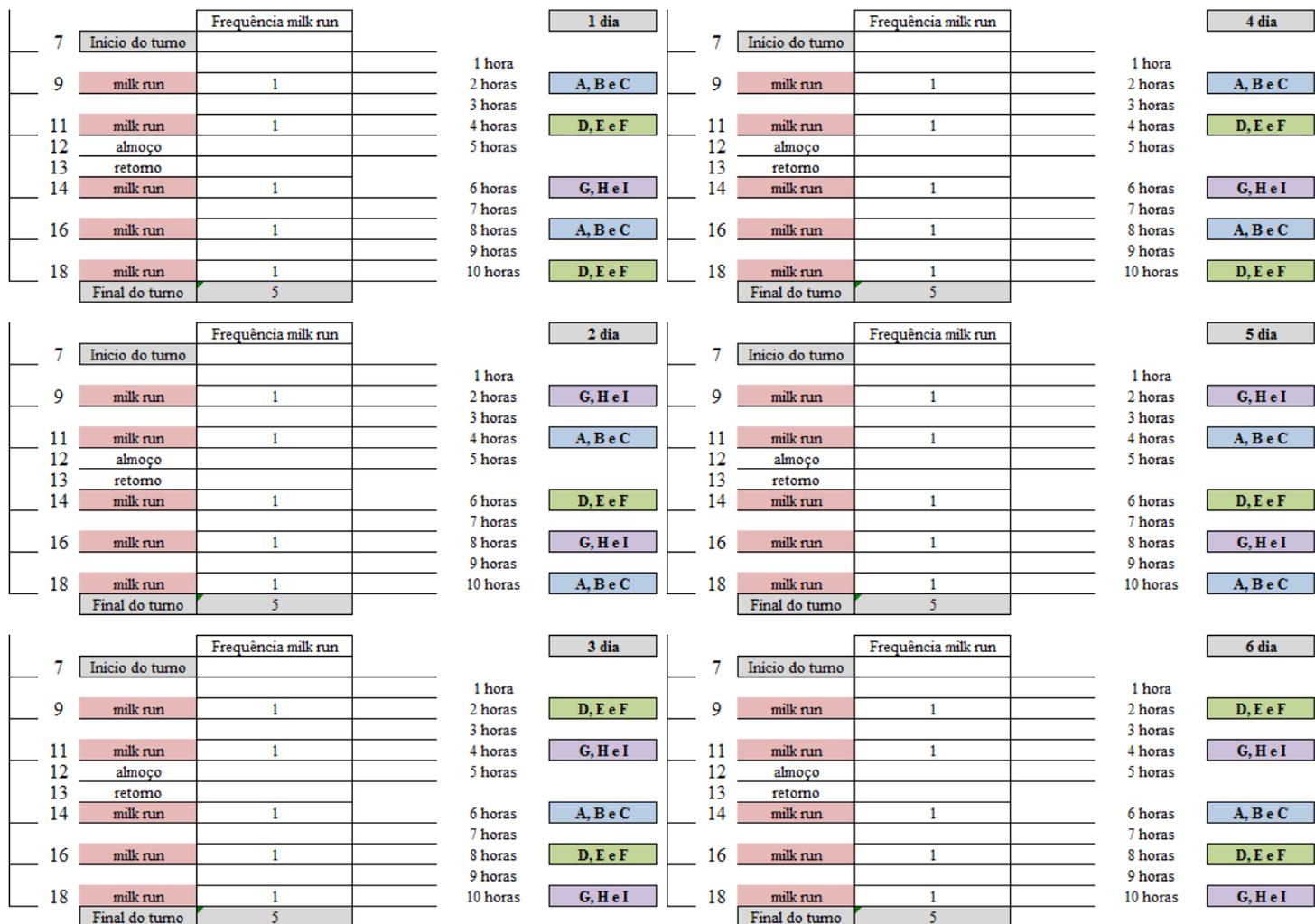
1. 1º dia – no horário das 9 e no horário das 16 horas;
2. 2º dia – no horário das 11 e no horário das 18 horas;
3. 3º dia – somente no horário das 14 horas;
4. 4º dia – no horário das 9 e no horário das 16 horas;
5. 5º dia – no horário das 11 e no horário das 18 horas;
6. 6º dia – somente no horário das 14 horas.

Para esse exemplo, a cada três dias, em termos dos horários de abastecimento, para cada grupo de componente encerra-se um ciclo, mantendo-se os intervalos para cada grupo de componentes de 6 horas de duração. Para o abastecedor, para a frequência de acesso ao supermercado para reposição e coleta das embalagens vazias, o tempo de duração de cada intervalo é de 2 horas, mantendo uma frequência diária igual a 5 em função da jornada de trabalho da célula de manufatura ser igual a 10 horas, descontada 1 hora do horário do almoço. No caso, diariamente no primeiro horário (1º dia a partir das 9 horas), devem ser abastecidos os componentes A, B e C, que serão novamente abastecidos somente no horário das 16 horas no 1º dia, ou seja, com uma frequência de abastecimento igual a 1 em um intervalo de 6 horas para cada grupo de três componentes.

Considerando que a quantidade a ser consumida de cada componente por unidade do produto Mk fabricado é definida de acordo com a quantidade da coluna “**estrutura**” da Figura 36, é possível dimensionar a demanda diária por componente, por exemplo, 2 componentes tipo A são consumidos na fabricação de um produto acabado MK, ou seja,

produzir 40 unidades por dia do produto MK requer 80 unidades do componente A diariamente. Sendo a capacidade padrão das embalagens igual ao múltiplo do consumo a cada 6 horas, que é o intervalo de reposição, considera-se para o componente tipo A um dimensionamento da capacidade de armazenamento da embalagem da ordem de 48 componentes por embalagem. O que pode posteriormente ser validado pelas fórmulas de dimensionamento do número de cartões *kanban* por componente.

Figura 36: Frequência de abastecimento dos componentes do produto MK.



Fonte: Próprio autor.

A base de cálculo é as horas de produção por dia da célula de manufatura igual ao total de 10 horas, descontado o horário do almoço e considerando que, a cada duas horas (frequência de reposição), o consumo do componente do tipo A é de 16 unidades (80 (componentes consumidos por dia) / 10 (jornada diária) = 8 componentes por hora).

Como o intervalo entre duas reposições consecutivas é de 6 horas, descontado o horário do almoço, o número de embalagens necessárias para o componente do tipo A é igual a 1 embalagem considerando  $48$  (capacidade da embalagem) /  $48$  (consumo).

A quantidade de 48 unidades do componente tipo A consumidas a cada 6 horas é resultado do cálculo  $16 * 3$  (a cada duas horas consome 16 componentes) = 48 componentes consumidos a cada 6 horas.

É importante ressaltar que o número da quantidade de componentes referente à capacidade de armazenamento das embalagens deve ser múltiplo por conveniência dos cálculos da quantidade a ser consumida, a fim de tornar o nível de estoque adequado sem excessos. É evidente que esse número depende das dimensões e do peso do componente podendo-se desdobrar em mais de uma embalagem, por exemplo, consumo de 48 unidades do componente e capacidade da embalagem igual a 30 unidades, pode-se padronizar como duas embalagens de 24 componentes, mesmo sua capacidade sendo igual a 30, o que corresponde a 2 cartões *kanban*.

A criatividade e o bom senso nesses casos devem ser considerados. A Figura 37 mostra o dimensionamento do número de embalagens. Desse modo a cada visita do abastecedor à célula de manufatura, apenas um grupo de componentes terá uma embalagem a ser repostada e uma embalagem vazia a ser retirada. É evidente que o peso, nesse caso das embalagens, será alterado em função do aumento do número de componentes, como no caso do componente do tipo G, devendo ser considerado também o peso de cada unidade do componente G.

Assim um estudo do tipo de embalagem a ser utilizada, a definição da capacidade da embalagem avaliando item a item quanto ao peso e à dimensão do componente e o tamanho do lote é fundamental. Além disso, a capacidade de transporte do veículo utilizado, sua velocidade de deslocamento, distâncias a serem percorridas e as demais células de manufatura a serem abastecidas, devem compor o escopo do projeto do sistema de abastecimento.

O fluxo de abastecimento deve ser contínuo e sincronizado, considerando a importância de manter um fluxo contínuo de reposição na mesma velocidade em que os itens a serem reabastecidos são consumidos pela célula de manufatura.

Figura 37: Dimensionamento do número de embalagens.

componentes	Estrutura	demanda diária	capacidade da embalagem	número de embalagem	Consumo a cada 6 horas
A	2	80	48	2	48
B	4	160	96	2	96
C	1	40	24	2	24
D	6	240	144	2	144
E	5	200	120	2	120
F	4	160	96	2	96
G	7	280	168	2	168
H	5	200	120	2	120
I	3	120	72	2	72

Fonte: Próprio autor.

Para o componente do tipo A, o número de *kanban* é exatamente a relação da capacidade da embalagem pelo consumo a cada 6 horas, podendo ser considerado uma margem de segurança ou uma quantidade adicional dependendo da confiabilidade do processo quanto a índices de perdas por componentes danificados no processo ou abastecidos com algum tipo de problema, o que deve ser garantido pelo abastecedor no caso do abastecimento e controlado pelos operadores ou pelo supervisor da célula de manufatura na execução das operações a serem realizadas.

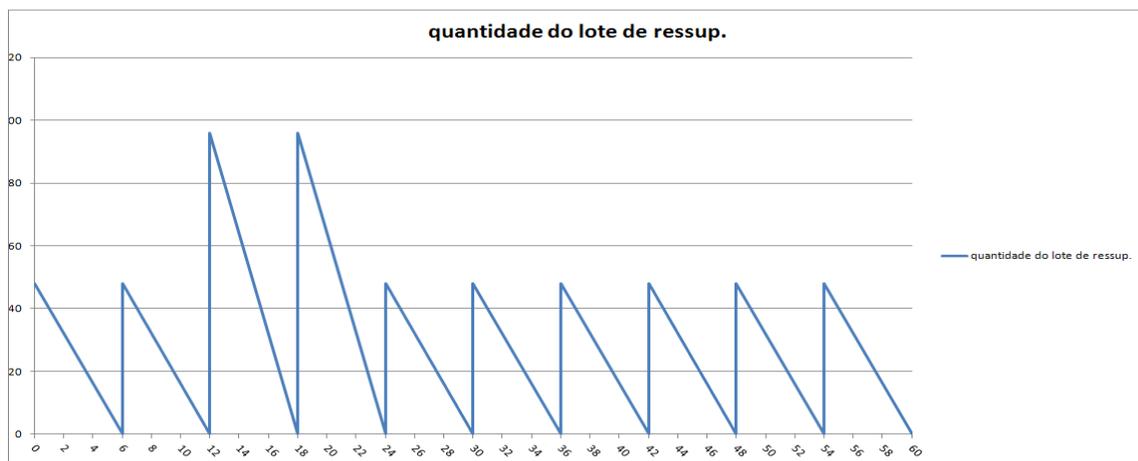
Os critérios a serem adotados devem atender às políticas da empresa e às condições de operação dos processos envolvidos, assim como a condição dos recursos de manufatura utilizados. A Figura 37 mostra o número total de embalagens a serem movimentadas pelo abastecedor a cada visita ao supermercado da célula de manufatura como já descrito. A adequação do número de embalagens em função das variáveis relacionadas do processo de abastecimento deve ser realizada pelos responsáveis pelo dimensionamento do sistema.

Para o componente do tipo A, o fluxo de abastecimento é similar ao da Figura 38, podendo, dependendo da necessidade, ter o número de cartões *kanban* alterado para 3, por exemplo, para atender alterações de demanda para mais. É importante considerar que

variações ou flutuações pequenas de demanda requerem embalagens com menor capacidade de acondicionamento, enquanto variações maiores de demanda em um intervalo menor de tempo requerem embalagens com maior capacidade de acondicionamento para evitar um número muito grande de cartões *kanbans* no processo.

Embora fatores como peso do componente, espaço físico, tamanho de lote e tempo de *setup* deva ser considerados no dimensionamento, o que não é tarefa simples para sistemas de manufatura com um número elevado de produtos acabados a serem fabricados ou, conseqüentemente, um número significativo de componentes e matéria-prima a serem processadas, há a possibilidade da garantia de um fluxo de materiais balanceado sem onerar o nível dos estoques de componentes e matérias-primas no recebimento, nos estoques intermediários, supermercados e em processo (*Work in process*).

Figura 38: Frequência de reabastecimento do componente do tipo A.



Fonte: Próprio autor.

Tal verificação normalmente é feita a partir de um sistema de coordenação de ordens de produção *Kanban* com dois cartões (*two bin system*), de modo que o cartão que se encontra vazio é retirado e reabastecido no próximo ciclo, como exposto no exemplo da Figura 39, ficando o segundo cartão como reserva com quantidade de componentes suficiente para que não exista qualquer risco de interrupção do processo de fabricação por falta de material.

Há no caso da movimentação de materiais, de acordo com o escopo do sistema de abastecimento, a necessidade da definição do modo de transporte para a movimentação horizontal dos materiais, tal como o uso de um veículo guiado automaticamente ou outro tipo de veículo transportador apropriado para as necessidades de cada área de produção e de

acordo com o volume de peças a ser transportado. De acordo com Coffey e Thornley (2006), para sistemas de manufatura *Lean*, a solução para o sistema de abastecimento na maioria dos casos é manual, com a utilização de calhas ou esteiras manuais de movimentação com roletes entre as células de manufatura e por veículos operados manualmente, de preferência elétricos, no fluxo interno da fábrica e não alternativas sofisticadas de automatização.

Figura 39: Número de embalagens movimentadas (sistema de coordenação de ordens de produção "kanban Two bin system" definido na lista de termos técnicos).

Componentes repostos	Reposição	Embalagens vazias no período de 6 horas	reposição de embalagem	saldo de embalagem	saldo de quantidade	Validação do saldo de quantidde	número de embalagens a acrescentar	número de embalagens atualizadas	número de embalagens repostas por rota
A	1	1	0	1	48	0	0	2	6
B		1	0	1	96	0	0	2	
C		1	0	1	24	0	0	2	
D	2	1	0	1	144	0	0	2	6
E		1	0	1	120	0	0	2	
F		1	0	1	96	0	0	2	
G	3	1	0	1	168	0	0	2	6
H		1	0	1	120	0	0	2	
I		1	0	1	72	0	0	2	

Fonte: Próprio autor.

Contudo, é importante considerar que a justificativa dos autores refere-se ao caso de linhas de montagem que operam de acordo com a manufatura *Lean*, em que a prioridade é o gerenciamento manual dos componentes durante o processo de modo a se evitar movimentação desnecessária. Nos casos em que um veículo automatizado, ao percorrer determinada rota de acordo com a frequência definida, não encontrar peças que devem ser coletadas ou abastecidas, o veículo deverá continuar na sua rota programada, o que não acontece com a operação manual do veículo por um abastecedor, reduzindo a ociosidade do veículo em períodos em que a reposição não necessita ser realizada.

### **5.5. Dimensionamento do Número de Cartões *Kanban***

Há diversos procedimentos de cálculo ou dimensionamento da capacidade de componentes por cartão *kanban* e, conseqüentemente, do número necessário de cartões para garantir um fluxo contínuo com o mínimo de estoque; contudo, a generalidade converge no mesmo sentido, o cartão *Kanban* de um determinado componente considera como variável o tempo de reposição, a cobertura do tamanho do lote, o estoque de segurança, etc. Entre os métodos de cálculo ou dimensionamento do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban*, de acordo com a literatura, estão:

- 1) Método utilizado pelo *Bosch Production System – Standard handbook BPS Logistics 1.0 – Standards Make* (Equações: 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7);
- 2) Método utilizado pela 3M do Brasil (Equação 5.8);
- 3) Método usualmente encontrado na literatura (Equação 5.9);
- 4) Método utilizado pela consultoria *System Way* (Equação 5.10);
- 5) Método utilizado pela empresa MBB (Equação 5.11) e;
- 6) Método utilizado pela *ZF Sachs* (Equações: 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26, 5.27, 5.28 e 5.29).

A seguir é apresentada a fórmula de cálculo utilizada de cada método.

**5.5.1. Método utilizado pelo *Bosch Production System***

**Equação 5.1**

Tempo de cobertura do reabastecimento (período de tempo pode incluir turno de trabalho, número de dias trabalhados ou número de semanas trabalhadas. Em geral é calculado em unidade de tempo diária), para um componente “i”.

$$RE_i = \frac{PR_i * RT_i}{NPT_i * SNP_i}$$

RT - tempo de reposição - *Replenishment Time* (intervalo de tempo entre duas reposições consecutivas).

PR - necessidade de componentes por período - *Requirements per period* (estoque por período).

NPT - tempo líquido de produção - *Net production time*. (tempo de produção em minutos por componente).

SNP - número padrão de componentes por cartão *kanban* - *Standart number of parts per kanban* (estoque).

A Figura 40 apresenta um exemplo do cálculo do tempo de cobertura descrito pela equação 5.1.

Figura 40: Exemplo de cálculo de cobertura de abastecimento.

RT	Tempo de Reposição	Replenishment Time	1,0 hora
PR	Necessidade por período	Requirements per period	40 por hora
NPT	tempo líquido de produção	Net production time	1,50 minutos
SNP	número padrão de componentes por <i>kanban</i>	Standart number of parts per <i>kanban</i>	20,00
			30,00
			<b>RE</b>
			<b>45,00 (duração de 1 <i>kanban</i> em minutos)</b>

Fonte: Próprio autor.

Pela equação 5.1, pode-se calcular também o número de cartões para o exemplo anterior (Figura 39) para os 9 componentes de acordo com a Figura 41.

Figura 41: Número de cartões kanban de acordo com os dados de consumo da Figura 40.

Componente A			Componente D			Componente G		
Parâmetros	Legenda		Parâmetros	Legenda		Parâmetros	Legenda	
RT	6,0 horas	tempo de reposição	RT	6,0 horas	tempo de reposição	RT	6,0 horas	tempo de reposição
PR	48 unidades	consumo por período (6 horas)	PR	144 unidades	consumo por período (6 horas)	PR	168 unidades	consumo por período (6 horas)
NPT	0,5 minutos	tempo líquido de produção	NPT	2,0 minutos	tempo líquido de produção	NPT	0,7 minutos	tempo líquido de produção
SNP	96 unidades	número padrão de componentes por cartão	SNP	72 unidades	número padrão de componentes por cartão	SNP	240 unidades	número padrão de componentes por cartão
RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento	RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento	RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento
Componente B			Componente E			Componente H		
Parâmetros	Legenda		Parâmetros	Legenda		Parâmetros	Legenda	
RT	6,0 horas	tempo de reposição	RT	6,0 horas	tempo de reposição	RT	6,0 horas	tempo de reposição
PR	96 unidades	consumo por período (6 horas)	PR	120 unidades	consumo por período (6 horas)	PR	120 unidades	consumo por período (6 horas)
NPT	0,8 minutos	tempo líquido de produção	NPT	1,4 minutos	tempo líquido de produção	NPT	0,8 minutos	tempo líquido de produção
SNP	120 unidades	número padrão de componentes por cartão	SNP	86 unidades	número padrão de componentes por cartão	SNP	150 unidades	número padrão de componentes por cartão
RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento	RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento	RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento
Componente C			Componente F			Componente I		
Parâmetros	Legenda		Parâmetros	Legenda		Parâmetros	Legenda	
RT	6,0 horas	tempo de reposição	RT	6,0 horas	tempo de reposição	RT	6,0 horas	tempo de reposição
PR	24 unidades	consumo por período (6 horas)	PR	96 unidades	consumo por período (6 horas)	PR	72 unidades	consumo por período (6 horas)
NPT	1,2 minutos	tempo líquido de produção	NPT	1,6 minutos	tempo líquido de produção	NPT	2,4 minutos	tempo líquido de produção
SNP	20 unidades	número padrão de componentes por cartão	SNP	60 unidades	número padrão de componentes por cartão	SNP	30 unidades	número padrão de componentes por cartão
RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento	RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento	RE	6,0 horas	tempo de cobertura do reabastecimento

Fonte: Próprio autor.

Observando os resultados da Figura 41 podemos verificar que o tempo de cobertura do reabastecimento é o mesmo para todos os componentes pelo fato de mantermos o tempo de 6 horas considerado anteriormente. Em função agora do tempo líquido de produção o ajuste do número de embalagens passa a ser realizado com relação a variável número padrão de componentes por cartão.

O número de componentes por cartão, por sua vez, é função da dimensão da embalagem, dimensão do componente e do peso do componente de acordo com o padrão de tamanho das embalagens existentes no mercado, considerando também a praticidade de movimentação e acomodação das embalagens no espaço existente para o carregamento no veículo de movimentação e nas áreas de acondicionamento das embalagens.

A Figura 42 a partir dos dados da Figura 41 define o número de embalagens necessárias para cada componente considerando o sistema *Two bin system* considerado para esse exemplo.

Figura 42: Determinação do número de embalagens para o sistema *Two bin system*

Componente	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<b>Quant./rodada</b>	48	96	24	144	120	96	168	120	72
<b>Cap. Emb. Ajust.</b>	96	120	20	72	86	60	240	150	30
<b>Cap. Emb. Real</b>	30	28	45	30	22	34	30	18	25
<b>Quant. Real de E.</b>	3,2	4,286	0,444	2,4	3,909	1,765	8	8,333	1,2
<b>N. Emb.</b>	4	5	1	3	4	2	8	9	2
<b><i>Two bin system</i></b>	8	10	2	6	8	4	16	18	4
<b>ociosidade da E.</b>	20,0%	14,3%	55,6%	20,0%	2,3%	11,8%	0,0%	7,4%	40,0%

Fonte: Próprio autor.

De acordo com a figura 42 o número de embalagens a ser movimentado no intervalo de 6 horas para cada grupo de 3 componentes é:

- 1) Grupo A – B – C – 10 embalagens;
- 2) Grupo D – E – F – 9 embalagens e;
- 3) Grupo G – H – I – 19 embalagens.

Enquanto as embalagens relacionadas (38 embalagens) estão sendo movimentadas como vazias para o reabastecimento, outras 38 embalagens permanecem à disposição da célula para consumo, como exposto na Figura 42 na linha *Two bin system* o total é de 76 embalagens.

Pelas equações descritas a seguir, é possível avaliar o resultado considerando outras variáveis como:

- 1) Tamanho do lote de cobertura;
- 2) Cobertura a partir do momento do consumo;
- 3) Quantidade retirada;
- 4) Intervalo de tempo de cobertura;
- 5) Cobertura do tempo de segurança;

- 6) Flutuação do desempenho da fonte ou do fornecedor;
- 7) Flutuação da demanda do consumidor e;
- 8) Problemas indefinidos.

### **Equação 5.2**

Tamanho do lote de cobertura (somente se  $LS > SNP$ ).

$$LO_i = \frac{LS_i}{SNP_i} - 1$$

LS - tamanho do lote - *Lot size* (estoque).

### **Equação 5.3**

Cobertura a partir do momento de consumo. Cobertura do pico de consumo (somente no seguinte caso:  $WA > LS$ , diferentemente de  $WI = 0$ ).

$$WI_i = \frac{WA_i - LS_i}{SNP_i}$$

WA - quantidade retirada (consumidor) - *Withdrawal Peak Coberage* (estoque).

### **Equação 5.4**

Intervalo de tempo de cobertura. Diferença do tempo de cobertura (turno do consumidor  $<$   $>$  turno do fornecedor).

$$T_i = \frac{PR_i}{NPT_i * SNP_i} * T_{consumidor} - T_{fornecedor}$$

$T_{consumidor}$  = turno do consumidor (minutos).

$T_{fornecedor}$  = turno do fornecedor (minutos).

### Equação 5.5

Cobertura do tempo de segurança. Aspectos considerados na definição da margem de segurança:

- 1) Flutuação do desempenho da fonte ou do fornecedor.
- 2) Flutuação da demanda do consumidor.
- 3) Problemas indefinidos.

$$S_i = \frac{PR_i * ST_i * 60}{NPT_i * SNP_i}$$

ST - tempo de segurança - *Safety time* (em horas).

### Equação 5.6

O número de cartões *kanban* por componente pode ser calculado considerando:

$$K_i = RE_i + LO_i + WI_i + TI_i + SA_i$$

$K_i$  = quantidade de *kanban* para um determinado componente.

### Equação 5.7

$$K_i = \frac{PR_i * RT_i * ST_i * 60}{NPT_i * SNP_i} + \frac{WA_i - LS_i}{SNP_i} \rightarrow se \rightarrow LS_i \leq SNP_i$$

ou

$$K_i = \frac{PR_i * RT_i * ST_i * 60}{NPT_i * SNP_i} + \frac{WA_i}{SNP_i} - 1 \rightarrow se \rightarrow LS_i > SNP_i$$

Esta metodologia de cálculo implica na existência de *two bins* (dois cartões) para cada componente.

**Observação:** critérios de divisão por faixas: verde, amarelo e vermelho não menciona.

### 5.5.2. Método utilizado pela 3M do Brasil

#### Equação 5.8

$$Y = DD * \frac{[ TF + TP_1 + TP_2 + TE * 1 + a ]}{C}$$

Y= Numero de cartões *kanban*.

DD= Demanda diária.

TF = Tempo de Fabricação.

TP<sub>1</sub> = Tempo de processo 1.

TP<sub>2</sub> = Tempo de processo 2.

TE = Tempo de Espera.

a = Fator de segurança.

C = Capacidade do *container*.

**Observação:** critérios de divisão por faixas: verde, amarelo e vermelho não menciona.

### 5.5.3 Método usualmente encontrado na literatura

#### Equação 5.9

$$Y = \frac{N * DF + DE * (1 + a)}{C}$$

Y= Numero de cartões *kanbans*.

N= Demanda diária.

DF= Ciclo de fabricação (Dias)

DE= Tempo de espera (Dias).

a = Fator de segurança.

C = Quantidade de peças no *container*.

**Observação:** critérios de divisão por faixas: verde, amarelo e vermelho não menciona.

#### 5.5.4 Método utilizado pela empresa de consultoria *System Way*

##### Equação 5.10

$$K = \frac{D * (DE + TP)}{A} * (1 + a)$$

K= Número de cartões *kanban* (Nº de container).

D= Demanda diária.

TE= Tempo de Espera (Fila, fração decimal de um dia).

TP= Tempo de Processamento de um container. (Incluir tempo de preparação de máquina (s)).

a = Coeficiente de segurança (porcentual não superior a 10 %).

A = Quantidade de peças no container.

#### Critérios de divisão por faixas

**Verde:** Produção referente à soma dos tempos de preparação das máquinas a serem utilizadas pelo item acrescentando o tempo de processamento de um *container*.

**Amarelo:** Produção referente à soma dos tempos de espera dos processos a serem utilizados pelo item.

**Vermelho:** produção referente ao coeficiente de segurança estipulado para o item.

#### 5.5.5 Método utilizado pela empresa MBB

##### Equação 5.11

$$N = \frac{D * Te + Tp * (1 + a)}{A}$$

N= Número de cartões *kanban*.

D= Demanda diária.

Te = Tempo de espera.

Tp = Tempo de processo.

a = Fator de segurança.

A = Número de unidade de cada *container*.

### **Critérios de divisão por faixas**

**Verde:** 50 % do total do dimensionamento.

**Amarelo:** Momento de solicitar ao fornecedor/início da produção.

**Vermelho:** Crítico.

### **5.5.6 Método utilizado pela ZF Sachs**

**Equação 5.12 (utilizada na implantação do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* em 1996)**

$$KB = \frac{1}{CE} [LM + MCD * LTF ]$$

KB = Número de *kanban* para o item.

CE = Capacidade da Embalagem.

LM = Lote Mínimo do fornecedor.

MCD = Média de Consumo Diário.

LTF = *Lead Time* do Fornecedor em dias.

### **Critérios de divisão por faixas**

**Verde:** LM/CE - 1 = 2 KB.

**Amarelo:** MCD X LTF /CE + 1 = 31 KB.

**Vermelho:** os *Kanbans* da faixa amarela são distribuídos nas faixas vermelha e amarela.

**Desvio Padrão (Equação 5.13)**

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

**Equação 5.14 (considera variação da demanda com 1 desvio padrão)**

$$\text{Número de Kanban} = \frac{1}{CE} * \left[ LPE + \frac{MCM + \sigma}{22} * LTF * 1 + \alpha \right]$$

CE = Capacidade da Embalagem.

LPE = Lote Econômico de Produção.

MCM = Média de Consumo mensal (3 meses no passado e 2 meses no futuro).

$\alpha$  = Estoque de Segurança.

22 = Número padrão de Dias úteis do mês.

**Quantidade Cartões Atuais**

% = [(Quantidade nova de peças / Quantidade Cartões Atuais \* CE) \* 100] - 100.

**Distribuição de Cartões por Faixa**

**Verde:** LM/CE - 1 = 2 KB.

**Amarelo:** MCD X LTF /CE + 1 = 31 KB.

**Vermelho:** os *Kanbans* da faixa amarela são distribuídos nas faixas vermelha e amarela.

**Equação 5.15**

**Faixa Verde** = LPE / CE - 1

**Equação 5.16**

**Faixa Amarela**

$$\text{Faixa Amarela} = 1 + \frac{(MCM + \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,3)$$

**Equação 5.17**

**Faixa vermelha**

$$\text{Faixa Vermelha} = \frac{(MCM + \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,7)$$

**Equação 5.18 (considera variação da demanda com 2 desvios padrão)**

$$\text{Número de Kanban} = \frac{1}{CE} * [LPE + \frac{MCM + 2 * \sigma}{22} * LTF * 1 + \alpha ]$$

CE = Capacidade da Embalagem.

LPE = Lote Econômico de Produção.

MCM = Média de Consumo mensal (3 meses no passado e 2 meses no futuro).

$\alpha$  = Estoque de Segurança.

22 = Número padrão de dias úteis do mês.

**Quantidade Cartões Atuais**

% = [(Quantidade nova de peças / Quantidade Cartões Atuais \* CE) \* 100] - 100.

**Distribuição de Cartões por Faixa**

**Verde:** LM/CE - 1 = 2 KB.

**Amarelo:** MCD X LTF /CE + 1 = 31 KB.

**Vermelho:** os *Kanbans* da faixa amarela são distribuídos nas faixas vermelha e amarela.

**Equação 5.19**

**Faixa Verde** = LPE / CE - 1

**Equação 5.20**

**Faixa Amarela**

$$\text{Faixa Amarela} = 1 + \frac{(MCM + 2 * \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,3)$$

**Equação 5.21**

**Faixa vermelha**

$$\text{Faixa Vermelha} = \frac{(MCM + 2 * \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,7)$$

**Equação 5.22 (considera variação da demanda com 3 desvios padrão)**

$$\text{Número de Kanban} = \frac{1}{CE} * \left[ LPE + \frac{MCM + 3 * \sigma}{22} * LTF * 1 + \alpha \right]$$

CE = Capacidade da Embalagem.

LPE = Lote Econômico de Produção.

MCM = Média de Consumo mensal (3 meses no passado e 2 meses no futuro).

$\alpha$  = Estoque de Segurança.

22 = Número padrão de Dias úteis do mês.

**Quantidade Cartões Atuais**

% = [(Quantidade nova de peças / Quantidade Cartões Atuais \* CE) \* 100] - 100.

**Distribuição de Cartões por Faixa**

**Verde:** LM/CE - 1 = 2 KB.

**Amarelo:** MCD X LTF /CE + 1 = 31 KB.

**Vermelho:** os *Kanbans* da faixa amarela são distribuídos nas faixas vermelha e amarela.

**Equação 5.23**

**Faixa Verde** = LPE / CE - 1

**Equação 5.24**

**Faixa Amarela**

$$\text{Faixa Amarela} = 1 + \frac{(MCM + 3 * \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,3)$$

**Equação 5.25**

**Faixa vermelha**

$$\text{Faixa Vermelha} = \frac{(MCM + 3 * \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,7)$$

**Equação 5.26 (considera variação da demanda com 3 desvios padrão sem considerar o Lote Econômico de Produção no dimensionamento do Número de cartões *Kanbans*).**

$$\text{Número de Kanban} = \frac{1}{CE} * \left[ \frac{MCM + 3 * \sigma}{22} * LTF * 1 + \alpha \right]$$

CE = Capacidade da Embalagem.

LPE = Lote Econômico de Produção.

MCM = Média de Consumo mensal (3 meses no passado e 2 meses no futuro).

$\alpha$  = Estoque de Segurança.

22 = Número padrão de Dias úteis do mês.

**Quantidade Cartões Atuais**

% = [(Quantidade nova de peças / Quantidade Cartões Atuais \* CE) \* 100] - 100.

### *Distribuição de Cartões por Faixa*

**Verde:**  $LM/CE - 1 = 2$  KB.

**Amarelo:**  $MCD \times LTF / CE + 1 = 31$  KB.

**Vermelho:** os *Kanbans* da faixa amarela são distribuídos nas faixas vermelha e amarela.

### *Equação 5.27*

**Faixa Verde** =  $LPE / CE - 1$

### *Equação 5.28*

**Faixa Amarela**

$$Faixa Amarela = 1 + \frac{(MCM + 3 * \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,3)$$

### *Equação 5.29*

**Faixa vermelha**

$$Faixa Vermelha = \frac{(MCM + 3 * \sigma)}{22} * \frac{LTF * (1 + \alpha)}{CE} * (0,7)$$

## **5.6 Modelo matemático para o dimensionamento do número de abastecedores**

O modelo matemático aplicado para o dimensionamento do número de abastecedores como parte da metodologia proposta no presente trabalho foi desenvolvido por Kilic et al. (2012). Para a presente dissertação, o modelo foi adaptado para o *solver* do Excel, como exposto a seguir. A formulação matemática com a definição das hipóteses e restrições,

assim como as expressões matemáticas do modelo se encontram, como já mencionadas no capítulo 4. Além da adaptação do modelo matemático para simulação com o uso do *solver* do Excel, trabalhou-se com uma precisão dos dados de milésimo, o que resultou em uma pequena diferença de resultado entre o modelo proposto pelos autores e o modelo adaptado apresentado neste trabalho.

As Figuras 43 e 44 mostram o modelo adaptado para o *solver* do Excel de acordo com os dados de entrada utilizados pelos autores do modelo e as Figuras 45 e 46 o modelo com redução em 50% do estoque em processo (WIP – *Work in Process*).

## Metodologia de Desenvolvimento do Sistema de Abastecimento Proposta - 206

Figura 43: Modelo desenvolvido no *solver* do Excel 2012 – nw = 2 abastecedores. P = 1.

quantidade		ciclo	ajuste	kits		WIP		Skw	Custo Total	kits	fixprep	kitdemand	Parâmetros	
A1	11	22,00	11	11	0,440	A1	R\$ 500,00	11	R\$ 4,40	A1	1,5	0,5	R	0,0004
B1	19	25,33	19	19	0,760	B1	R\$ 600,00	19	R\$ 9,12	B1	1,5	0,75	p	1
C1	24,99813477	25,00	27	25	1,000	C1	R\$ 700,00	24,998135	R\$ 14,00	C1	1,5	1	cw	R\$ 50,00
A2	11	22,00	11	11	0,440	A2	R\$ 550,00	11	R\$ 4,84	A2	2	0,5	kitbox	5
B2	19	25,33	19	19	0,760	B2	R\$ 650,00	19	R\$ 9,88	B2	2	0,75	kitws	1
C2	24,99813477	25,00	27	25	1,000	C2	R\$ 750,00	24,998135	R\$ 15,00	C2	2	1	luk	0,25
A3	11	22,00	11	11	0,440	A3	R\$ 600,00	11	R\$ 5,28	A3	2,5	0,5	kitvol	8000
B3	19	25,33	19	19	0,760	B3	R\$ 700,00	19	R\$ 10,64	B3	2,5	0,75	varprep	0,1
C3	25	25,00	27	25	1,000	C3	R\$ 800,00	25	R\$ 16,00	C3	2,5	1	kitfixcycle	1
nw	2	24,11		165					R\$ 189,16				kitidlecycle	5
kitidlecycle	5,00												nw	2

box			sbox			Tempos		restrições			restrições			restrições													
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lkw	Hkw																		
2,2	3,2	3	A1	2,2	3,2	3	A1	0,75	1,30	48000			24000			24000											
3,8	4,8	4	B1	3,8	4,8	4	B1	1	1,70	64000			32000			32000											
4,999626953	5,999626953	5	C1	4,999626953	5,999626953	5	C1	1,25	2,00	80000			40000			40000											
2,2	3,2	3	A2	2,2	3,2	3	A2	0,75	1,55	48000			24000			24000											
3,8	4,8	4	B2	3,8	4,8	4	B2	1	1,95	64000			32000			32000											
4,999626953	5,999626953	5	C2	4,999626953	5,999626953	5	C2	1,25	2,25	80000			40000			40000											
2,2	3,2	3	A3	2,2	3,2	3	A3	0,75	1,80	48000			24000			24000											
3,8	4,8	4	B3	3,8	4,8	4	B3	1	2,20	64000			32000			32000											
5,0	6,0	5	C3	5,0	6,0	5	C3	1,25	2,50	80000			40000			40000											
								9	17,24972	576000			600000			288000			1000000			288000			500000		

	resultado artigo	resultado modelo	%	diferença %
custo	R\$ 180,00	R\$ 189,16	105,09%	5,09%
quantidade total	150	165	110,00%	10,00%
tempo de ciclo	22	24,11	109,59%	9,59%
custo por unidade	R\$ 1,20	R\$ 1,15	95,53%	-4,47%

kitperiod	
32,25	60

Fonte: Próprio autor.

# Metodologia de Desenvolvimento do Sistema de Abastecimento Proposta – 207

Figura 44: Modelo desenvolvido no *solver* do Excel 2012 – nw = 3 abastecedores. P = 1.

quantidade		ciclo	ajuste	kits		WIP		Skw	Custo Total	kits	fixprep	kitdemand	Parâmetros	
A1	5	10,00	5	5	0,357	A1	R\$ 500,00	5	R\$ 2,00	A1	1,5	0,5	R	0,0004
B1	10	13,33	10	10	0,714	B1	R\$ 600,00	10	R\$ 4,80	B1	1,5	0,75	p	1
C1	14	14,00	14	14	1,000	C1	R\$ 700,00	14	R\$ 7,84	C1	1,5	1	cw	R\$ 50,00
A2	5	10,00	5	5	0,357	A2	R\$ 550,00	5	R\$ 2,20	A2	2	0,5	kitbox	5
B2	10	13,33	10	10	0,714	B2	R\$ 650,00	10	R\$ 5,20	B2	2	0,75	kitws	1
C2	14	14,00	14	14	1,000	C2	R\$ 750,00	14	R\$ 8,40	C2	2	1	lwk	0,25
A3	5	10,00	5	5	0,357	A3	R\$ 600,00	5	R\$ 2,40	A3	2,5	0,5	kitvol	8000
B3	10	13,33	10	10	0,714	B3	R\$ 700,00	10	R\$ 5,60	B3	2,5	0,75	varprep	0,1
C3	14	14,00	14	14	1,000	C3	R\$ 800,00	14	R\$ 8,96	C3	2,5	1	kitfixcycle	1
nw	3	12,44		87					R\$ 197,40				kitidlecycle	5
kitidlecycle	5,00												nw	2

box			sbox				Tempos		restrições			restrições			restrições						
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lkw	Hkw												
1	2	1	A1	1	2	1	A1	0,25	0,67	16000				8000				8000			
2	3	2	B1	2	3	2	B1	0,5	0,83	32000				16000				16000			
2,8	3,8	3	C1	2,8	3,8	3	C1	0,75	0,97	48000				24000				24000			
1	2	1	A2	1	2	1	A2	0,25	0,83	16000				8000				8000			
2	3	2	B2	2	3	2	B2	0,5	1,00	32000				16000				16000			
2,8	3,8	3	C2	2,8	3,8	3	C2	0,75	1,13	48000				24000				24000			
1	2	1	A3	1	2	1	A3	0,25	1,00	16000				8000				8000			
2	3	2	B3	2	3	2	B3	0,5	1,17	32000				16000				16000			
2,8	3,8	3	C3	2,8	3,8	3	C3	0,75	1,30	48000	kitarea	24000	kittingarea	24000	cap	500000					
								4,5	8,9	288000	600000	144000	1000000	144000							

	resultado artigo	resultado modelo	%	diferença %
custo	R\$ 191,00	R\$ 197,40	103,35%	3,35%
quantidade total	81	87	107,41%	7,41%
tempo de ciclo	12	12,44	103,70%	3,70%
custo por unidade	R\$ 2,36	R\$ 2,27	96,22%	-3,78%

kitperiod	
19,40	60

Fonte: Próprio autor.

# Metodologia de Desenvolvimento do Sistema de Abastecimento Proposta – 208

Figura 45: Modelo desenvolvido no *solver* do Excel 2012 – nw = 2 abastecedores. P = 0,5.

quantidade		ciclo	ajuste	kits		WIP		Skw	Custo Total	kits	fixprep	kitdemand	Parâmetros	
A1	13	26,00	13	13	0,419	A1	R\$ 500,00	6,5	R\$ 3,90	A1	1,5	0,5	R	0,0004
B1	22	29,33	22	22	0,710	B1	R\$ 600,00	11	R\$ 7,92	B1	1,5	0,75	p	0,5
C1	31	31,00	31	31	1,000	C1	R\$ 700,00	15,5	R\$ 13,02	C1	1,5	1	cw	R\$ 50,00
A2	13	26,00	13	13	0,419	A2	R\$ 550,00	6,5	R\$ 4,29	A2	2	0,5	kitbox	5
B2	22	29,33	22	22	0,710	B2	R\$ 650,00	11	R\$ 8,58	B2	2	0,75	kitws	1
C2	31	31,00	31	31	1,000	C2	R\$ 750,00	15,5	R\$ 13,95	C2	2	1	luk	0,25
A3	13	26,00	13	13	0,419	A3	R\$ 600,00	6,5	R\$ 4,68	A3	2,5	0,5	kitvol	8000
B3	22	29,33	22	22	0,710	B3	R\$ 700,00	11	R\$ 9,24	B3	2,5	0,75	varprep	0,1
C3	31	31,00	31	31	1,000	C3	R\$ 800,00	16	R\$ 14,88	C3	2,5	1	kitfixcycle	1
nw	2	28,78		198					R\$ 180,46				kitidlecycle	5
kitidlecycle	5,00												nw	2

box			sbox				Tempos		restrições		restrições		restrições	
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lkw	Hkw					
2,6	3,6	3	A1	1,3	2,3	2	A1	0,75	1,40	40000	24000	24000		
4,4	5,4	5	B1	2,2	3,2	3	B1	1,25	1,85	64000	40000	40000		
6,2	7,2	7	C1	3,1	4,1	4	C1	1,75	2,30	88000	56000	56000		
2,6	3,6	3	A2	1,3	2,3	2	A2	0,75	1,65	40000	24000	24000		
4,4	5,4	5	B2	2,2	3,2	3	B2	1,25	2,10	64000	40000	40000		
6,2	7,2	7	C2	3,1	4,1	4	C2	1,75	2,55	88000	56000	56000		
2,6	3,6	3	A3	1,3	2,3	2	A3	0,75	1,90	40000	24000	24000		
4,4	5,4	5	B3	2,2	3,2	3	B3	1,25	2,35	64000	40000	40000		
6,2	7,2	7	C3	3,1	4,1	4	C3	1,75	2,80	88000	56000	56000	cap	
								11,25	18,9	576000	600000	360000	kittingarea	1000000
														500000

	resultado artigo	resultado modelo	%	diferença %
custo	R\$ 180,00	R\$ 180,46	100,26%	0,26%
quantidade total	150	198	132,00%	32,00%
tempo de ciclo	22	28,78	130,81%	30,81%
custo por unidade	R\$ 1,20	R\$ 0,91	75,95%	-24,05%

kitperiod	
36,15	60

Fonte: Próprio autor.

Metodologia de Desenvolvimento do Sistema de Abastecimento Proposta – 209

Figura 46: Modelo desenvolvido no *solver* do Excel 2012 – nw = 3 abastecedores. P = 0,5.

quantidade		ciclo	ajuste	kits	
A1	5	10,00	5	5	0,357
B1	10	13,33	10	10	0,714
C1	14	14,00	14	14	1,000
A2	5	10,00	5	5	0,357
B2	10	13,33	10	10	0,714
C2	14	14,00	14	14	1,000
A3	5	10,00	5	5	0,357
B3	10	13,33	10	10	0,714
C3	14	14,00	14	14	1,000
nw	3	12,44		87	
kitidlecycle	5,00				

WIP	Skw	Custo Total	kits	fixprep	kitdemand	Parâmetros		
A1	R\$ 500,00	2,5	R\$ 1,50	A1	1,5	0,5	R	0,0004
B1	R\$ 600,00	5	R\$ 3,60	B1	1,5	0,75	p	0,5
C1	R\$ 700,00	7	R\$ 5,88	C1	1,5	1	cw	R\$ 50,00
A2	R\$ 550,00	2,5	R\$ 1,65	A2	2	0,5	kitbox	5
B2	R\$ 650,00	5	R\$ 3,90	B2	2	0,75	kitws	1
C2	R\$ 750,00	7	R\$ 6,30	C2	2	1	luk	0,25
A3	R\$ 600,00	2,5	R\$ 1,80	A3	2,5	0,5	kitvol	8000
B3	R\$ 700,00	5	R\$ 4,20	B3	2,5	0,75	varprep	0,1
C3	R\$ 800,00	7	R\$ 6,72	C3	2,5	1	kitfixcycle	1
			R\$ 185,55				kitidlecycle	5
							nw	2

box			sbox			Tempos		restrições		
Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Num. Box	kits	Lkw	Hkw	restrições
1	2	1	A1	0,5	1,5	1	A1	0,25	0,67	16000
2	3	2	B1	1	2	1	B1	0,5	0,83	24000
2,8	3,8	3	C1	1,4	2,4	2	C1	0,75	0,97	40000
1	2	1	A2	0,5	1,5	1	A2	0,25	0,83	16000
2	3	2	B2	1	2	1	B2	0,5	1,00	24000
2,8	3,8	3	C2	1,4	2,4	2	C2	0,75	1,13	40000
1	2	1	A3	0,5	1,5	1	A3	0,25	1,00	16000
2	3	2	B3	1	2	1	B3	0,5	1,17	24000
2,8	3,8	3	C3	1,4	2,4	2	C3	0,75	1,30	40000
								4,5	8,9	240000

restrições	restrições	restrições	restrições	restrições
8000	8000	8000	8000	8000
16000	16000	16000	16000	16000
24000	24000	24000	24000	24000
8000	8000	8000	8000	8000
16000	16000	16000	16000	16000
24000	24000	24000	24000	24000
8000	8000	8000	8000	8000
16000	16000	16000	16000	16000
24000	24000	24000	24000	24000
600000	144000	1000000	144000	500000
kitarea	kittingarea	cap		
600000	144000	500000		

	resultado artigo	resultado modelo	%	diferença %
custo	R\$ 191,00	R\$ 185,55	97,15%	-2,85%
quantidade total	81	87	107,41%	7,41%
tempo de ciclo	12	12,44	103,70%	3,70%
custo por unidade	R\$ 2,36	R\$ 2,13	90,45%	-9,55%

kitperiod
19,40
60

Fonte: Próprio autor.

De acordo com a Figura 43, a quantidade de *kit* para a condição de 2 colaboradores na área de *kit* é de: Família A: 11, Família B: 19 e Família C: 25 contra as quantidades: Família A: 11, Família B: 17 e Família C: 22 demonstradas pelos autores do modelo proposto como resultado do exemplo submetidos por eles.

Essa diferença ocorreu em função do arredondamento das casas decimais do modelo adaptado para o *solver* do Excel, o que resultou em uma variação nas quantidades, como exposto, com um ganho em termos de resultado da ordem de 4,47% no custo unitário por *kit*.

Os próprios autores observam que se trata de valor aproximado, podendo haver uma pequena variação como exposto. Essa redução, resultado do aumento das quantidades da Família B em 2 unidades (de 17 para 19) e da Família C em 3 unidades (de 22 para 25), embora tenha aumentado o custo total da ordem de 5% (de R\$ 180,00 para R\$ 189,86), levou a um aumento da ordem de 10% da quantidade total (de 150 para 165) proporcionando a redução do custo por unidade, como exposto.

O mesmo pode ser observado com a Figura 44. A quantidade de *kit* para a condição de 3 colaboradores na área de *kit* é de: Família A: 5, Família B: 10 e Família C: 14 contra as quantidades Família A: 6, Família B: 9 e Família C: 12 obtidos pelos autores do modelo proposto. Neste caso, o resultado em relação à redução do custo unitário demonstrado pelo modelo adaptado para o *solver* do Excel em comparação ao resultado demonstrado pelos autores foi da ordem de 3,78% por *kit*.

Essa diminuição deu-se em função da redução da quantidade da Família A em 1 unidade (de 6 para 5), do aumento das quantidades da Família B em 1 unidade (de 9 para 10) e da Família C em 2 unidades (de 12 para 14). Embora tenha aumentado o custo total da ordem de 3,35% (de R\$ 191,00 para R\$ 197,40), o aumento da ordem de 7,41% da quantidade total (de 81 para 87) proporcionou a redução do custo por unidade, como exposto.

Essa pequena variação demonstra que o modelo adaptado para o *solver* do Excel converge para o resultado demonstrado, de acordo com o pseudocódigo apresentado pelos autores do modelo proposto no *paper* Kilic et al. (2012). As Figuras 45 e 46 demonstram a importância do controle do estoque em processo (WIP – *work in process*) no sistema de abastecimento.

Uma redução da ordem de 50% no estoque para a condição de 2 abastecedores gerou uma redução de custo da ordem de 24,05% por unidade de *kit* e para a condição de 3 abastecedores gerou uma redução de custo da ordem de 9,55%, sendo relevante o dimensionamento dos estoques dos supermercados e estoques intermediários no processo.

É evidente que o nível de estoque, nesse caso, também depende da capacidade de resposta quanto ao abastecimento não somente do sistema de abastecimento durante a operação como também no processo dos fornecedores relacionados.

As Figuras 47 e 48 demonstram o fluxo de abastecimento quanto às quantidades por família de *kits* para a condição de 2 abastecedores e as Figuras 49 e 50 o fluxo de abastecimento quanto às quantidades por família de *kits* para a condição de 3 abastecedores.

O fluxo demonstrado define a frequência do abastecimento a cada 30 minutos aproximadamente para 2 abastecedores e a cada 20 minutos aproximadamente para 3 abastecedores, o que é evidente em função do aumento da capacidade de movimentação e manipulação dos *kits* com o aumento dos recursos (abastecedores), diminuindo a quantidade movimentada em termos de tamanho do lote por família, podendo ser concluído que o aumento da capacidade do sistema de abastecimento quanto a sua resposta às solicitações de abastecimento das estações de trabalho pode influenciar no nível dos estoques.

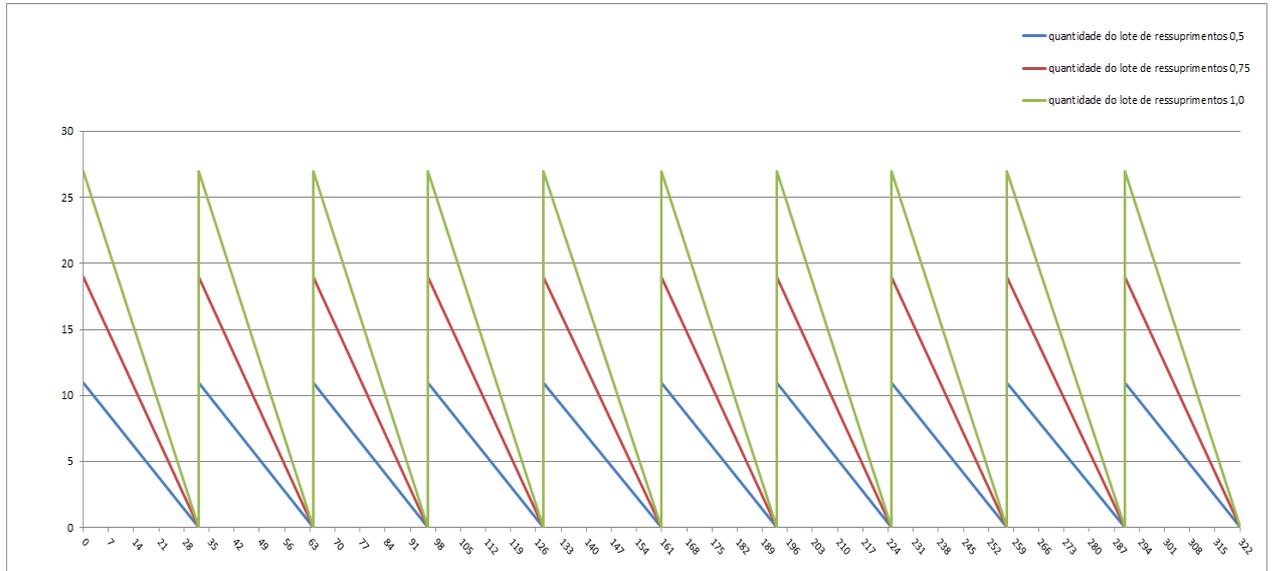
Essa redução é importante para atender ao princípio do *Lean Manufacturing* quanto aos estoques, devendo ser considerado que os fornecedores externos devem estar preparados para manter o mesmo padrão de resposta no abastecimento para o qual o sistema foi dimensionado.

Figura 47: Quantidade movimentada por *kit* para 2 abastecedores.

<i>Tour period</i>	intervalo de tempo entre cada liberação de kits para as estações de montagem	32,25 min.	32,25 min.	32,25 min.
<i>fixedtime</i>	tempo de movimentação da distância entre a área do <i>kit</i> passando pelas estações de trabalho e então retornando novamente para a área de <i>kit</i>	60,00 min.	60,00 min.	60,00 min.
<i>preparationtime</i>	atividades para tornar o <i>kit</i> pronto. O tempo total de preparação dos <i>kits</i> é dividido pelo número de colaboradores da área do <i>kit</i> para encontrar a duração da preparação do <i>kit</i> em um período	1,60 min.	1,60 min.	1,60 min.
		2,10 min.	2,10 min.	2,10 min.
		2,60 min.	2,60 min.	2,60 min.
<i>loading_unloadingtime</i>	distância pela velocidade do trailer que carrega os <i>kits</i> . Atividades realizadas na estação de trabalho durante a liberação dos <i>kits</i> - $lul_k$ - (min.)	0,25 min.	0,25 min.	0,25 min.
<i>other</i>	-----	0,00 min.	0,00 min.	0,00 min.
<i>Quantityofkit<sub>k</sub></i>	Amount of kits - kits são liberados a partir da área de concepção dos kits pelo colaborador da área do kit em um determinado ciclo periódico. Grande quantidade de kits causa um maior aumento do custo do WIP. A quantidade de WIP nas estações de trabalho de montagem depende das quantidades liberadas pelo colaborador de kit em um período.	11 unid.	19 unid.	27 unid.
<i>kitdemand<sub>k</sub></i>	Taxa de utilização do <i>kit</i> "k" por tempo	0,50 unid./min.	0,75 unid./min.	1,00 unid./min.
<i>Tourperiod = fixedtime + preparationtime + loading_unloadingtime + other (1)</i>				
Há uma relação direta entre as quantidades liberadas para as estações e o <i>Tour period</i> . Por que a demanda de kit para cada estação de trabalho é uma função do tempo de acordo com a <i>Quantityofkit<sub>k</sub></i>				
Como k representa o <i>kit</i> utilizado e <i>kitdemand<sub>k</sub></i> representa a taxa de uso do <i>kit</i> "k" por tempo a quantidade do <i>kit</i> "k" utilizado em um tour é:				
<i>Quantityofkit<sub>k</sub> = tourperiod * kitdemand<sub>k</sub> (2)</i>				
<i>kitfixcycle</i>	Tempo de ciclo fixo do colaborador do <i>kit</i> - <i>kitfixcycle</i>	1,00 min.		

Fonte: Próprio autor.

Figura 48: Gráfico dente de serra com o fluxo de abastecimento das famílias de *kit*: (Família A: (0,5), Família B: (0,75) e Família C (1,0) para 2 abastecedores).



Fonte: Próprio autor.

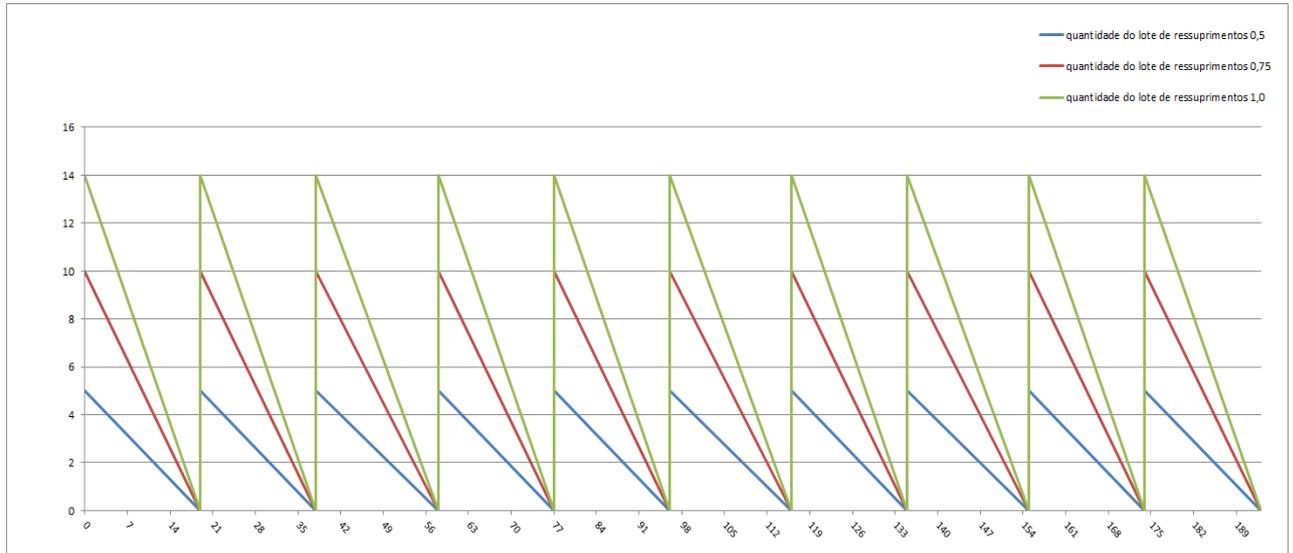
Figura 49: Quantidade movimentada por *kit* para 3 abastecedores.

<i>Tour period</i>	intervalo de tempo entre cada liberação de kits para as estações de montagem	19,40 min.	19,40 min.	19,40 min.
<i>fixedtime</i>	tempo de movimentação da distância entre a área do <i>kit</i> passando pelas estações de trabalho e então retornando novamente para a área de <i>kit</i>	60,00 min.	60,00 min.	60,00 min.
<i>preparationtime</i>	atividades para tornar o <i>kit</i> pronto. O tempo total de preparação dos <i>kits</i> é dividido pelo número de colaboradores da área do <i>kit</i> para encontrar a duração da preparação do <i>kit</i> em um período	1,60 min.	1,60 min.	1,60 min.
		2,10 min.	2,10 min.	2,10 min.
		2,60 min.	2,60 min.	2,60 min.
<i>loading_unloadingtime</i>	distância pela velocidade do trailer que carrega os <i>kits</i> . Atividades realizadas na estação de trabalho durante a liberação dos <i>kits</i> - $lul_k - (min.)$	0,25 min.	0,25 min.	0,25 min.
<i>other</i>	-----	0,00 min.	0,00 min.	0,00 min.
<i>Quantityofkit<sub>k</sub></i>	Amount of kits - kits são liberados a partir da área de concepção dos kits pelo colaborador da área do kit em um determinado ciclo periódico. Grande quantidade de kits causa um maior aumento do custo do WIP. A quantidade de WIP nas estações de trabalho de montagem depende das quantidades liberadas pelo colaborador de kit em um período.	5 unid.	10 unid.	14 unid.
<i>kitdemand<sub>k</sub></i>	Taxa de utilização do <i>kit</i> "k" por tempo	0,50 unid./min.	0,75 unid./min.	1,00 unid./min.
$Tourperiod = fixedtime + preparationtime + loading\_unloadingtime + other \quad (1)$				
Há uma relação direta entre as quantidades liberadas para as estações e o <i>Tour period</i> . Por que a demanda de <i>kit</i> para cada estação de trabalho é uma função do tempo de acordo com a <i>Quantityofkit<sub>k</sub></i>				
Como <i>k</i> representa o <i>kit</i> utilizado e <i>kitdemand<sub>k</sub></i> representa a taxa de uso do <i>kit</i> "k" por tempo a quantidade do <i>kit</i> "k" utilizado em um tour é:				
$Quantityofkit_k = tourperiod * kitdemand_k \quad (2)$				
<i>kitfixcycle</i>	Tempo de ciclo fixo do colaborador do <i>kit</i> - <i>kitfixcycle</i>	1,00 min.		

Fonte: Próprio autor.

O modelo proposto demonstra a necessidade da simulação do projeto do sistema de abastecimento antes de colocá-lo em operação a fim de avaliar a necessidade de resposta do sistema em conjunto com o fluxo de produção e os espaços físicos existentes para o acondicionamento dos estoques dos supermercados e dos locais em que o estoque em processo deve ser mantido.

Figura 50: Gráfico dente de serra com o fluxo de abastecimento das famílias de *kit*: (Família A: (0,5), Família B: (0,75) e Família C (1,0) para 3 abastecedores).



Fonte: Próprio autor.

A Figura 51 demonstra os resultados das simulações partindo da mudança de dois para seis abastecedores no sistema de abastecimento e as variações do custo total (Figura 52), *tour period* (Figura 53), quantidade total (Figura 54), custo por unidade (Figura 55), tempo de ciclo (Figura 56) e quantidade por família de *kit* (Figura 57), comparando também a influência da redução do estoque em processo (WIP – *work in process*), como mencionado, da ordem de 50%.

Como esperado, ao mesmo tempo em que o custo total aumenta significativamente com a condição com 3 abastecedores, ou seja, um número de abastecedores superior a três de acordo com a Figura 52, o *tour period* também reduz significativamente.

Em função da característica do sistema de abastecimento com a manutenção da quantidade demandada, a quantidade movimentada em cada *tour period* deve ser reduzida, não havendo diferença com 3 abastecedores entre o estoque em processo (WIP – *work in process*) 100% com relação à quantidade demandada e de 50% com a relação à quantidade demandada, como demonstrado na Figura 54. Esse comportamento do estoque em processo (WIP – *work in process*) quanto à quantidade total a ser movimentada demonstra que o WIP até três abastecedores influencia na quantidade movimentada em função de um maior pulmão em processo, reduzindo a quantidade a ser movimentada por *tour period*, de modo que um nível maior de WIP reduz a necessidade da quantidade a ser movimentada em cada *tour period* até, no máximo três abastecedores, podendo ser alterada a frequência de

abastecimento. Com o número de abastecedores maior do que três, essa influência deixa de existir.

Figura 51: Resultados das simulações com 2 e 3 abastecedores e com a redução de 50% do estoque em processo (WIP – *work in process*).

Estoque de Segurança para $p = 0,5$					
	número de colaboradores				
	2	3	4	5	6
<b>custo total (<math>p = 0,5</math>)</b>	R\$ 180,46	R\$ 185,55	R\$ 228,53	R\$ 271,15	R\$ 317,64
<b>tour period (<math>p = 0,5</math>)</b>	36,15 minutos	19,40 minutos	16,73 minutos	14,37 minutos	12,70 minutos
<b>quantidade total (<math>p = 0,5</math>)</b>	198	87	69	51	42
<b>custo por unidade (<math>p = 0,5</math>)</b>	R\$ 0,91	R\$ 2,13	R\$ 3,31	R\$ 5,32	R\$ 7,56
<b>tempo de ciclo (<math>p = 0,5</math>)</b>	28,78 minutos	12,44 minutos	9,56 minutos	7,00 minutos	5,56 minutos

	número de colaboradores				
	2	3	4	5	6
<b>quantidade família de <i>kit</i> A (<math>p = 0,5</math>)</b>	39	15	9	6	3
<b>quantidade família de <i>kit</i> B (<math>p = 0,5</math>)</b>	66	30	24	18	15
<b>quantidade família de <i>kit</i> C (<math>p = 0,5</math>)</b>	93	42	36	27	24

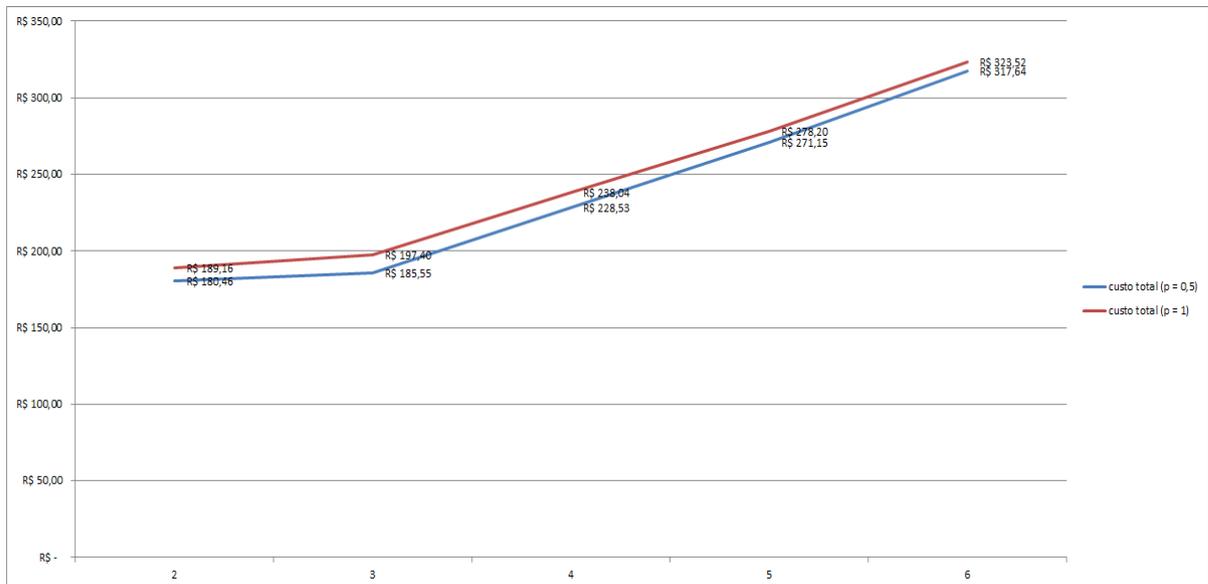
Estoque de Segurança para $p = 1$					
	número de colaboradores				
	2	3	4	5	6
<b>custo total (<math>p = 1</math>)</b>	R\$ 189,16	R\$ 197,40	R\$ 238,04	R\$ 278,20	R\$ 323,52
<b>tour period (<math>p = 1</math>)</b>	32,25 minutos	19,40 minutos	16,73 minutos	14,37 minutos	12,70 minutos
<b>quantidade total (<math>p = 1</math>)</b>	165	87	69	51	42
<b>custo por unidade (<math>p = 1</math>)</b>	R\$ 1,15	R\$ 2,27	R\$ 3,45	R\$ 5,45	R\$ 7,70
<b>tempo de ciclo (<math>p = 1</math>)</b>	24,11 minutos	12,44 minutos	9,56 minutos	7,00 minutos	5,56 minutos

	número de colaboradores				
	2	3	4	5	6
<b>quantidade família de <i>kit</i> A (<math>p = 1</math>)</b>	33	15	9	6	3
<b>quantidade família de <i>kit</i> B (<math>p = 1</math>)</b>	57	30	24	18	15
<b>quantidade família de <i>kit</i> C (<math>p = 1</math>)</b>	75	42	36	27	24

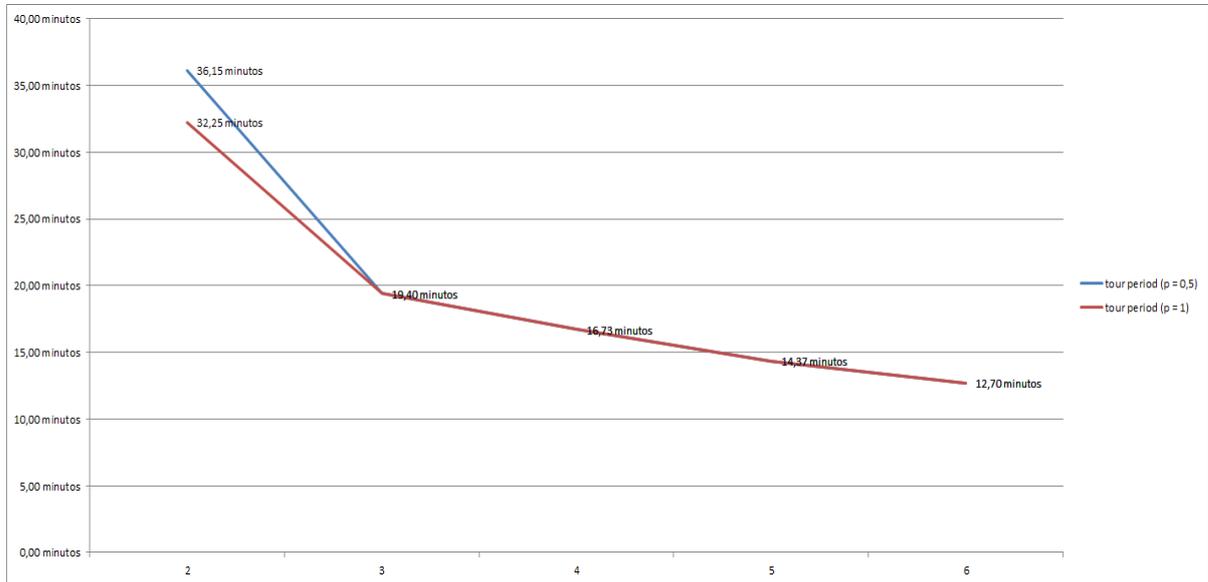
Fonte: Próprio autor.

Figura 52: Comportamento da variável custo total.



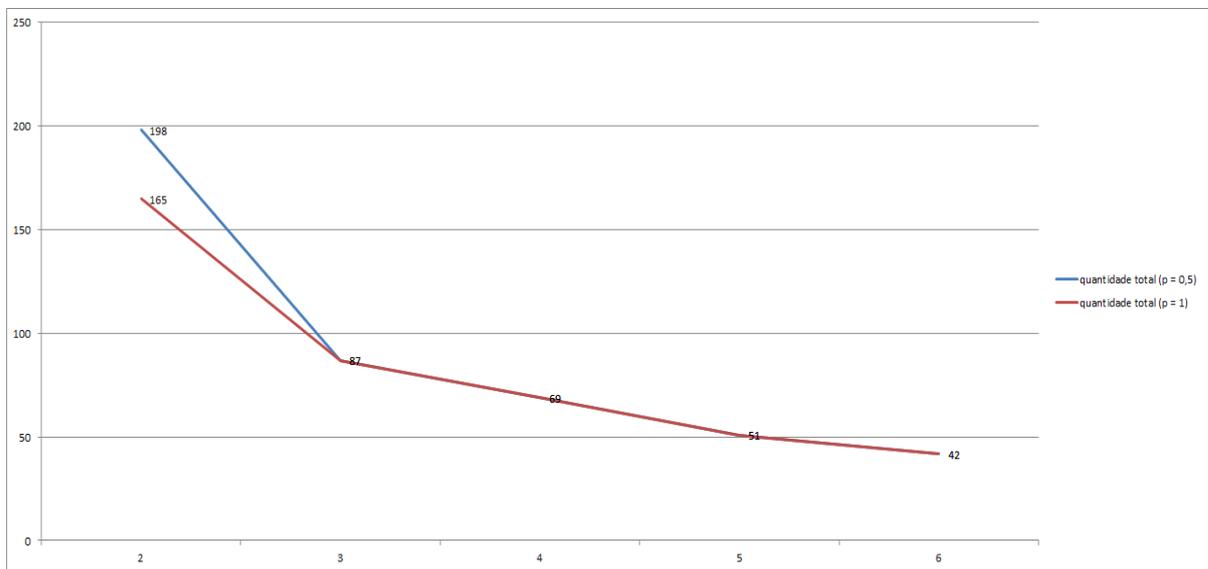
Fonte: Próprio autor.

Figura 53: Comportamento da variável *tour period*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 54: Comportamento da variável quantidade total.

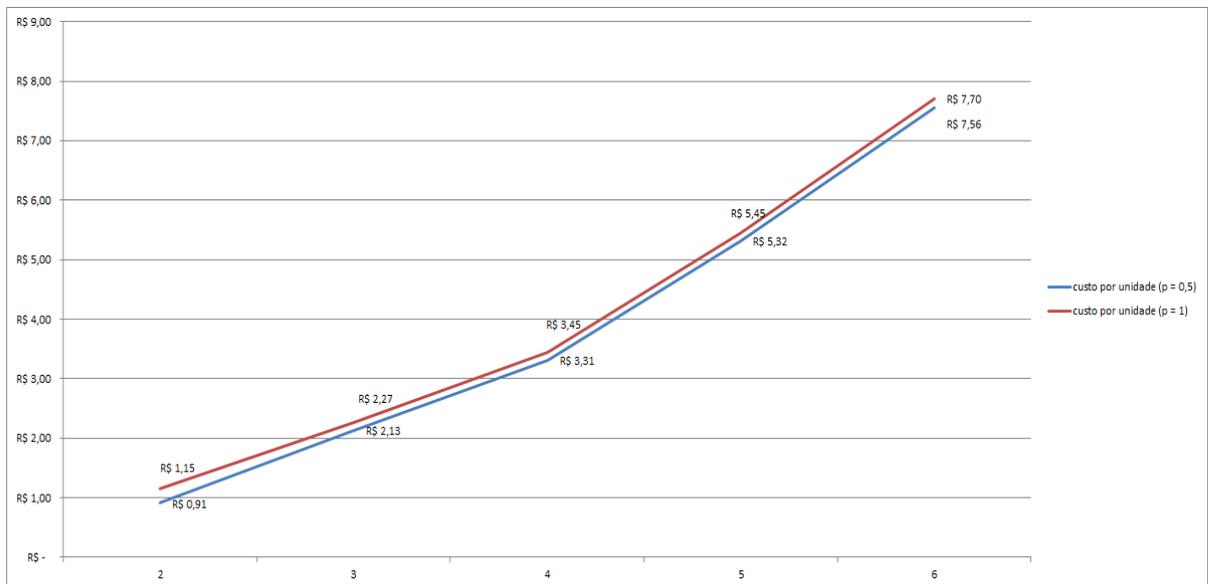


Fonte: Próprio autor.

Como exposto, a redução do estoque em processo com um número maior do que três abastecedores não influencia na frequência do abastecimento por não alterar a quantidade a ser movimentada para menos, o que permite concluir que o limite, para esse caso, do número de abastecedores quanto a impactar em mudança no resultado da operação de abastecimento pode ser considerado três abastecedores.

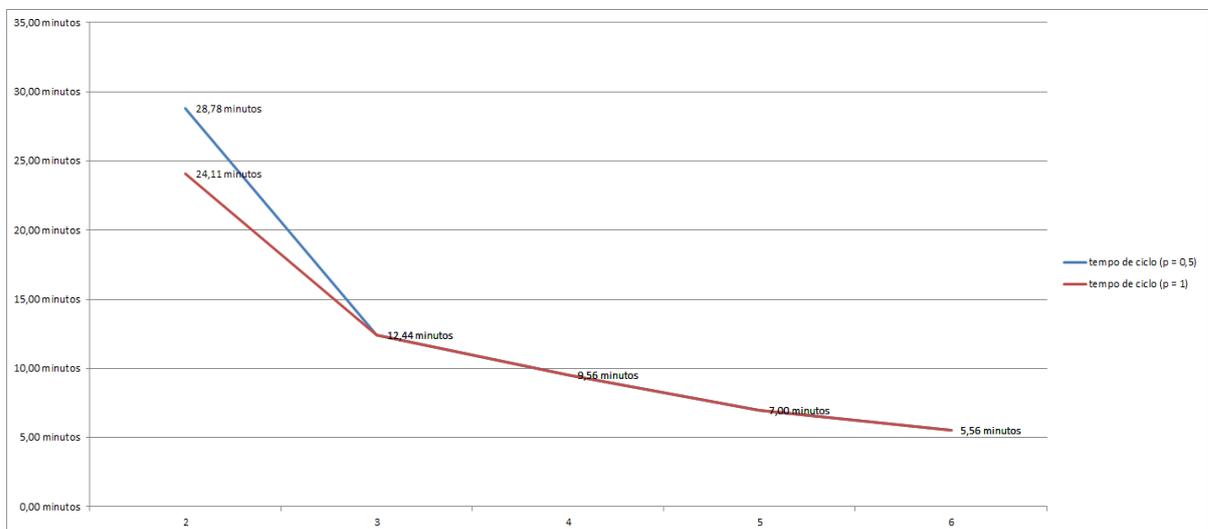
Embora, de acordo com a Figura 55, com a redução do custo por unidade de *kit*, o valor seja 50 menor para o estoque em processo (WIP – *work in process*) para todas as condições do número de abastecedores (de 2 a 6), a redução do WIP também deixa de influenciar no tempo de ciclo com o número de abastecedores superior a três, como consta na Figura 56, demonstrando que a operação exige mais do abastecedor quando o estoque em processo é menor para a condição de 2 abastecedores, diminuindo a exigência para a condição de 3 abastecedores, exigência essa manifesta para um número de abastecedores maior do que três.

Figura 55: Comportamento da variável custo por unidade.



Fonte: Próprio autor.

Figura 56: Comportamento da variável tempo de ciclo.

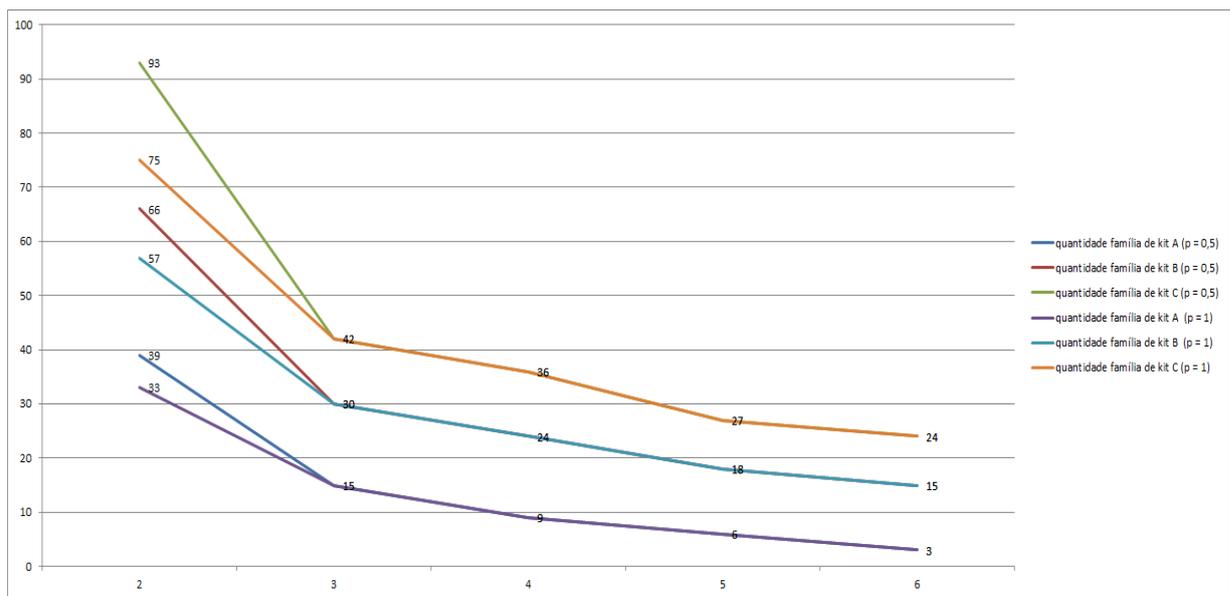


Fonte: Próprio autor.

Contudo, o mesmo comportamento com relação à influência da redução do estoque em processo (WIP – *work in process*) pode ser considerado para a variável quantidade por família de *kit* de acordo com a Figura 57.

Para o exemplo demonstrado pelos autores, o limite do número de abastecedores na operação é três, e o impacto do estoque em processo (WIP – *work in process*) quanto à exigência dos abastecedores na operação ocorre somente na condição de 2 abastecedores. O que pode ser controlado, em termos de WIP, são os fatores tempo de resposta do sistema e dos seus fornecedores e a demanda, mantendo uma faixa de variação do estoque em processo dependendo da condição do momento em termos de consumo. Aumentar o número de abastecedores não é adequado em função das limitações de espaço físico e de possível congestionamento do fluxo de abastecimento.

Figura 57: Comportamento da variável quantidade por família de *kit*.



Fonte: Próprio autor.

Não se pretende esgotar neste trabalho todas as possibilidades da operação do processo de abastecimento para o exemplo adotado, uma vez que há “n” possibilidades na operação de abastecimento.

Contudo, é relevante a modelagem matemática desse tipo de problema, o que pode permitir ao tomador de decisão, pelos cenários criados, avaliar os limites de operação de abastecimento que o sistema de abastecimento proposto deve operar e os recursos necessários nos extremos do limite de operação para mais ou para menos a fim de aumentar a

flexibilidade do sistema em se adaptar às variações possíveis dentro do limite a ser considerado.

### **5.7 Considerações Finais (Metodologia Proposta)**

O dimensionamento do número de cartões por componente e a definição das rotas de abastecimento de acordo com os pontos de reabastecimento a serem definidos dependem obviamente da concepção do *layout* da fábrica dentro de padrões lógicos de operação e de preferência, padrões que devem atender à proposta inerente aos sistemas de manufatura *Lean Manufacturing*. Contudo, a definição do *layout* permite validar o desempenho dos sistemas de manufatura com o desenho do fluxo de produção e do desempenho dos equipamentos ou recursos de manufatura inicialmente, em nível individual e na sequência de modo integrado, de acordo com os roteiros de fabricação dos produtos e dos componentes a serem fabricados.

A validação do fluxo de produção é a etapa inicial, mais complexa, que deve anteceder o projeto e operação do sistema de abastecimento especificamente, ou seja, o sistema de abastecido a ser concebido não deve ter um bom desempenho se o sistema de produção não consegue ter fluência na movimentação dos materiais entre os processos de fabricação.

Conforme a validação do fluxo de produção quanto ao seu desempenho e fluência dos materiais, pode-se, inicialmente, para as etapas básicas de concepção do sistema de abastecimento, fazer uso do gráfico de Pareto para a definição dos padrões de consumo e itens de consumo críticos, o que, a partir do uso do diagrama de espaguete para a visualização dos fluxos de materiais internos à fábrica com o acesso aos supermercados e interno às células de manufatura, permite avaliar a complexidade do fluxo e o dimensionamento do volume de materiais a ser movimentado de acordo com a frequência de reposição necessária.

Portanto, como descrito anteriormente, a fase crucial do desenvolvimento do sistema de abastecimento é a validação do sistema de produção com os princípios do sistema *Lean Manufacturing*, que é a base para a concepção do sistema de abastecimento, e que a partir do dimensionamento proposto, deve ser também validado com as simulações ou experimentos específicos na fábrica que comprovam sua eficiência e eficácia no atendimento à demanda interna da manufatura por componentes e matérias-primas requisitadas.

As etapas descritas na Figura 32 e os Métodos, Técnicas e Ferramentas descritos na Figura 33 são específicos para o desenvolvimento de sistemas de abastecimento como o

proposto neste trabalho e podem ser aplicados com maior ou menor ênfase, dependendo do sistema de manufatura abordado.

Há de se considerar a importância da criatividade dos responsáveis pelo projeto quanto à concepção de um sistema de abastecimento que realmente atenda à demanda interna com visão clara dos produtos requisitados pela demanda externa de modo integrado.

Contudo, é fato que o processo de desenvolvimento do sistema de abastecimento, independente do sistema de manufatura envolvido, deve obrigatoriamente passar por essas etapas e aplicar os métodos, técnicas e ferramentas sugeridas no escopo deste trabalho.

O capítulo 6 descreve todo o processo de adequação do fluxo de produção como mencionado, considerado crucial à fase que antecede o desenvolvimento do sistema de abastecimento, assim como o desenvolvimento em si do sistema de abastecimento da célula de manufatura DGM02 da *ZF Sachs*, empresa objeto de estudo do presente trabalho.

## **6. METODOLOGIA DE ABASTECIMENTO PARA *LAYOUT* CELULAR**

### **6.1 Sistema de Manufatura Celular – Objeto de Estudo**

Em 1895, quando a indústria automobilística começava a aperfeiçoar os então revolucionários motores à explosão, surge em *Schweinfurt*, na Alemanha, a *Fichtel & Sachs*, fundada por Karl Fichtel e Ernst Sachs. No período a empresa produzia rolamentos e cubos.

Na época, o promissor ambiente de inovação tecnológica que se consolidava na Europa induziu os fundadores na percepção das oportunidades inerentes à revolução tecnológica que estava por vir.

Os avanços tecnológicos dos produtos e dos processos de fabricação do início do século 20 mudaram a percepção do mundo contemporâneo quanto ao modo de obtenção dos produtos existentes, assim como a incorporação na vida do homem moderno de recursos mais adequados para a sua movimentação década após década.

Contudo, o mundo passou a se mover mais depressa deixando para trás séculos de lentidão em função de uma nova concepção dos sistemas de transporte e de comunicação.

Em 1937, o legendário Mercedes *Silver* já rodava pela Europa com embreagens e amortecedores *Sachs* e a *Saxomat* foi a primeira embreagem automática para veículos de passeio fabricados pela Sachs.

A empresa passou a participar do processo de inovação tecnológica da indústria automobilística consolidando sua marca durante as últimas décadas, perpetuada nos últimos 117 anos. Durante esse período e atualmente, na incessante busca por melhores soluções, parcerias importantes fizeram e fazem parte da história da *Sachs*.

Historicamente o controle acionário da empresa é marcado por três mudanças importantes:

- 1) Em 1987, a *Mannesmann* assume a organização.
- 2) Em 1996, a *Fichtel & Sachs* passa a denominar-se *Mannesmann Sachs AG*. Nesse mesmo ano acontece o lançamento oficial dos amortecedores *Sachs* no Brasil.
- 3) Em 1998, a *Sachs Handel GmbH* surge como subsidiária independente.
- 4) Em novembro de 2001, o acionista do grupo *ZF Friedrichshafen*, líder mundial no fornecimento de sistemas de transmissão e tecnologia de Chassis, adquire o Grupo *Sachs*, reunindo em uma só organização o que há de mais avançado em tecnologia automotiva. A organização passa a chamar-se *ZF Sachs*.

Presente em 3 continentes onde mantém cerca de 115 unidades fabris, a *ZF Sachs* conta atualmente com mais de 65 mil funcionários. No Brasil, a *Sachs* deu início às suas atividades relacionadas à fabricação de sistemas de transmissão no ano 1953, com a fusão das empresas *Amortex S.A* (filial da *Sachs*) e a *Borg & Beck*.

Assim como na Europa, na fase de criação e expansão da indústria automobilística, a partir do governo Juscelino Kubitschek (1956-1961), a empresa participou ativamente com as montadoras instaladas no país, na época, nos avanços da área industrial desse setor como fornecedora dos sistemas de acionamento da transmissão, tornando-se a primeira fornecedora de embreagens para as recém-chegadas *Ford* e *Volkswagen*.

No Brasil, após adquirir a *Sachs AG* no ano 2001, a *ZF Sachs Brasil* passa a operar no mercado com as unidades fabris:

- 1) Site de São Bernardo do Campo – manufatura de embreagens e seus componentes, atuadores hidráulicos de embreagens e embreagens remanufaturadas, onde se encontra o Centro de Desenvolvimento de Materiais de Fricção (revestimentos de embreagem), que atua como centro mundial de

competência para todo o Grupo ZF *Sachs*. A unidade brasileira é uma das poucas no mundo com tal autonomia.

- 2) Site de Araraquara – possui modernas linhas de montagem de embreagens com elevado nível de robotização na montagem de platôs e discos. Abastece diretamente a indústria automobilística, além de abastecer o Centro de Distribuição da *Sachs*, localizado em São Bernardo do Campo, com produtos destinados aos mercados de reposição e exportação. Tem capacidade instalada para produzir 2,5 milhões (2009) de embreagens por ano, consolidando a posição da ZF Brasil como a maior fabricante de embreagens do MERCOSUL.

Atualmente, a ZF Sachs Brasil fornece seus produtos para importantes montadoras, como *Volkswagen* (automóveis e caminhões), *General Motors*, *Daimler Chrysler*, *Volvo*, *Ford* automóveis e caminhões *Scania*, *Audi*, *Iveco*, *Agrale* e *New Holland*.

Em reconhecimento à crescente satisfação de seus clientes, a empresa acumula inúmeros prêmios outorgados pelas montadoras, além de certificados de qualidade emitidos por organizações de seriedade inquestionável. Atualmente a ZF Sachs atende todas as montadoras, participa efetivamente no mercado de reposição e exportação, tendo a sua participação nos mercados quanto à demanda atendida pela empresa assim representada:

- 1) Montadoras – representam 40% da demanda;
- 2) *Aftermarketing* (mercado de reposição) – representa 40% da demanda;
- 3) Exportação – 20% da demanda.

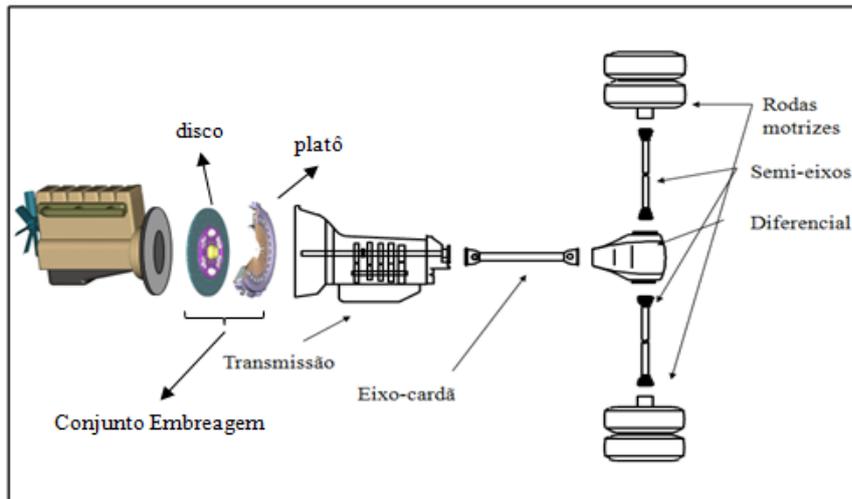
## **6.2 Sistema de Acionamento da Transmissão – Conjunto Embreagem**

O produto embreagem, quando montado em veículos automotores, é a ligação entre o motor e o sistema de transmissão. O produto é responsável pela transferência da potência e do torque do motor para o sistema de transmissão progressivamente, fazendo com que o veículo possa ser colocado em movimento confortavelmente, sem interrupções e danos ao conjunto de acionamento e manutenção do movimento ou deslocamento do veículo.

Sistemas mecânicos de acionamento da transmissão são movimentados pelo pedal da embreagem quando pressionado, interrompendo o fluxo de potência e torque para possibilitar as mudanças de velocidade e torque da transmissão.

O produto embreagem basicamente é montado por dois subconjuntos: disco e platô e um componente: rolamento de embreagem. Além dessa estrutura de materiais, há outros tipos de construção, dependendo da necessidade de aplicação do veículo, de acordo com a Figura 58.

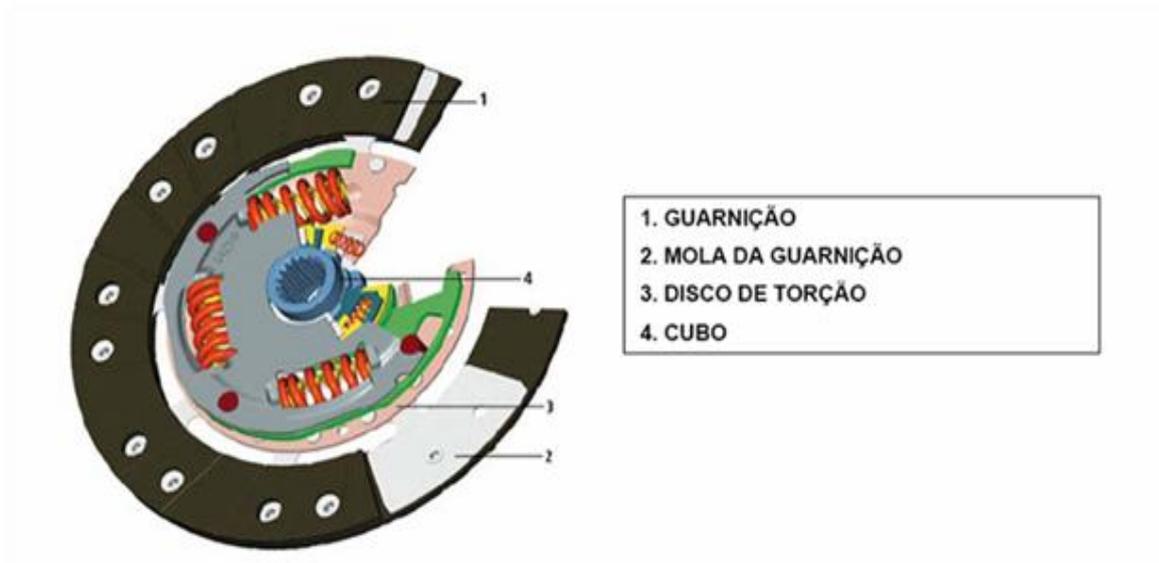
Figura 58: Esquema do sistema de acionamento.



Fonte: ZF Sachs.

A montagem do disco de embreagem, de acordo com as Figuras 59 e 60, é composta de quatro subconjuntos: 1. Guarnição, 2. Mola da guarnição, 3. Disco de torção e 4. Cubo, de acordo com a estrutura de materiais do disco de embreagem representada na Figura 61. A estrutura é relativamente simples com um número reduzido de níveis e componentes, como pode ser verificado.

Figura 59: Disco de embreagem.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 60: Célula DGM02 e o disco de embreagem produzido na célula.

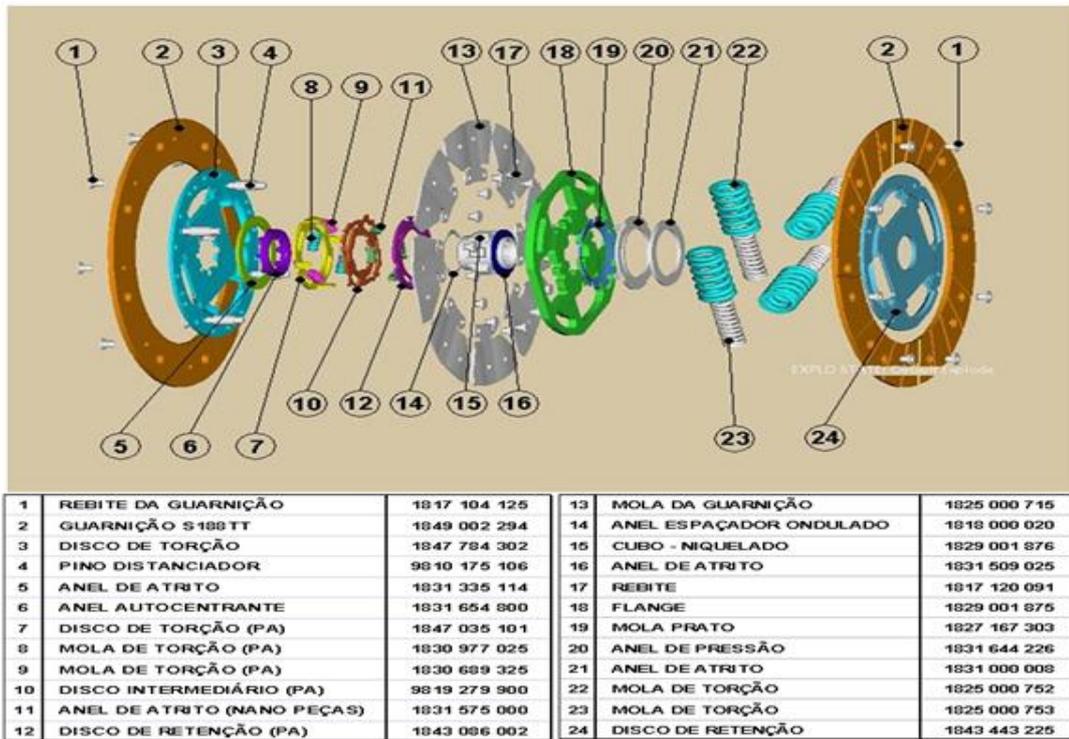
**Célula DGM02**  
• **Disco de Embreagem NKW - 32 tipos construtivos - 17 Fluxos de processo.**



Fonte: ZF Sachs.

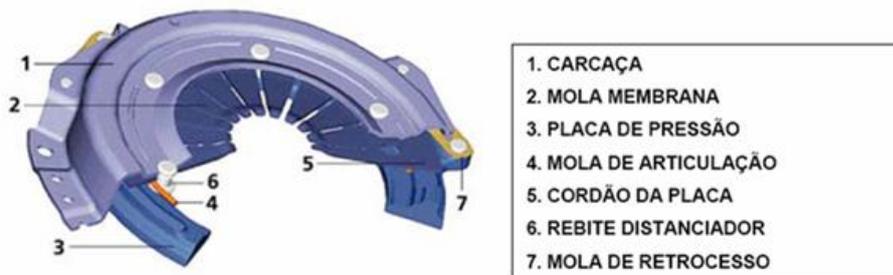
O Platô de embreagem, de acordo com a Figura 62, é composto de sete subconjuntos: 1. Carcaça, 2. Mola membrana, 3. Placa de pressão, 4. Mola de articulação, 5. Cordão da placa, 6. Rebite distanciador e 7. Mola de retrocesso.

Figura 61: Estrutura de materiais do produto.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 62: Platô de embreagem.

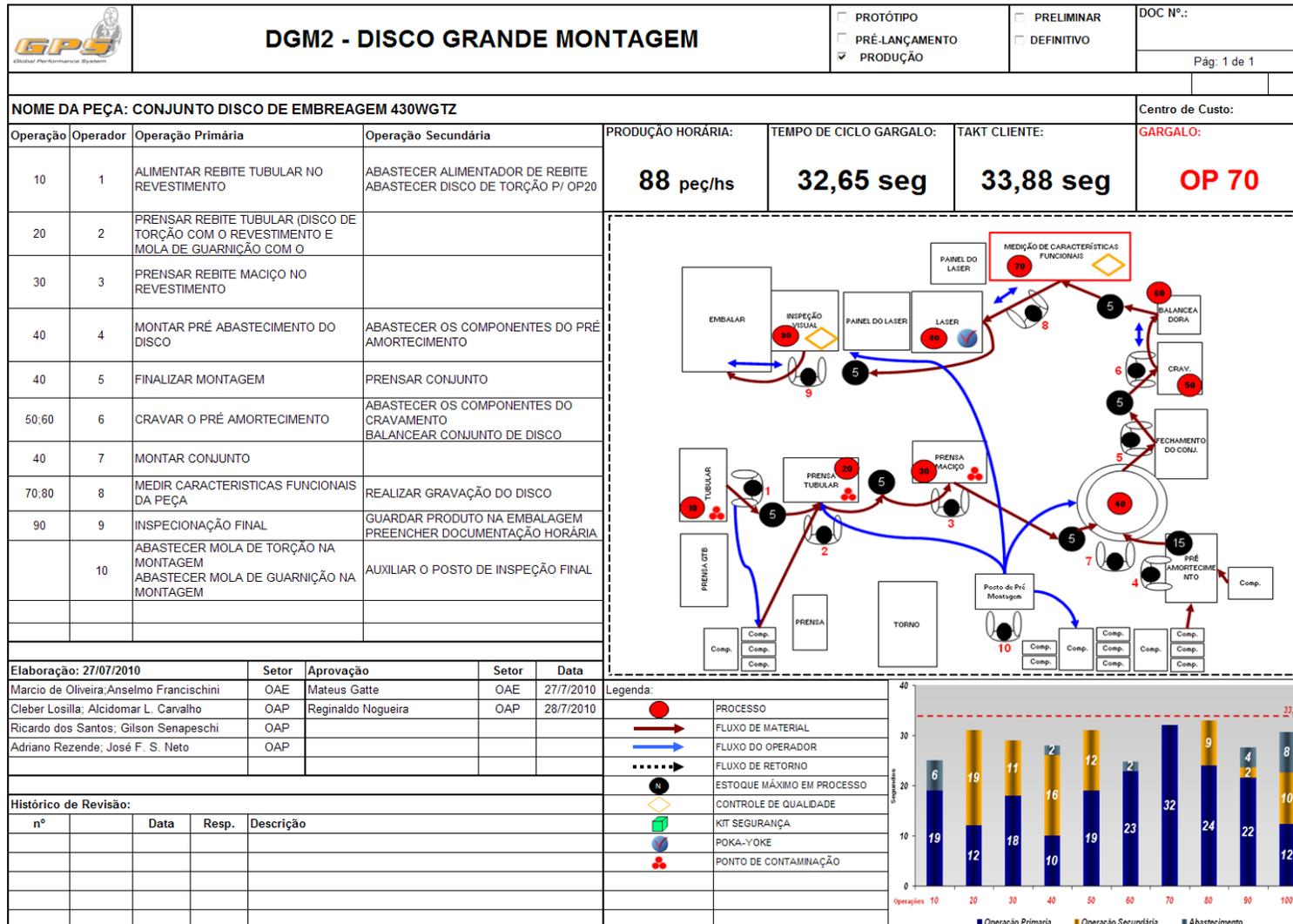


Fonte: ZF Sachs.

No caso do produto embreagem, dependendo do tipo de construção, em média, a estrutura de materiais compreende 31 componentes montados entre platô e disco, ou seja, 24 componentes no disco e 7 no platô que, transformados em platô e disco, junto com o componente rolamento da embreagem se transformam, após o processo de montagem, no produto ou conjunto final embreagem. A estrutura de materiais é de poucos níveis e, portanto, não é complexa. O projeto de padronização da estrutura de materiais dos subconjuntos desenvolvido para atender aos requisitos do projeto do sistema de abastecimento encontra-se

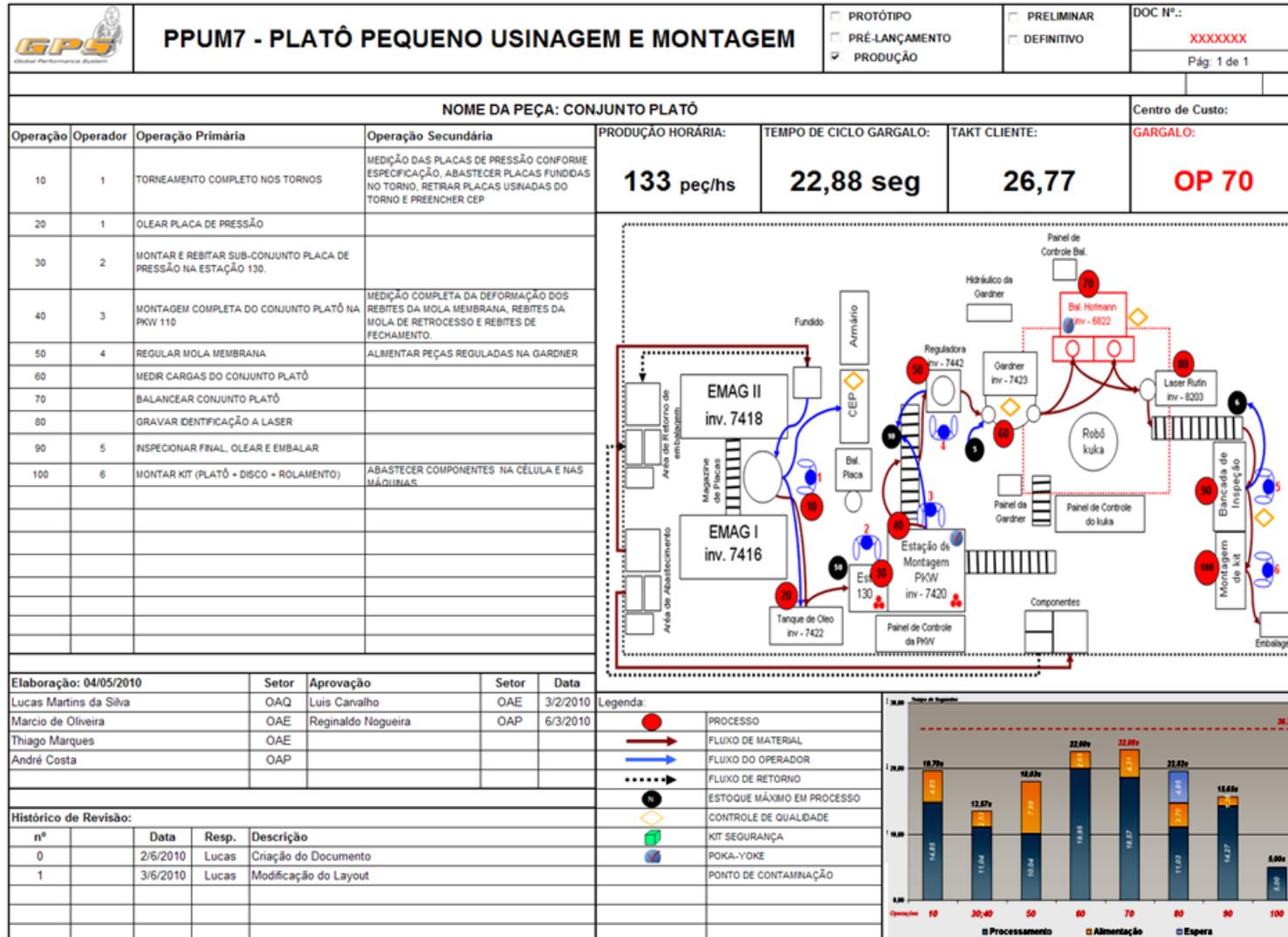
no Anexo B. A Figura 63 mostra o roteiro de fabricação padronizado do disco e a Figura 64 o roteiro de fabricação padronizado do platô.

Figura 63: Roteiro de fabricação padronizado do disco.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 64: Roteiro de fabricação padronizado do platô.



Fonte: ZF Sachs.

### 6.3 Processo de Montagem do Sistema de Acionamento e Definição da Demanda

O processo de montagem do produto embreagem *Sachs* é similar para todos os tipos e tamanhos, desenvolvido com a concepção de um *layout* celular, distribuído de acordo com a tecnologia de grupo aplicada por tamanho do produto e a similaridade dos roteiros de fabricação desses produtos, como mostrado nas Figuras 63 e 64.

O site da ZF Sachs, objeto de estudo da presente dissertação, monta platô e disco de repartição leve, platô e disco de repartição pesada com células de manufatura repetitivas e semirrepetitivas dedicadas, (Figura 65).

Figura 65: Divisão dos produtos acabados por grupo de células de manufatura repetitiva dedicadas.



Fonte: Lemos (2011).

O *layout* é dividido em quatro partes no formato de quadrantes, sendo:

- 1) Células PGUM3, PGUM4, PGUM5, PGUM6, PGUM7 e PGUM 8 dedicadas à montagem do Platô Pesado;
- 2) Células PPUM4, PPUM5, PPUM6 e PPUM7 dedicadas à montagem do Platô Leve;
- 3) Células DPM04 e DGM02 dedicadas à montagem do Disco Pesado;

4) Células DPM02, DPM03 e DPM04 dedicadas à montagem do Disco Leve.

O *mix* de produtos produzidos pela ZF Sachs na planta de Araraquara, distribuído pelas células de manufatura, é representado pelas Figuras 66 e 67.

Figura 66: *Mix* de produtos.

Célula de manufatura dedicada	Conjunto	Número do <i>Mix</i> de produto
PPUM6	Platô Leve	11
PPUM4	Platô Leve	16
PPUM5	Platô Leve	12
PPUM7	Platô Leve	8
PGUM3/4	Platô Pesado	25
PGUM5	Platô Pesado	46
PGUM6	Platô Pesado	13
PGUM7/8	Platô Pesado	24
DPM02	Disco Leve	24
DPM03	Disco Leve	14
DPM04	Disco Leve	8
DGM3	Disco Leve	44
DGM3	Disco Pesado	29
DGM02	Disco Pesado	111
<b>Total</b>		<b>385</b>

Fonte: Próprio Autor.

Figura 67: *Mix* de produtos – representação gráfica.



Fonte: Próprio Autor.

Conforme a demanda ou volume de produção dos produtos ou família de produtos, é definido o nível de automação das células de manufatura com o uso de robôs e sistemas flexíveis de manufatura. A empresa atualmente possui um sistema flexível de manufatura – FMS (*Flexible Manufacture System*), (Figura 68).

Figura 68: FMS (Flexible Manufacture System).



Fonte: ZF Sachs.

O Sistema Flexível de Manufatura FMS da empresa objeto do estudo opera com 12 funcionários e 3 turnos de trabalho sem interrupção para refeições, com rodízio de funcionários de segunda a sexta-feira e turno parcial no sábado até às 22 horas. Opera 24 horas por dia, de segunda a sexta, e 10 horas no sábado totalizando  $(24 * 5 * 4) + (10 * 4) = 520$  horas/mês. Só o sistema FMS produz aproximadamente 6.800 peças por dia de segunda a sexta-feira com uma produção média de 136.000 unidades/mês, totalizando com o sábado (11.332/mês) uma produção de 147.000 peças/mês. O investimento aproximado de um sistema FMS é da ordem de R\$ 5.000.000,00. Investimento viável para um volume mínimo de 10.000 peças/mês considerando o uso de ferramental de alto custo pagável com alto volume de produção.

O impacto na cadeia de abastecimento quanto à dinâmica da movimentação de materiais é a velocidade com que as células de manufatura consomem os itens que compõem os subconjuntos platô e disco de embreagem.

Por se tratar de um processo de montagem com tempo de processamento da ordem de segundos e com a possibilidade de reprogramação constante ao longo do período de operação, a dinâmica e a complexidade do sistema de manufatura implicam em um esforço maior dos envolvidos no processo de coordenação das ordens de reabastecimento em função da variedade dos itens de mesmo tipo construtivo.

Como exposto, o sistema de manufatura estudado é implosivo, com aproximadamente 5.200 componentes relacionados no processo de abastecimento e 650 produtos acabados diferentes. O sistema de produção também é classificado como repetitivo

considerando que em cerca de 25% das células de manufatura é semirrepetitivo e em cerca de 75% é repetitivo.

Quanto às células de manufatura, segundo Pera (1974) apud Sinha e Hollier (1984), são classificadas como células baseadas nos roteiros de processo e células orientadas por produto. De acordo com Fernandes, (2010) pode-se classificar as células de manufatura do site da empresa objeto do estudo como células de multiestágio unidirecional correspondendo ao sistema *flowshop*. A Tabela 16 apresenta um resumo da classificação pela qual, de acordo com esse autor, a empresa direciona todos os seus esforços na condução da estratégia de planejamento e controle da produção *Just in Time* desdobrando-se com o uso do sistema de coordenação de ordens de produção, o *Kanban*.

O processo de mudança do projeto e operação do sistema de produção de acordo com o sistema de planejamento *Just in Time* se deu na década de 90 em constante evolução com os ajustes necessários, sendo considerado atualmente um sistema *Lean Manufacturing* com elevado nível de maturidade.

Tabela 16: Classificação do sistema de produção.

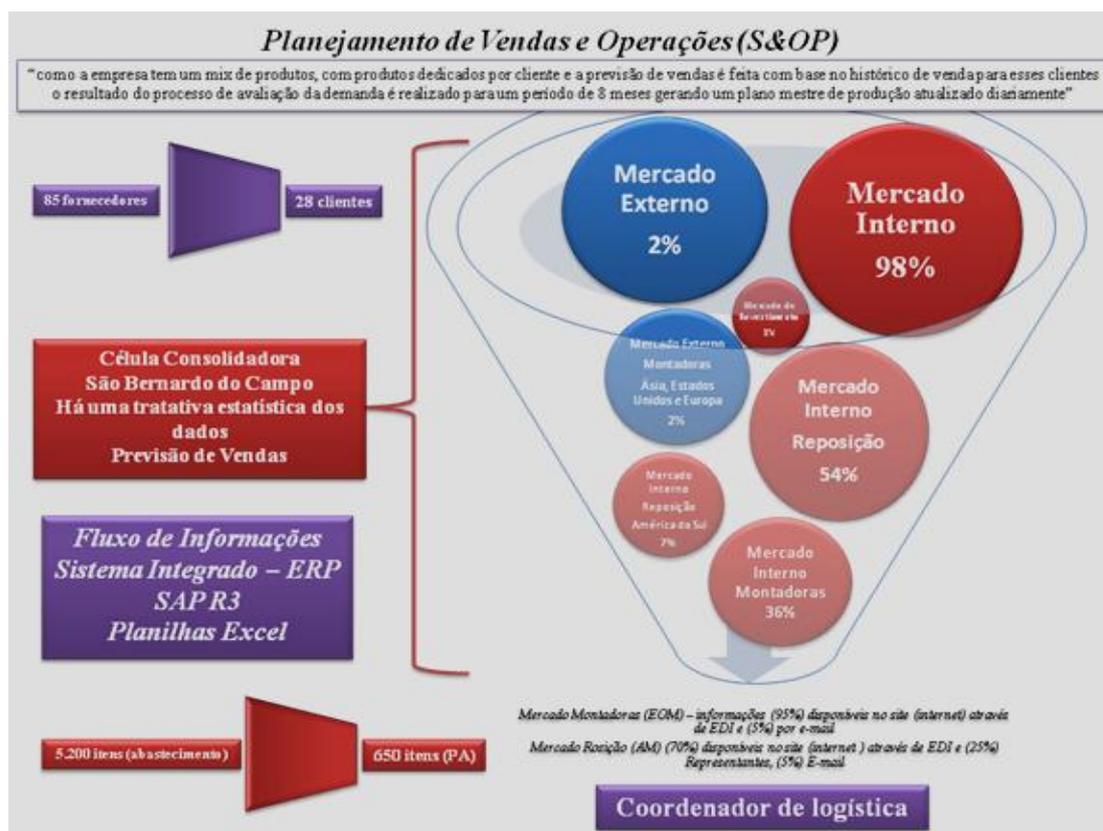
Parâmetro	Classificação do Sistema	Autor	Sistema de Coordenação de Ordens de Produção
Fluxo de Produção	Sistema Implosivo	Slack (2005)	<b><i>Kanban</i></b>
Tipo de demanda	Sistema Repetitivo	Fernandes (2010)	
Células de manufatura	Roteiros de Processo	PERA (1974, apud SINHA & HOLLIER (1984))	
Células de manufatura	Orientadas por Produto	Petrov (1968, apud SINHA & HOLLIER (1984))	
Células de manufatura	Multiestágio Unidirecional ( <i>Flow-shop</i> )	Fernandes (2010)	

Fonte: Próprio Autor.

## 6.4 Planejamento de Vendas e Operações

O sistema de Planejamento e Operação do Sistema de Produção é baseado em uma estrutura de Planejamento, como demonstrado na Figura 69.

Figura 69: Cenário de atendimento à demanda da empresa objeto de estudo.



Fonte: Lemos (2011).

Foram definidos como itens de mesmo tipo construtivo, os subconjuntos e conjuntos que compõem o produto embreagem, podendo apresentar configurações diferentes dependendo da montadora e do veículo para o qual o produto embreagem deverá ser montado.

Embora a engenharia de produto e de processo venha trabalhando na padronização dos itens, como exposto no Anexo B, há casos em que um determinado item ou componente pode ter configuração diferente, dependendo da montadora e do veículo para o qual o produto deve ser montado no momento do acoplamento do conjunto embreagem ao produto automóvel.

Por se tratar de uma empresa fornecedora de 25 montadoras no mercado nacional, o que corresponde a 36% de toda a demanda atendida pela empresa no mercado interno

(Figura 69), a dinâmica enfrentada pelo departamento de planejamento e controle da produção da empresa, definido na estrutura organizacional como departamento de logística, é complexa.

Essa complexidade se dá pela volatilidade dos planos de atendimento estabelecidos pelas montadoras.

Há um planejamento de vendas e operações (*S&OP – Sales and Operations Planning*) fundamentado no *mix* de produtos dedicados por cliente com base em uma previsão de vendas para esses clientes para um período de 8 meses, que se desdobra na operação em um Plano Mestre de Produção, que é atualizado diariamente.

A empresa atende a sua produção 2% do mercado externo, Ásia, Estados Unidos e Europa, e 98% do mercado interno dividido entre:

1. Mercado de revestimento 1%;
2. Mercado de reposição América do Sul 7%;
3. Mercado Montadoras 36%;
4. Mercado de reposição Brasil 54%.

Contudo, há um *mix* de 650 produtos acabados com uma cadeia de abastecimento de 5.200 componentes diferentes, o que caracteriza um sistema de planejamento e controle da produção bastante atuante no processo de atendimento à demanda e estratégico da empresa, responsável pelo atendimento do prazo de entrega e das quantidades a serem atendidas.

Com o propósito de estudar esse modelo, a presente dissertação teve como foco principal a unidade da empresa localizada na cidade de Araraquara, montadora do conjunto de acionamento da transmissão (embreagem) que representa o produto acabado fornecido pela empresa ao mercado.

O sistema de planejamento e controle da produção da empresa, com base em informações e dados coletados de profissionais dedicados em áreas envolvidas e relacionadas nos procedimentos executados pelo sistema de planejamento e controle da produção, atuam no processo de atendimento à demanda, como mostra a Tabela 17, e compreende basicamente cinco funções principais.

Tabela 17: Colaboradores da empresa.

<b>Código</b>	<b>Colaborador</b>	<b>Área</b>	<b>Sub área</b>	<b>Função</b>
(1)	ZF Sachs	Logística	Expedição	Coordenador
(2)	ZF Sachs	Logística	Expedição	Supervisor
(3)	ZF Sachs	Logística	Planejamento	Planejador
(4)	ZF Sachs	Logística	Planejamento	Coordenador de Logística
(5)	ZF Sachs	Logística	Controle de inventário	Supervisor

Fonte: Lemos (2011).

## 6.5 Célula de Manufatura DGM02

De acordo com as Figuras 66 e 67, o *mix* de produtos fabricados na unidade da divisão ZF Sachs Brasil em Araraquara é composto dois conjuntos: Platô e Disco de Embreagem da linha automotiva alocada em uma área construída de 10.983,76 metros quadrados, de uma área total disponível de 65.997,70 metros quadrados. Nessa unidade trabalham 504 funcionários e 19 estagiários em um sistema de revezamento 6 x 1 e 6 x 2 (configuração dos turnos de trabalho da empresa, Lemos (2011)). A unidade produz diariamente cerca de 18.300 peças, sendo aproximadamente 1.400 unidades produzidas na célula de manufatura DGM02, produtos da linha pesada (caminhões e ônibus).

Contudo, o processo de validação do Plano Mestre de Produção parte do fluxo de informações do Planejamento e Controle da Produção que envolve uma avaliação detalhada do controle dos materiais e insumos na fábrica já em execução e do plano de capacidade vigente e ajustes a serem realizados para a execução do plano de produção revisado diariamente e na maioria das vezes, mais de duas vezes por dia.

Nesse contexto, é importante ressaltar que o objetivo principal de caracterizar o sistema de produção da unidade objeto do estudo é o de demonstrar a complexidade do projeto do sistema de abastecimento para esse caso específico, o qual partindo da concepção das células de manufatura com fluxo de produção do tipo *jobshop* para o caso da célula DGM02 com produtos de perfil de demanda semirrepetitivo e *Flowshop*, não é uma tarefa simples de se realizar. Portanto, o modelo da metodologia proposta pode ser considerado um modelo de referência para esse fim e a outros sistemas de manufatura *Lean*.

O estudo do sistema de produção da ZF Sachs, contudo, para o propósito do presente trabalho, de apresentar um modelo de metodologia para a concepção de um sistema de abastecimento para sistemas de produção que operam fundamentados nos princípios do *Lean Manufacturing* e, que apoiem o processo de coordenação de ordens de produção da

empresa, é de grande importância para o entendimento de como essas células operam quanto ao fluxo de produção para o atendimento à demanda. É importante ressaltar que o sistema de manufatura conta com um total de 13 células de manufatura que produzem produtos com o perfil de demanda repetitivo e semirrepetitivo.

Somente a partir desse entendimento é que foi possível ao autor do presente trabalho compreender como o sistema de coordenação de ordens de produção adotado pela empresa, o *kanban* estabelece as prioridades de produção e como monitorar a execução com flexibilidade coerente as necessidades do processo de reprogramação, bem como que é a visão que o *kanban* fornece do que está acontecendo na operação, pelos envolvidos nesse processo, sem perder o controle.

É a partir desse processo que os fluxos de materiais e de informação ganham visibilidade com o apoio da técnica de mapeamento do fluxo de valor e que o sistema de abastecimento proposto toma forma.

O *kanban* foi implantado na empresa através de um projeto com escopo *Just in Time*, que evoluiu ao longo dos últimos dez anos para a concepção do *Lean Manufacturing*. Não há dúvida quanto aos resultados relevantes que o sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* gerou ao longo desse tempo de forma geral, mas, como é previsível, há dificuldades do *kanban* em atender os requisitos mencionados no caso de células de manufaturas em que o perfil de demanda dos produtos é semirrepetitivo no sentido de manter os níveis de estoque compatíveis com os princípios *Lean Manufacturing*, sem um sistema de abastecimento que apoie esse objetivo.

O fato de o sistema de produção ter sido configurado com células de manufatura com perfil de demanda dos produtos repetitivo e semirrepetitivo implica na dificuldade do *kanban* em garantir um bom desempenho do processo de programação da produção das células *Jobshop* (produtos com perfil de demanda semirrepetitivo), mesmo com alternativas adotadas para esse fim do próprio modelo de coordenação de ordens do *kanban*, sem a concepção de um sistema de abastecimento capaz de manter o fluxo contínuo da produção nas respectivas células de manufatura.

Em função da complexidade, o autor do presente trabalho selecionou uma das células de manufatura como piloto para o desenvolvimento da metodologia e, conseqüentemente, do sistema de abastecimento a ser proposto, ou seja, a célula de manufatura DGM02.

A célula de manufatura DGM02, objeto de estudo do presente trabalho, é um caso de célula *Jobshop* com produtos de perfil de demanda semirrepetitivo, caracterizado após o

estudo deste trabalho com o apoio incondicional dos colaboradores da empresa. A Figura 70 mostra o *layout* celular da unidade Araraquara da ZF Sachs.

Figura 70: *Layout* Celular da ZF Sachs unidade Araraquara



Fonte: ZF Sachs.

Como exposto no capítulo 2, de acordo com Fernandes e Godinho (2010), apud Maccarthy; Fernandes (2000), o sistema de coordenação de ordens *kanban* é adequado para células *Flowshop* que produzem produtos com perfil de demanda repetitivo, diferente de sistemas com perfil de demanda semirrepetitivo, em que o PBC – *Period Batch Control* e o OPT – *Optimized Production Technology* são os sistemas de coordenação de ordens de produção mais adequados.

Nesse caso o sistema de abastecimento deve minimizar a restrição do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* em atender as necessidades da célula de manufatura semirrepetitiva DGM02, tornando-se uma célula adequada para avaliar os resultados operacionais do uso na prática do sistema de abastecimento proposto, assim como validar a metodologia descrita como modelo de referência para esse fim.

Figura 71: Sistema de Planejamento e Controle da Produção versus nível de repetição dos sistemas de produção.

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

Fonte: Maccarthy e Fernandes (2000).

Como exposto, a célula de manufatura DGM02 é um caso particular de sistema de produção semirrepetitivo em que há a restrição da atuação do sistema de coordenação de ordens de produção *kanban* do *Just in time*. É importante salientar que o sistema de planejamento da empresa é híbrido com *kanban* e MRP do sistema integrado SAP/R3.

O objetivo do presente trabalho, ressaltado mais uma vez, é desenvolver um modelo de referência que, com procedimentos definidos, auxilie no abastecimento da célula DGM02 em substituição ao sistema de abastecimento anterior à implantação do novo modelo proposto, que, uma vez validado, deve ser aplicado na fábrica toda, embora no trabalho seja abordado apenas o caso da célula DGM02, em que o perfil de demanda é não repetitivo, sendo o sistema de coordenação de ordens de produção o *kanban*.

Antes da descrição da proposta de um modelo de abastecimento para a célula DGM02, é apresentado um estudo detalhado da operação da célula de manufatura DGM02 a fim de definir o escopo do problema de abastecimento desse tipo de célula e entender a complexidade do ambiente pelo fluxo de produção com perfil de fluxo contínuo, de acordo com o escopo do projeto *Lean Manufacturing*.

O impacto na cadeia de abastecimento quanto à dinâmica da movimentação de materiais é a velocidade com que as células de manufatura consomem os itens que compõem conjunto platô e disco de embreagem por se tratar de um processo de montagem, com tempo de processamento da ordem de segundos e com a possibilidade de reprogramação constante ao longo do período de operação, o que implica em um esforço maior dos envolvidos no processo de coordenação das ordens de reabastecimento em função da variedade dos itens de mesmo tipo construtivo.

Definiu-se como itens de mesmo tipo construtivo os subconjuntos e conjuntos que compõem o produto embreagem podendo apresentar configurações diferentes dependendo da montadora e do veículo para o qual o produto embreagem deve ser montado.

Embora a engenharia de produto e de processo venha trabalhando na padronização dos itens, como mostra o Anexo B, há casos em que um determinado item ou componente pode ter configuração diferente, dependendo da montadora e do veículo o qual o produto deve ser montado no momento do acoplamento do conjunto embreagem ao produto automóvel.

Consequentemente há duas células fornecedoras para o produto embreagem: uma 1º célula dedicada à fabricação do disco de embreagem (célula DGM02 – objeto de estudo do presente trabalho é uma dessas células) e uma 2º célula dedicada à fabricação do platô de embreagem configurando, em um 3º ambiente de produção, a união dos dois conjuntos no produto final, no caso para o segmento de veículos pesados – caminhões, os discos produzidos pela célula de manufatura DGM02.

Os principais clientes da linha pesada da ZF Sachs são: Volvo, Mercedes, Scania, Volkswagen e Ford. O *mix* de famílias dos produtos produzidos na célula DGM02: disco de Embreagem NKW apresentando 32 tipos construtivos com 17 fluxos de processo, o que dificulta a padronização das atividades envolvidas no processo de fabricação e a configuração de uma célula de manufatura com o propósito de manter o fluxo de produção o mais contínuo possível, além de ter a maioria dos produtos fabricados com demanda de comportamento semirrepetitivo, o que caracteriza uma célula *Jobshop*.

A célula DGM02 passou por um processo de melhoria para tratar do balanceamento e da padronização das atividades: Adequação do *layout* das máquinas, Otimização do tempo de *setup*, Sequenciamento de ordem de produção, Aplicação do 5S, Treinamento dos operadores em sistema de produção e Monitoramento de perdas por problemas de qualidade (no equipamento giro livre).

Foi por esse processo de melhoria que a Engenharia de Processos identificou os 17 fluxos de produção diferentes, o que permitiu reavaliar o procedimento de programação da produção partindo de um estudo detalhado desses fluxos quanto a processos de fabricação envolvidos, dispositivos, ferramental e tempo de preparação dos recursos. Os produtos manufaturados pela ZF Sachs são agrupados por famílias de produtos distribuídas em 13 células de manufatura, como mencionado. Com o estudo realizado pela Engenharia de Processos foi possível classificar as famílias de produtos de acordo com a similaridade do processo envolvido no *setup*, assim como os tempos médios do *setup* (Figura 72).

Figura 72: Similaridade de *setup* – processo e tempo de *setup*.

Similaridade Setup	
FAMILIA 325MM / FAMILIA 350MM	
FAMILIA 380MM / FAMILIA 362wgtz	
PRODUTO COM DEMANDA REPETITIVA	
391878001474C1	
341878002048BB	
401878000742BB	
361864000680BB	
TEMPO SETUP POR FAMILIA	Tempo Médio
430mm	0:22:00
395mm	0:19:00
325mm	0:20:00
350mm	0:20:36
362mm	0:23:15
380mm	0:21:48
310mm	0:27:00
260mm	0:23:00
365mm	sem historico
330mm	idem acima

PRIORIDADE		
A1/BB = REP	2	carteira negativa
R7/RO/R4/R6 = EXP	3	em torno de 7%
OUTROS = EOM	1	kanban

VARIAVÉIS
KB EOM
CARTEIRA REP

Fonte: Próprio autor.

A célula DGM02 produz um total de 9 famílias de produtos acabados da ZF Sachs unidade de Araraquara, com participação do volume produzido de acordo com o gráfico de percentual de demanda descrito na Figura 73. As famílias 430WGTZ e 395WGTZ são as mais consumidas.

É importante ressaltar que há trabalhos na literatura que consideram a configuração de um *layout* celular relativamente fácil após a definição da família de produtos de acordo com o conceito de tecnologia de grupo, como exposto na revisão bibliográfica desse trabalho. Contudo, a célula de manufatura objeto do estudo da presente dissertação demonstra que não é tão simples como se espera, dependendo do número de fluxos de produção diferentes em uma mesma célula em função dos produtos a serem fabricados ou montados.

Na verdade, como exposto, há casos como o da célula DGM02 em que essa afirmação não é correta em função do *mix* e da diversificação de roteiros de fabricação, que define diferentes fluxos de produção, impactando no número de atividades envolvidas e, conseqüentemente, na padronização dessas mesmas atividades na operação.

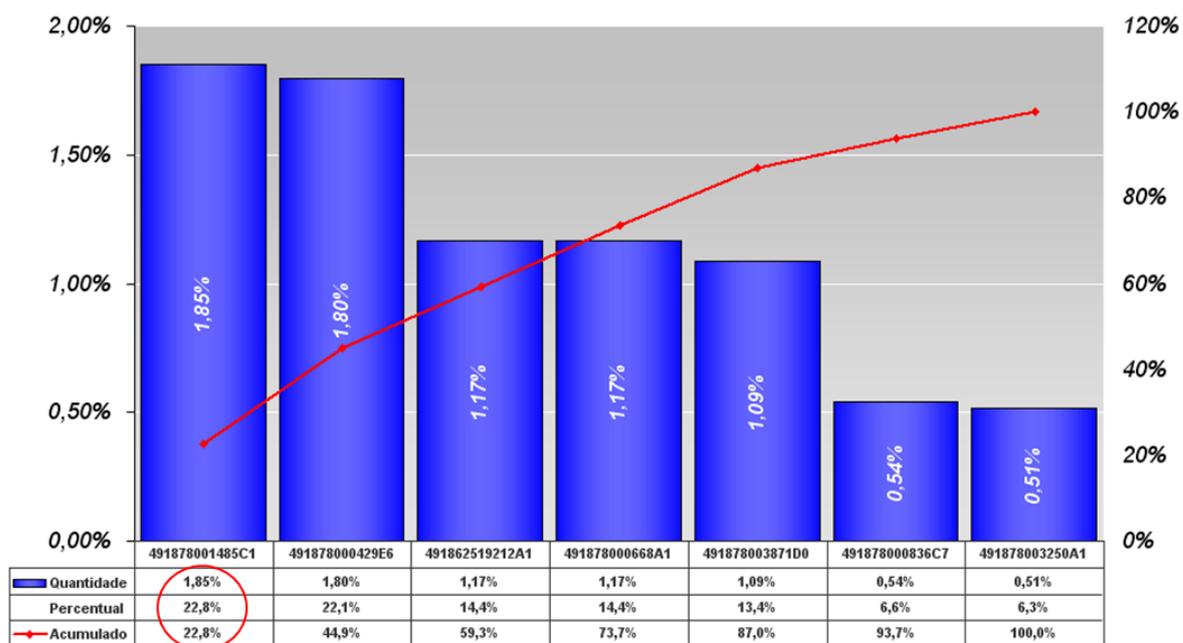
A família 430WGTZ é composta por 7 *Part Numbers* ou 7 produtos, como mostram as Figuras 73 e 74.

Figura 73: Gráfico de porcentual de demanda.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 74: Gráfico de Porcentual de Demanda por *Part Number* 430WGTZ.



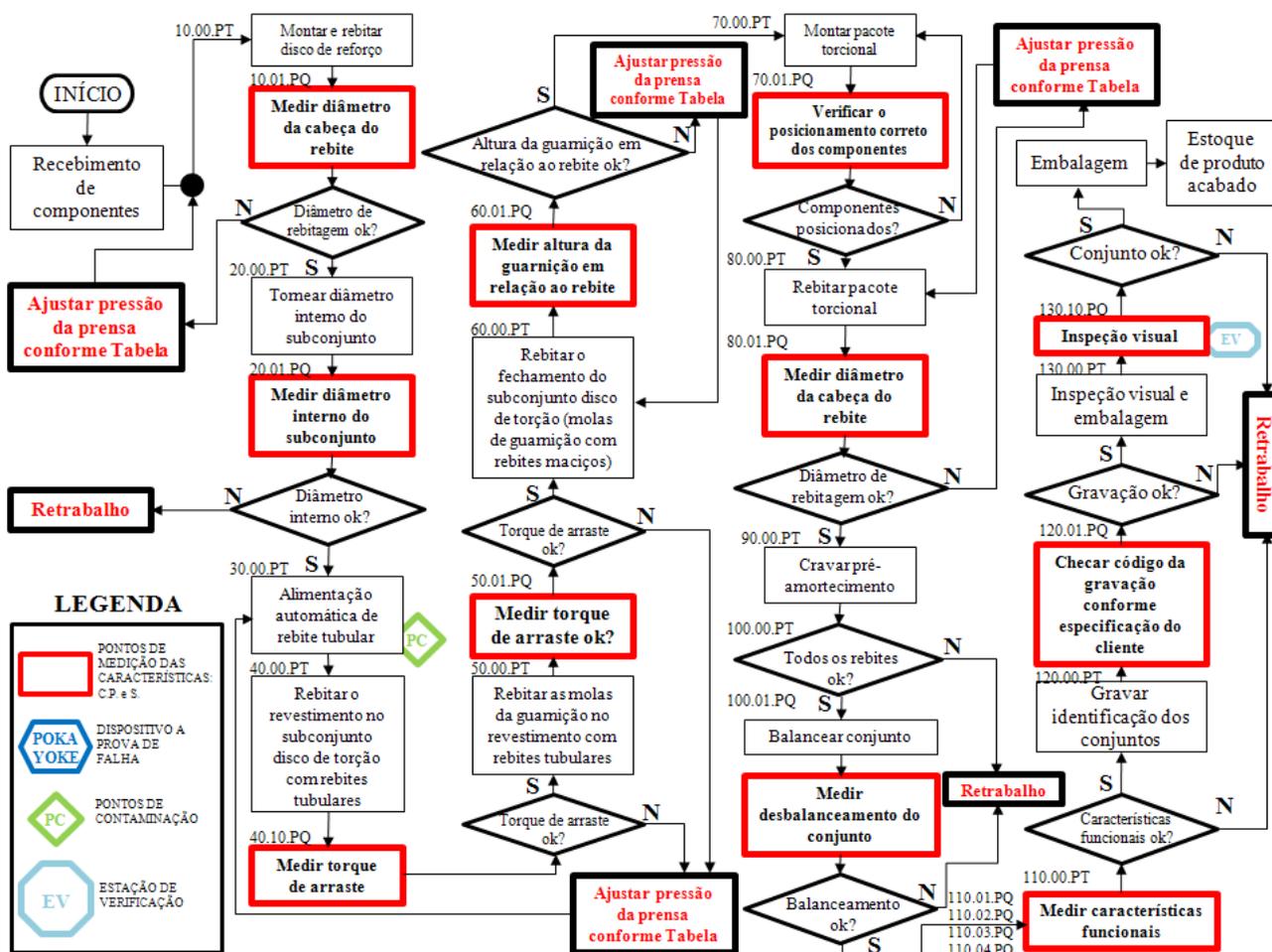
Fonte: ZF Sachs.

De acordo com os dados das Figuras 71 e 72, ao aplicarmos o conceito de repetitividade definido por Fernandes e Godinho (2010), a célula DGM02 opera com um *mix* de família de produtos repetitivo, o que não ocorre no nível de produtos.

No nível de produtos, a repetitividade não existe individualmente, podendo ser considerado que um *mix* de produtos semirrepetitivos o que causa sérias dificuldades de coordenação das ordens de produção pelo *kanban*. A Figura 75 ilustra o fluxograma de processo da célula DGM02 que representa os 17 fluxos de produção.

De acordo com essa complexidade, detectada com os resultados de dois *kaizens* realizados pela empresa, *kaizen* de processo e *kaizen* de *setup*, foi possível avaliar as particularidades de cada fluxo de produção e identificar alternativas com a padronização das atividades quanto à melhoria dos fluxos e agrupamento dos produtos por fluxo, de acordo com os dados descritos e apresentados na Figura 60. O autor do presente trabalho participou do *kaizen* de processo com a equipe envolvida no evento: equipe da engenharia de processos da empresa, operadores dos três turnos da empresa, orientador da dissertação e o responsável pelo planejamento e programação da célula de manufatura DGM02. É importante ressaltar que o autor do presente trabalho é coordenador de Logística na unidade de Araraquara da ZF Sachs, objeto do estudo.

Figura 75: Fluxograma de Processo da DGM02.



Fonte: ZF Sachs

## 6.6 Proposta de Melhorias com Base numa Nova Padronização das Atividades da Célula DGM02

Um método definido conforme os procedimentos de trabalho padronizados para realizar qualquer atividade em uma operação envolvida ao longo do fluxo de produção, incluindo as atividades não programadas ou consideradas anormais no âmbito organizacional, é à base de qualquer projeto *Lean Manufacturing*.

Entre essas situações, problemas envolvendo o processo de fabricação e a maneira como realizá-lo podem ser identificados e, dentro do possível, padronizados. Além das “situações de rotina” consideradas normais e periódicas no processo, atividades de manutenção, inspeção, troca de ferramental, entre outras menos frequentes, também podem ser padronizadas.

A proposta de melhoria com base numa nova padronização das atividades da célula DGM02 compõe as seguintes etapas:

**Etapa 1)** Mapear o fluxo de valor do estado atual da célula (Apêndice D);

**Etapa 2)** Definir o fluxo de valor do estado futuro da célula, ou seja, estabelecer um novo padrão (Apêndice D);

**Etapa 3)** Desenvolver o plano de ação de implantação do estado futuro;

**Etapa 4)** Treinar os operadores na nova sistemática;

**Etapa 5)** Realizar o monitoramento diário da produção do 1º turno para ter uma avaliação da proposta.

Os tópicos seguintes tratam do desenvolvimento das etapas relacionadas no processo de adequação da célula a fim de preparar a célula de manufatura para a implantação do sistema de abastecimento proposto.

## **6.6.1 Mapa do fluxo de valor atual e futuro**

### **6.6.1.1 *Kaizen* de Processo**

Dos produtos produzidos pela célula DGM02 foi desenvolvido o mapa de fluxo de valor da família de produto 491878001485C1 430WGTZ apresentado no Anexo D. Nesse anexo é apresentado o mapa futuro e atual da família.

Para o desenvolvimento dos mapas atual e futuro, o evento *kaizen* de processo identificou as principais atividades desenvolvidas pelos operadores da célula DGM02 (Figura 76). Inicialmente dez operações foram identificadas relacionando, para cada uma, a operação primária e a operação secundária desempenhadas pelo operador em seu posto de trabalho.

Foram consideradas como em todo o presente trabalho, uma jornada de 21 horas de trabalho diária de segunda a sexta-feira e 16 horas de trabalho diário aos sábados. Os estoques entre processos são apresentados no Anexo D no Mapa do Fluxo de Valor.

Foram também realizadas oito medidas de tempo por operação e, para cada tomada de tempo realizada, a descrição dos resultados é apresentada, de acordo com o que

mostram as Figuras 77 e 78, demonstrando formulários de preenchimento dos tempos cronometrados e validados do comportamento do fluxo de produção.

Figura 76: Rol de operações da célula DGM02 divididas em operação primária e operação secundária.

<b>Operação</b>	<b>Operador</b>	<b>Operação Primária</b>	<b>Operação Secundária</b>
10	1	Alimentar rebite tubular	Abastecer guarnição Abastecer rebite tubular
20	2	Prensar rebite tubular (mola e disco)	Separar mola de guarnição Abastecer disco
30	3	Prensar rebite maciço	Alimentar rebite maciço
40	4	Montar Pré	Montar torção do pré Abastecimento do pré
50	5	Fechar conjunto	Finalizar montagem do fechamento
60	6	Cravamento	Abastecer prensa cravamento
70	7	Auxílio do Fechamento	Abastecimento da mesa
80	8	Giro Livre	Gravar peça
90	9	Inspeção visual	Guardar peça Preencher documentação
100	10	Bater mola de torção	Pré montagem da mola

Fonte: ZF Sachs

Para o volume inicialmente produzido na célula, de 1.150 peças por dia com operação em três turnos, sendo 4 horas gastas entre refeições e ginástica laboral, foi considerada uma jornada diária de 21 horas. Considerando um fator de carga de 85%,  $21 * 60 * 60 * 0.85 = 64.260$  segundos. A Figura 78 mostra a tomada dos tempos para análise do tempo de ciclo.

Figura 77: Estimativa da quantidade a ser produzida na célula DGM 02.

operação	Atividade	tempo
10	Alimentador de rebite tubular	11,42
20	Prensar guarnição	29,93
30	Alimentar e prensar rebite maciço	30,52
40	Montar mola de torção	18,46
50	Montar e fechar pacote de disco	24,43
60	Cravamento	21,06
70	Giro livre	32,03
80	Gravar conjunto	13,82
90	Inspeção visual e embalagem	17,8
Tempo total do ciclo		199,5 segundos

A diferença de tempo de execução entre a operação 10 e a operação 20 implica no acúmulo de produtos, fila. Se ajustarmos o alimentador de rebite tubular para 29.93 segundos a produção indicada pela simulação é em torno de 1905 peças, como previsto no item produção esperada.

jornada diária	24 horas
almoço e ginástica laboral	4 horas
disponibilidade	20 horas
Fator de carga	85,00%
jornada diária	61200 segundos
produção esperada	1904
produção realizada	1150
defasagem de produção	754

Fonte: Próprio Autor.

Figura 78: Análise de Tempo de Ciclo da célula DGM02 – item 49187001485C1.

GPS		Análise de Tempo de Ciclo								ZF SACHS		
Área de atuação / Processo:				Equipe		Data:		Workshop:				
DGM2 - 49187001485C1 - 430WGTZ				Márcio-OAE; Mateus - OAE		11/6/2010						
						Página: de:						
Atividades	Ciclos medidos								Média dos tempos medidos (em segundos)	Estoques	Observações	
	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	Alimentador de Rebite Tubular	11,02	11,65	11,48	10,68	12,15	11,25	11,46	11,68	11,42	66	
2	Prensar Guarnição	31,25	28,23	30,15	30,28	30,48	31,24	28,56	29,25	29,93	660	
3	Alimentar e Prensar Rebite Maciço	30,25	31,28	32,02	30,15	30,02	30,45	29,85	30,15	30,52	40	
4	Montar Mola de Torção	17,45	19,25	18,25	18,46	18,14	18,45	19,23	18,45	18,46	15	
5	Montar e Fuchar Pacote do Disco	24,82	24,12	25,68	24,12	24,89	23,89	24,78	23,12	24,43	5	
6	Cravamento	21,35	21,38	21	20,45	20,48	22,45	19,48	21,85	21,06	7	
7	Giro Livre	32,3	31,45	36,23	30,85	30,15	31,45	32,02	31,8	32,03	15	
8	Gravar Conjunto	13,45	11,65	15,21	12,21	14,56	15,02	14,23	14,75	13,89	10	
9	Inspeção Visual e Embalar	16,45	18,12	16,25	16,85	17,45	17,24	19,65	20,36	17,80	4	
10										Produto Acabado	15	
11												
Somatório:												

Fonte: ZF Sachs.

Figura 79: Tomada de tempo do recurso giro livre da célula DGM 02.

GPS		FOLHA DE TOMADA DE TEMPO - FTT				ZF SACHS							
Familia de produto: 430WGTZ		Folha: 01 / 01	Data: 19-07-2010	Tempo de acompanhamento: 2 horas									
Nome do Processo: Montagem DGM2			Posto de Trabalho: Máquina de Giro Livre										
OPERADOR													
Seq	Atividades	Ponto Inicial	Ponto Final	1	2	3	4	5	Acum	S/ Ativ.	Tempo Elemento	Tempo Andar	Tempo Espera
1	Alimentar máquina	Colocar peça no giro	Acionar botão de medição	3,3	2,5	4,4	3,5		3,4		3,4		
E	Espera máquina (medição)	Acionar botão de medição	Abriu pratos de medição	20,6	24,2	26,3	29,4		25,1				21,7
A	Leitura e aprovação da peça	Abriu pratos de medição	Abriu porta	21,5	26,1	28,1	30,1		26,5			1,4	
3	Descarregar máquina	Abriu porta	Retirar peça da máquina	25,5	28,4	29,5	31,2		28,6		2,2		
A	Liberar para próxima operação	Retirar peça da máquina	Colocar no espeto do laser	27,4	31,1	32,1	34,3		31,2			2,6	
A	Retornar para posição inicial	Colocar no espeto do laser	Colocar peça no giro	30,1	37,4	38,1	36,6		35,6			4,3	
E	Operador atividade parada	Realização de retrabalho		4,0	9,0	2,4			15,4	15,4			
MAQUINA													
Seq	Máquina	carga / descarga	ciclo de máquina	Andar	Atividade parada (min)	Tempo médio do operador	tempo médio de ciclo de máquina	Tempo médio total					
1	Máquina 01	5,6	21,7				27,3						
2	Operador			8,3		8,3							
3	Desperdício/retrabalho				15,4		0,0	35,6					

Fonte: ZF Sachs.

Figura 80: Montagem da mola de torção da célula DGM 02.

GPS Global Performance Systems													FOLHA DE TOMADA DE TEMPO - F. 			
Familia de produto: 430WGTZ			Folha: 01 / 01		Data: 19-07-2010			Tempo de acompanhamento: <b>2 horas</b>								
Nome do Processo: Montagem DGM2					Posto de Trabalho: <b>Montagem de mola de torção operador 2</b>											
OPERADOR																
Seq	Atividades	Ponto Inicial	Ponto Final	1	2	3	4	5	Acum seg	S/ Ativ.	Tempo Elemento	Tempo Andar	Tempo Espera			
	Montagem de mola de torção			24,15	25,23	22,68			24,02		24,02					
	Abastecer posto			15,00	67,00				82,00			57,98				
	Abastecer prensa			92,00	21,00				56,50							
	Pré montagem de mola															
	Abastecer pré montagem															
	Operador atividade parada															
MAQUINA																
Seq	Máquina	carga / descarga	ciclo de máquina	Andar	Atividade parada	Tempo médio do operador	tempo médio de ciclo de máquina	Tempo médio total (seg)								
1	Máquina 01	0,00	0,00				0,00	24,02								
2	Operador		24,02	57,98		82,00										
3	Desperdício/retrabalho				0,00											

Fonte: ZF Sachs.

Figura 81: Montagem do conjunto da célula DGM 02.

GPS Global Performance Systems													FOLHA DE TOMADA DE TEMPO - F. 			
Familia de produto: 430WGTZ			Folha: 01 / 01		Data: 19-07-2010			Tempo de acompanhamento: <b>2 horas</b>								
Nome do Processo: Montagem DGM2					Posto de Trabalho: <b>Montagem do conjunto operador 9</b>											
OPERADOR																
Seq	Atividades	Ponto Inicial	Ponto Final	1	2	3	4	5	Acum	S/ Ativ.	Tempo Elemento	Tempo Andar	Tempo Espera			
1	Montagem do conjunto					0,45			0,45		0,45					
A	Abatecimento do posto					0,11			0,56			0,11				
A	Abastecimento da prensa					1,00			1,56			1,00				
E	Pré - montagem da mola					2,00			3,56		2,00					
E	Montagem da mola					1,75			5,31		1,75					
MAQUINA																
Seq	Máquina	carga / descarga	ciclo de máquina	Andar	Atividade parada	Tempo médio do operador	tempo médio de ciclo de máquina	Tempo médio total (seg)								
1	Máquina 01	0,00	0,00				0,00	0,45								
2	Operador		0,45	0,11		0,56										
3	Desperdício/retrabalho				4,75											

Fonte: ZF Sachs.

O resultado da adequação do fluxo de produção é comprovado na célula de manufatura DGM02, durante a operação, pelo estoque em processo acumulado nos respectivos postos de trabalho, de acordo com a nova concepção de fluxo apresentado na Figura 63. É nítido o excesso de WIP (*Work in Process*) exposto na Figura 81. É importante observar que a produção anterior às modificações propostas era de 1.150 peças/ dia em função da falta de padronização de atividades e sincronismo na execução das tarefas pelos operadores, reduzindo a produtividade da célula. Conforme o ajuste de tempo das operações 10 e 20 no alinhamento do tempo de operação (Figura 78), o resultado em termos da quantidade a ser produzida, de acordo com a simulação, apresenta-se em valor muito próximo do estabelecido como ideal (Figura 79). O resultado apresentado na Figura 78 pela simulação indica os gargalos nas operações alimentar e prensar o rebite maciço e a operação de giro livre, embora a produção de acordo com a estimativa de 1.905 peças seja bem razoável.

A falta de padronização das atividades restringe a produção a 1.150 na operação real.

Figura 82: Visual do *layout* anterior da Célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

Após a medição dos tempos de processo e a identificação das restrições de fluxo da célula a ter um fluxo contínuo de produção, foi elaborado o mapa do fluxo de valor atual de acordo com o Apêndice D.

Figura 83: Jornada de trabalho e *takt time* a partir do plano mestre de produção.

<b>5 semanas</b>	605 total de horas	35909 demanda mensal
<b>Seg - Sexta</b>	21 horas por dia	75600 segundos por dia - seg. a sexta.
<b>Sábado</b>	16 horas por dia	57600 segundos por dia - sábado
Para o plano mestre de produção de 5 semanas a produção em unidades é de 35909 peças no período de 5 semanas.	30 dias úteis por mês	1197 demanda diária
	605 horas úteis por mês	2178000 segundos por mês
	525 horas por mês - seg. sexta	75600 segundos por dia - seg. a sexta
	80 horas úteis por mês - sábado	57600 segundos por dia - sábado
	<b>63,16 TAKT TIME do cliente em seg. - seg. a sexta</b>	
	<b>48,12 TAKT TIME do cliente em seg. sábado</b>	

Fonte: Próprio autor.

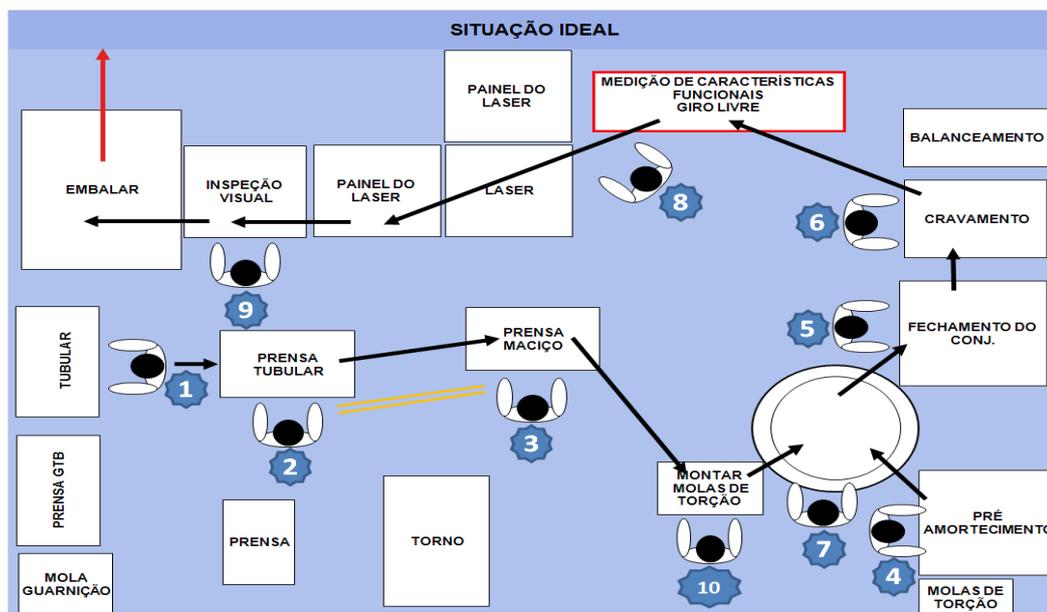
É importante salientar que os dados utilizados são resultado do *kaizen* de processo realizado em agosto de 2010, e o estudo quanto à operação da célula em termos de demanda é baseado no plano mestre de produção da semana do dia 28/02/2011 a 28/03/2011 para a simulação da programação da produção de acordo com o modelo proposto.

A disposição dos operadores no *layout* da célula, antes das melhorias propostas, é representada pela Figura 84 e, com a alteração, pela Figura 85. As Figuras 86 a 87 mostram a adequação do *layout* da célula DGM02 com o propósito de melhorar o fluxo de produção e também a evolução do processo de adequação do *layout* da célula DGM02 tem-se que:

1. A Figura 84 ilustra a retirada das áreas de abastecimento de mola de torção e mola de guarnição da área da célula para um espaço próximo, mas fora da área de operação;
2. A Figura 85 mostra a criação do posto de pré-montagem na célula de manufatura;
3. A Figura 86 mostra o deslocamento do operador 10 para o posto de pré-montagem criado na célula;
4. A Figura 87 mostra a identificação da operação crítica (pré-amortecimento) e da operação gargalo (giro livre) com a implementação dos carrinhos para movimentação na prensa tubular, fechamento do conjunto e balanceamento;

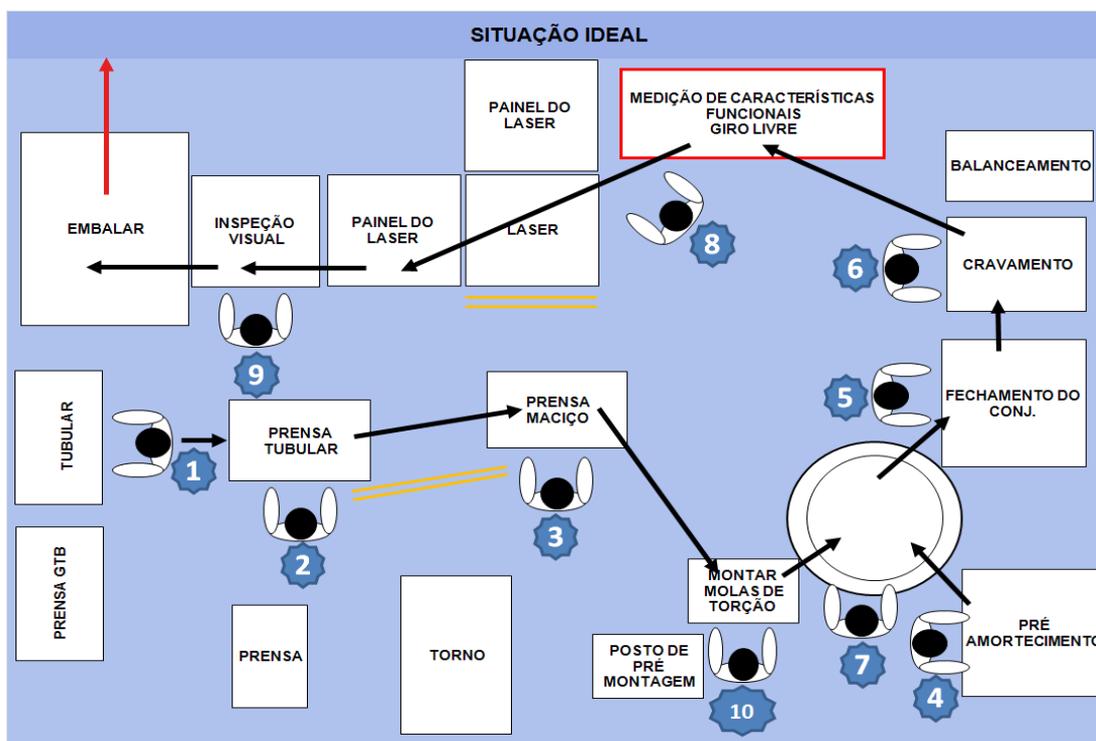
5. O uso de esteiras de movimentação entre prensa tubular e prensa maciço, prensa fechamento e balanceamento e no *laser* é identificado nas Figuras 85, 86 e 87.

Figura 84: Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 – 01.



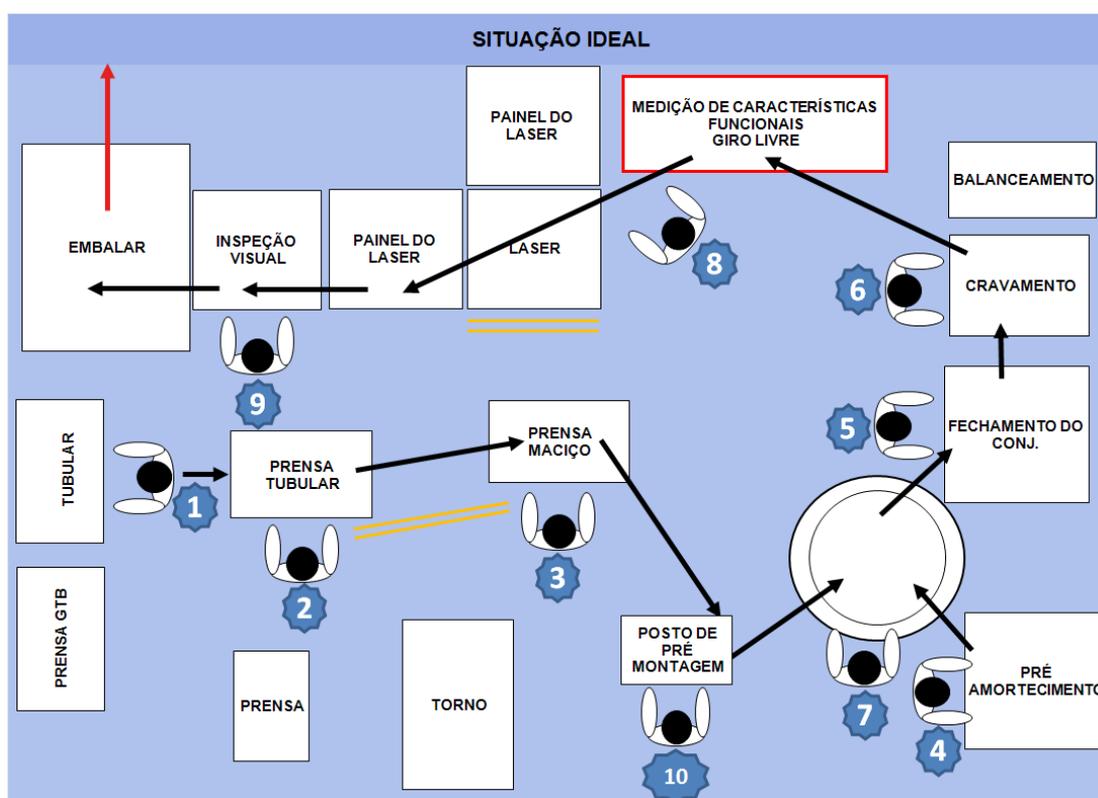
Fonte: Próprio autor.

Figura 85: Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 – 02.



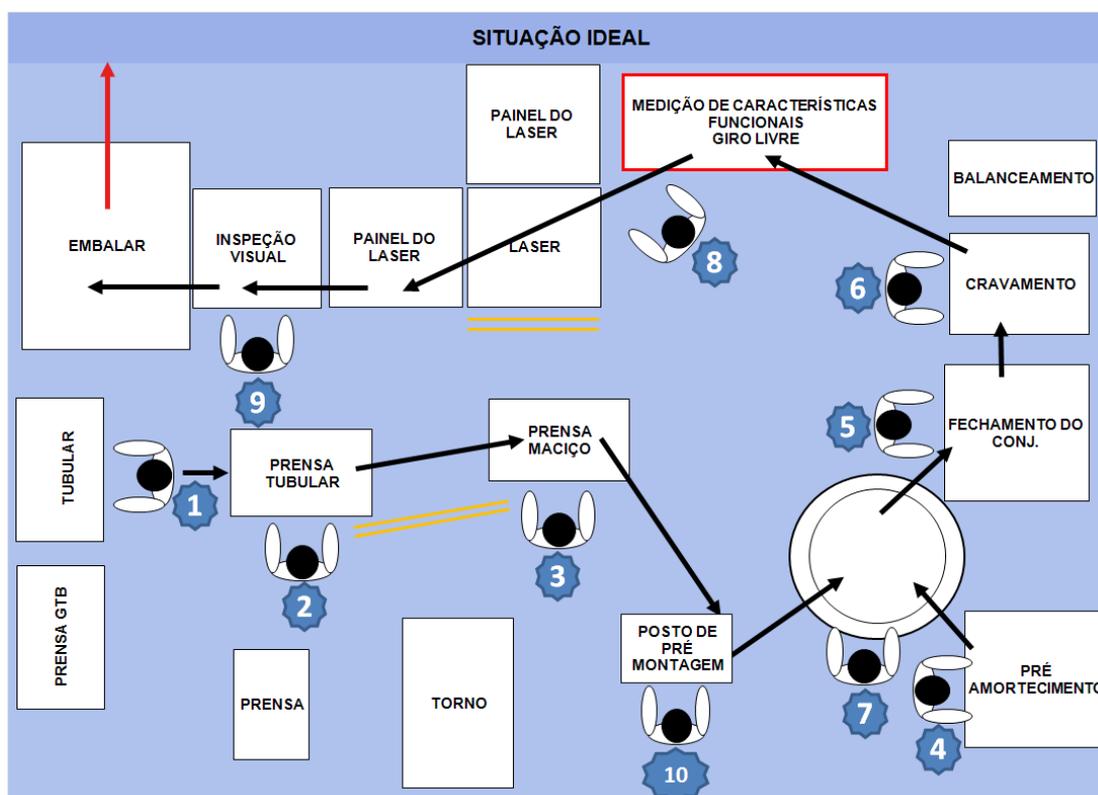
Fonte: Próprio autor.

Figura 86: Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 – 03.



Fonte: Próprio autor.

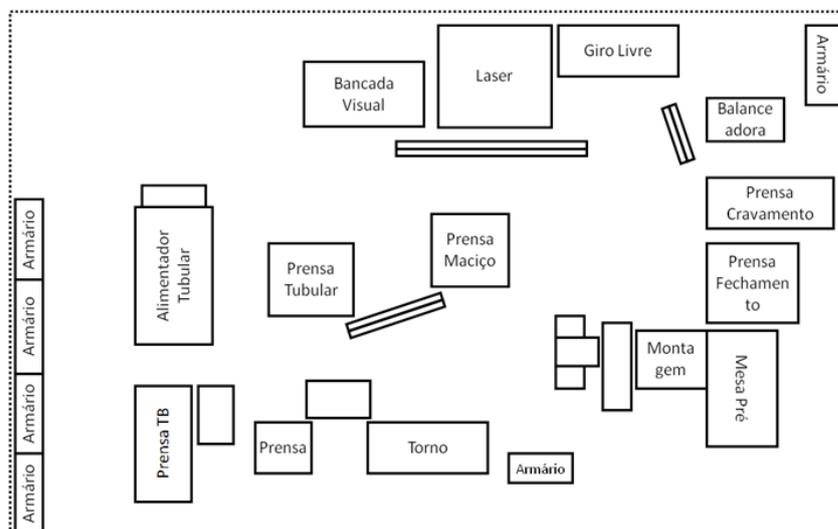
Figura 87: Estudo Preliminar de mudança de *layout* da Célula DGM02 – 04.



Fonte: Próprio autor.

Figura 88: *Layout anterior da célula DGM02 (Kaizen de Setup).*

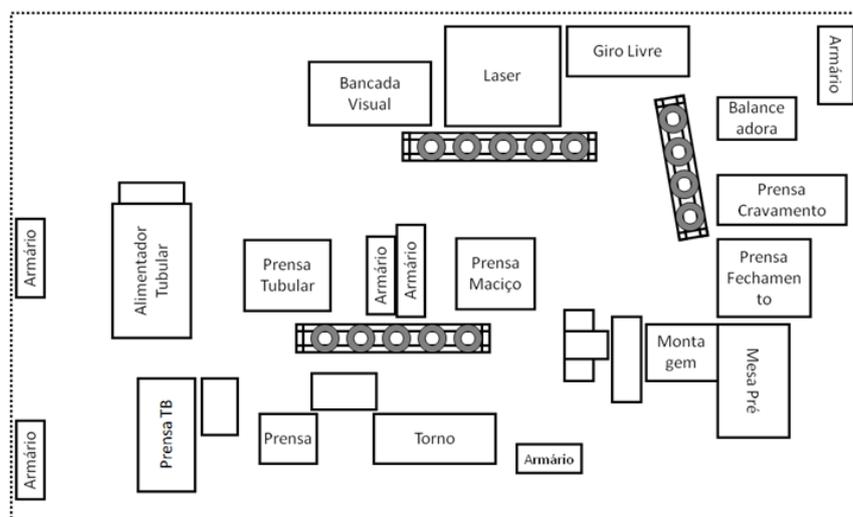
## Movimentação e Layout



Fonte: ZF Sachs.

Figura 89: *Layout posterior da célula DGM02 (Kaizen de Setup).*

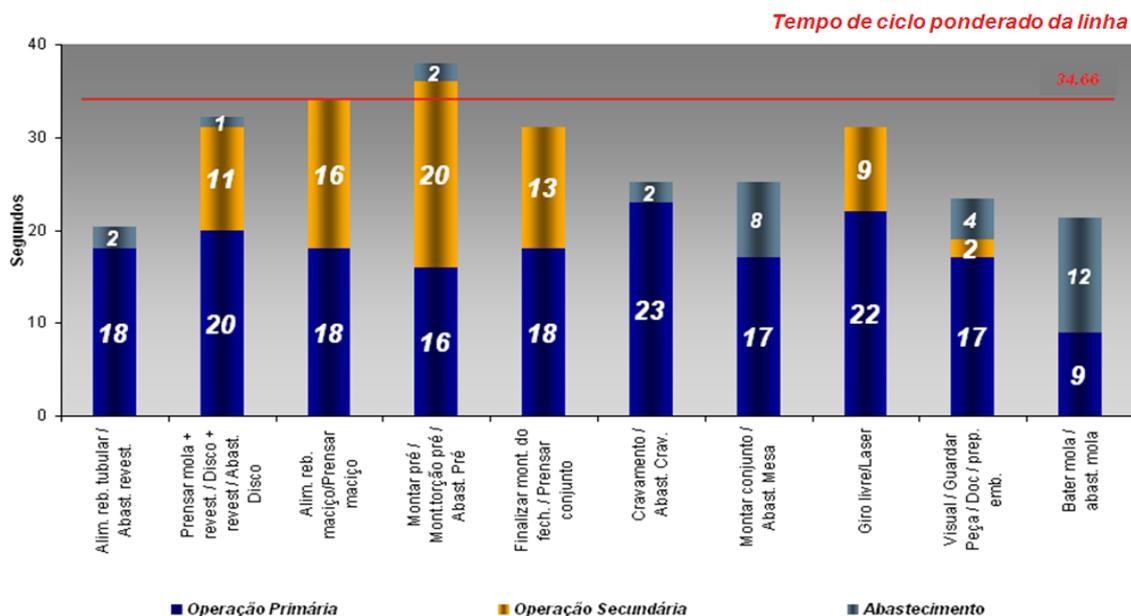
## Movimentação e Layout



Fonte: ZF Sachs.

A partir da nova concepção do *layout* há a necessidade do balanceamento dos tempos das atividades, desbalanceado, como mostra a Figura 90, a partir dos tempos cronometrados de acordo com os formulários apresentados anteriormente.

Figura 90: Cronoanálise das atividades da Célula DGM02.



Fonte: Próprio autor.

As Figuras 91 a 101 representam as etapas do processo de balanceamento da célula de manufatura DGM02 identificando as alterações realizadas. As operações de cor cinza representam as atividades de abastecimento da célula, as de cor azul escuro operações primárias e as de cor marrom as operações secundárias. É importante observar as atividades da cor cinza a fim de verificar a importância das atividades de abastecimento interno às células e externo envolvendo os supermercados. A Figura 102 mostra o balanceamento finalizado como referência a Figura 90. A Tabela 18 apresenta a sequência das figuras que descreve o processo de balanceamento da célula de manufatura.

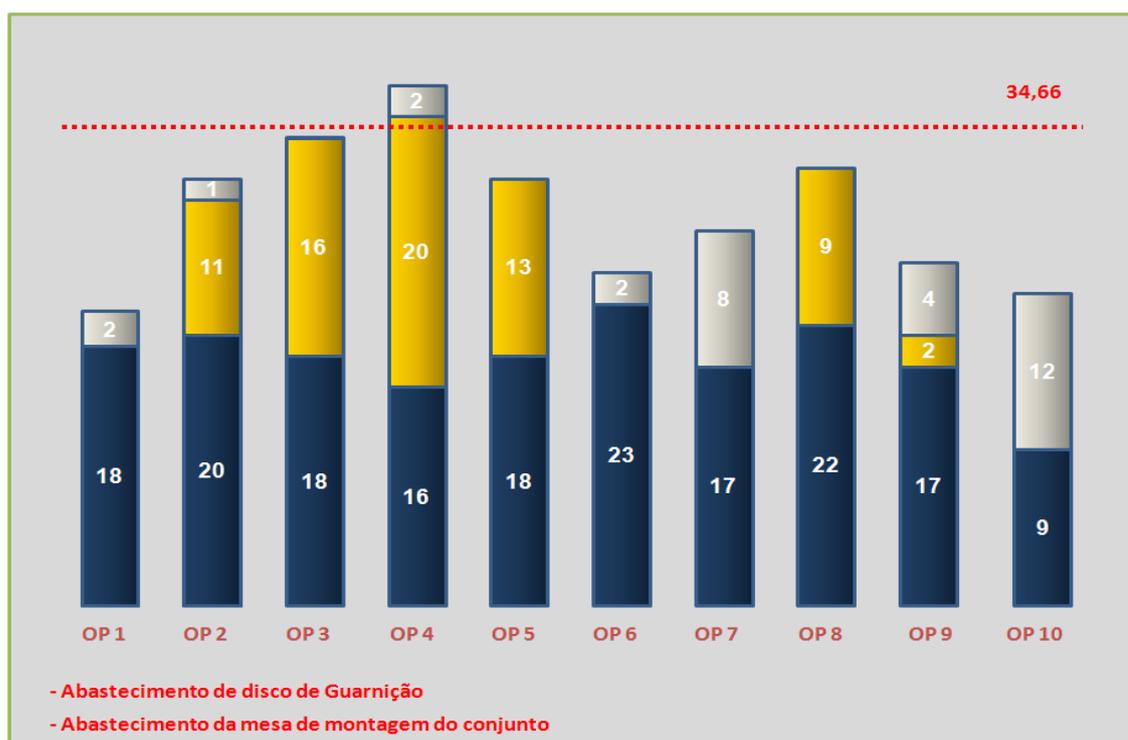
Tabela 18: Descrição do processo de balanceamento da célula de manufatura DGM02.

Figuras	Operação precedente	Operação referência	Operação Posterior	Alteração
75	-----	-----	-----	Condição inicial
76	-----	Operação 01	Operação 02	Atividade de abastecimento de 1 segundo transferida da operação 02 para a operação 01. O abastecedor cuida do abastecimento na operação 01.
77	-----	Operação 01	-----	Ajuste da operação 01 passando a operação primária para 19 segundos e a operação de abastecimento para 6 segundos.
78	-----	Operação 02	-----	Ajuste da operação 02 passando a operação primária para 19 segundos e a operação secundária para 12 segundos.

79	-----	Operação 03	-----	Ajuste da operação 03 passando a operação primária para 18 segundos e a operação secundária para 11 segundos.
80	-----	Operação 04	-----	Ajuste da operação 04 passando a operação primária para 10 segundos e a operação secundária para 16 segundos e 02 segundos de abastecimento.
81	-----	Operação 05	-----	Ajuste da operação 05 passando a operação primária para 19 segundos e a operação secundária para 12 segundos.
82	-----	Operação 07	Operação 10	Atividade de abastecimento de 8 segundos transferida da operação 07 para a operação 10. O abastecedor cuida do abastecimento na operação 10
83	-----	Operação 07	-----	Ajuste da operação 07 passando a operação primária para 32 segundos eliminando a operação secundária.
84	-----	Operação 08	-----	Ajuste da operação 08 passando a operação primária para 24 segundos e a operação secundária para 09 segundos.
85	-----	Operação 09	-----	Ajuste da operação 09 passando a operação primária para 22 segundos, operação de abastecimento para 04 segundos e a operação secundária para 02 segundos.
86	-----	Operação 10	-----	Ajuste da operação 10 passando a operação primária para 12 segundos, operação de abastecimento para 08 segundos e a operação secundária para 10 segundos.
87	-----	-----	-----	Condição Final com a descrição das operações
88	-----	-----	-----	1ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
89	-----	-----	-----	2ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
90	-----	-----	-----	3ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
91	-----	-----	-----	4ª alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02
92	-----	-----	-----	Visual do <i>layout</i> atual da célula após as mudanças realizadas

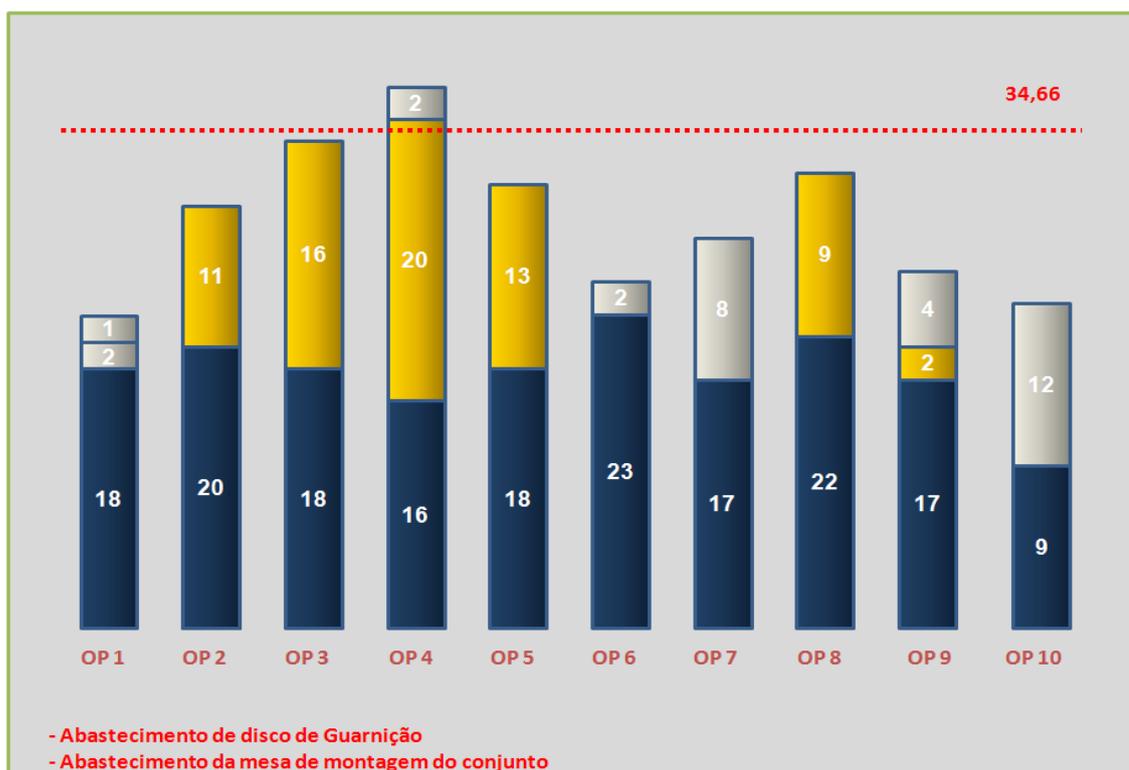
Fonte: Próprio autor.

Figura 91: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 01.



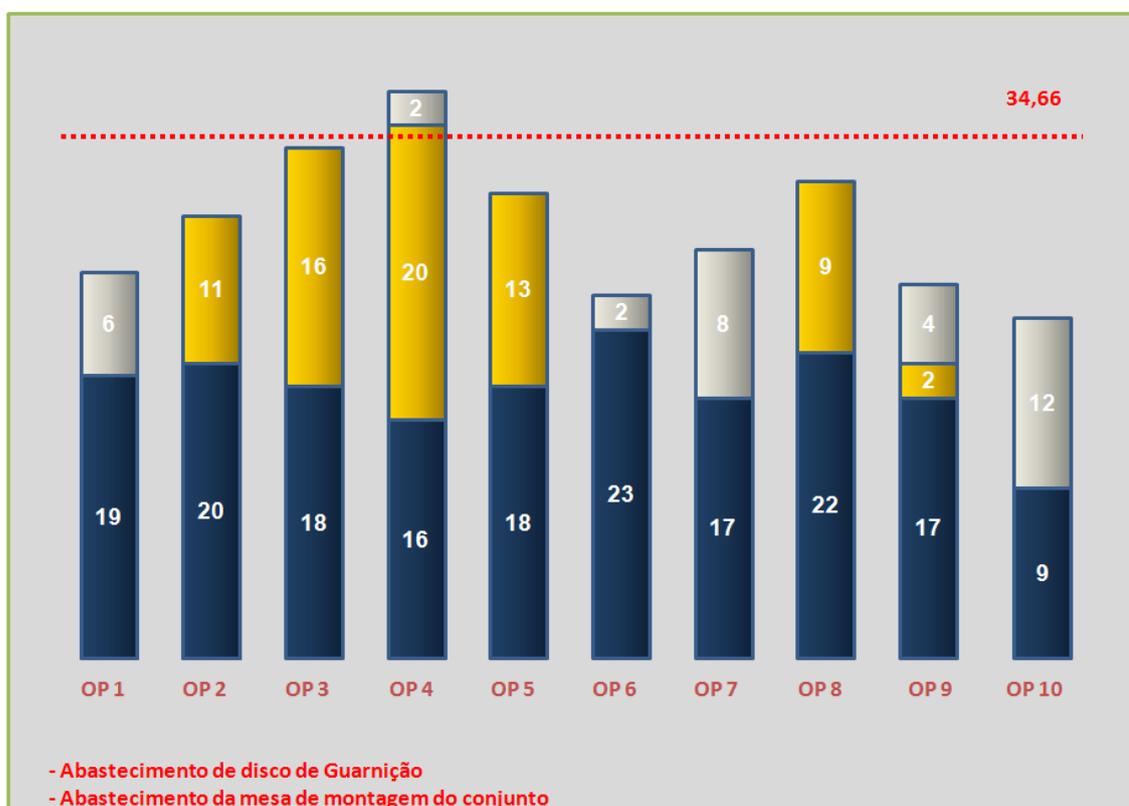
Fonte: ZF Sachs.

Figura 92: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 02.



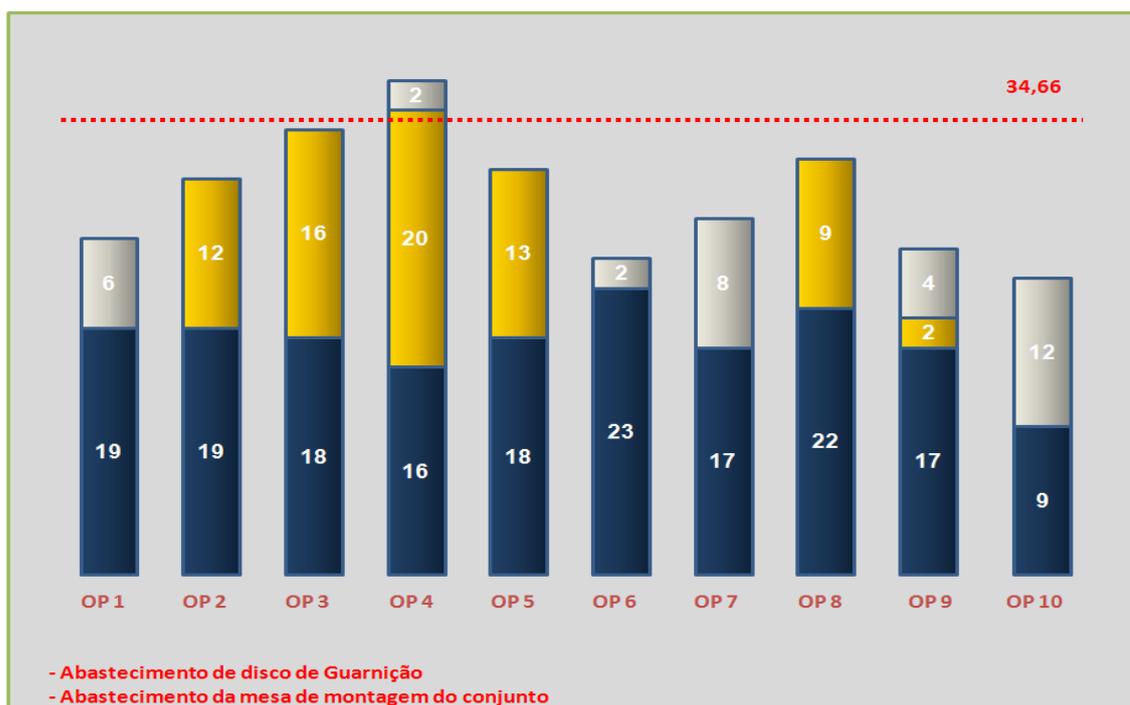
Fonte: ZF Sachs.

Figura 93: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 03.



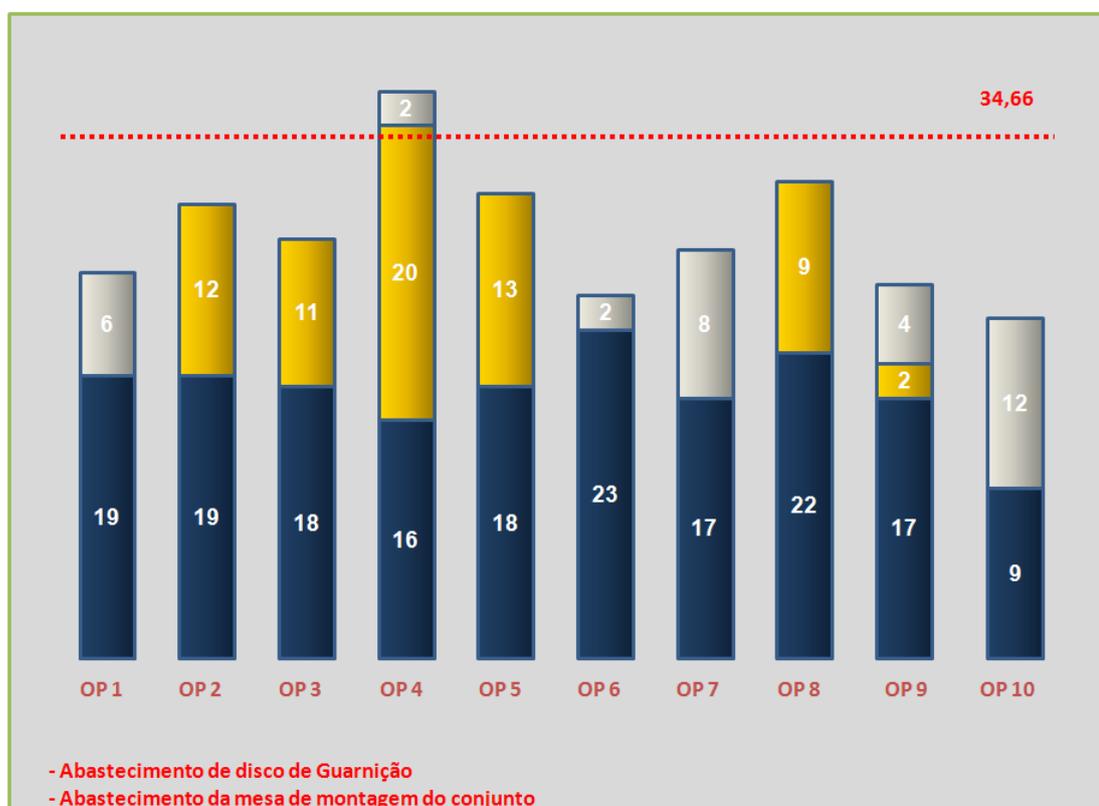
Fonte: ZF Sachs.

Figura 94: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 04.



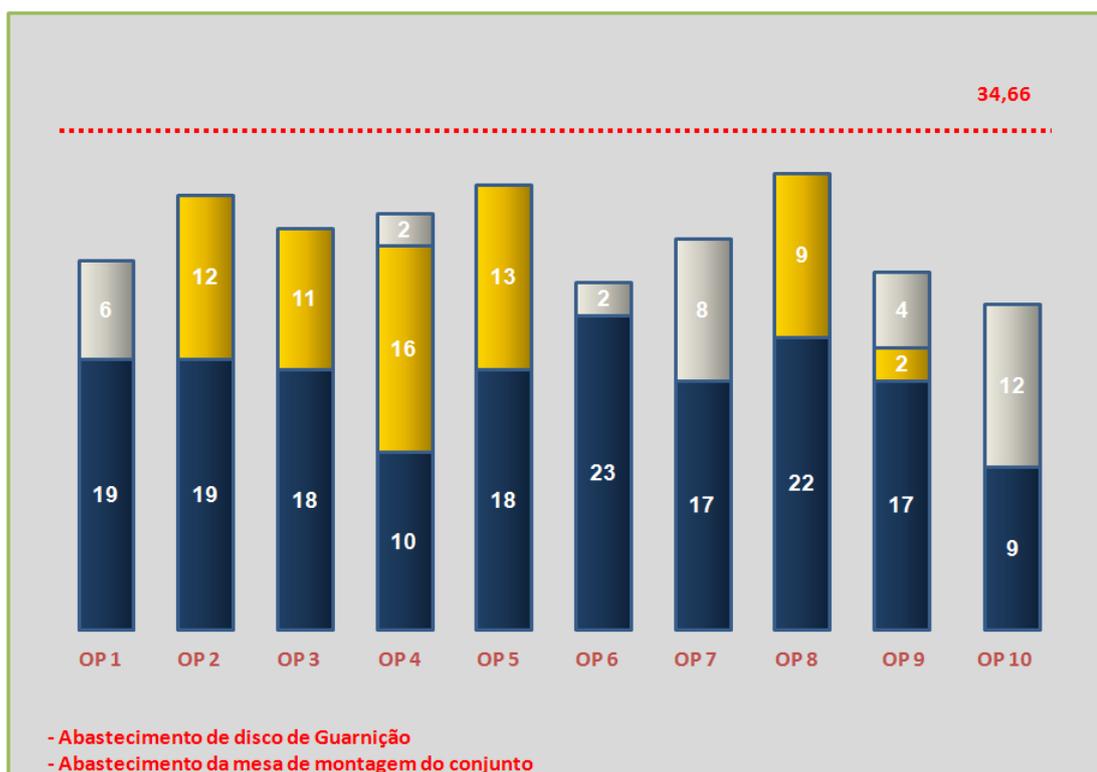
Fonte: ZF Sachs.

Figura 95: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 05.



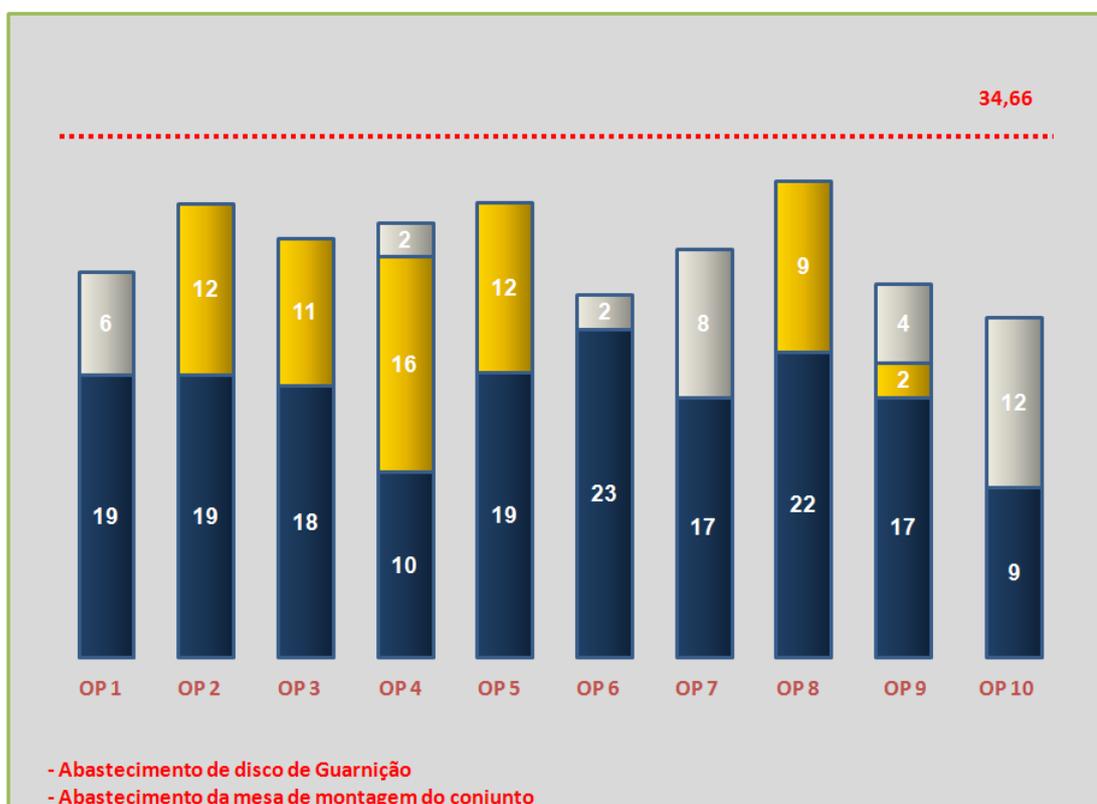
Fonte: ZF Sachs.

Figura 96: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 06.



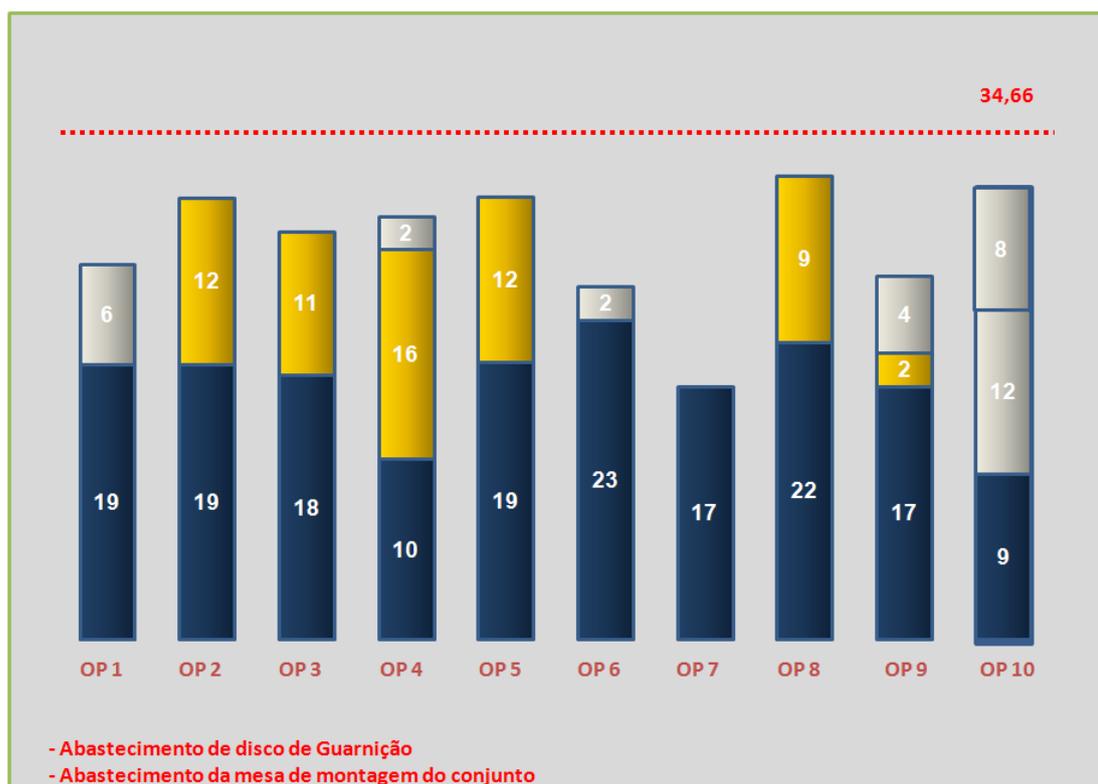
Fonte: ZF Sachs.

Figura 97: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 07.



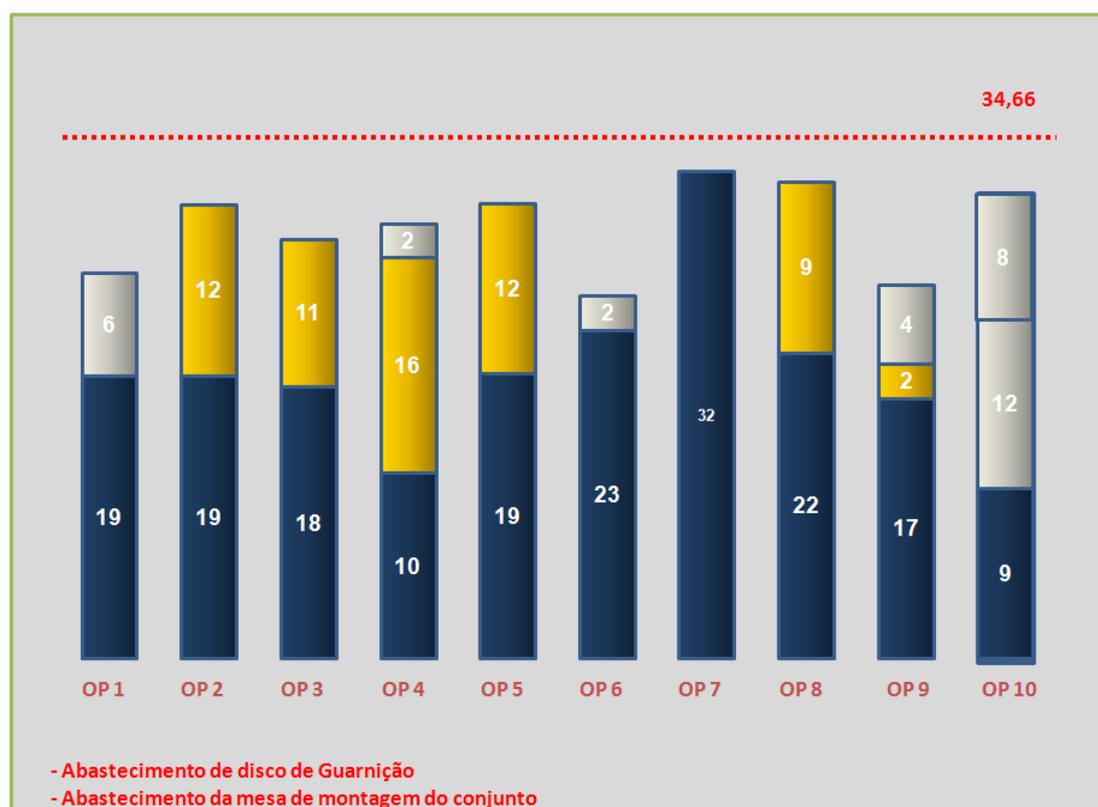
Fonte: ZF Sachs.

Figura 98: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 08.



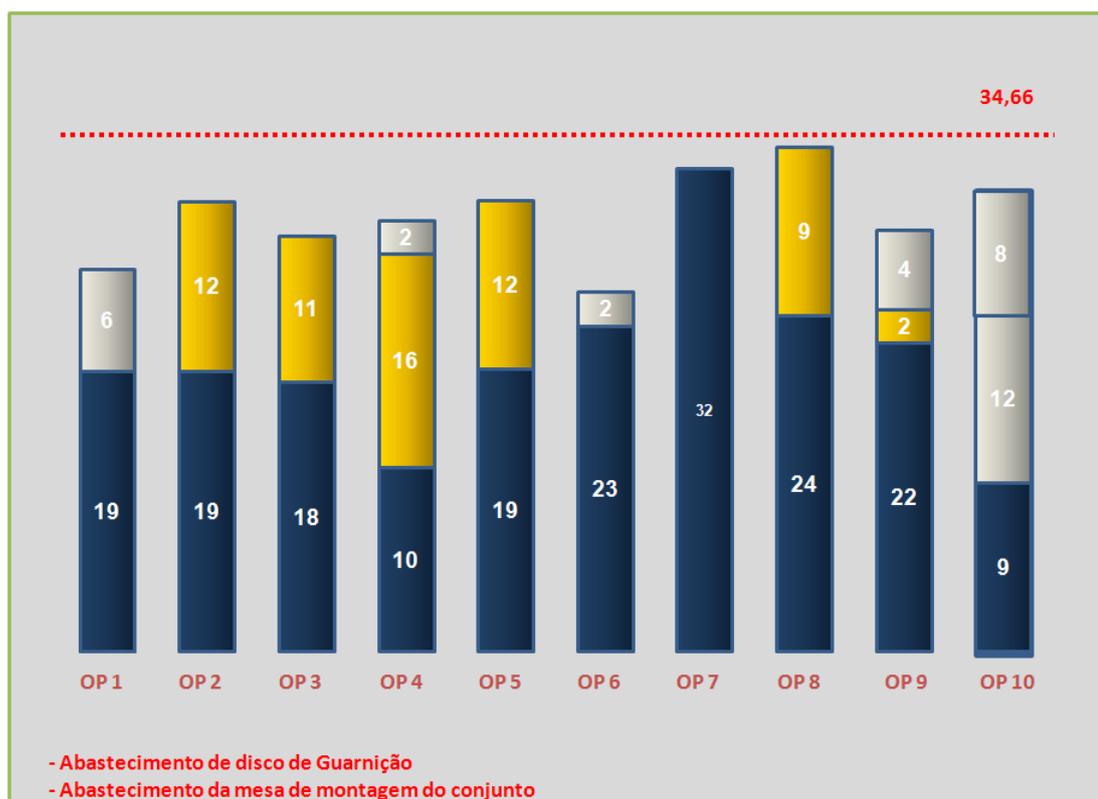
Fonte: ZF Sachs.

Figura 99: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 09.



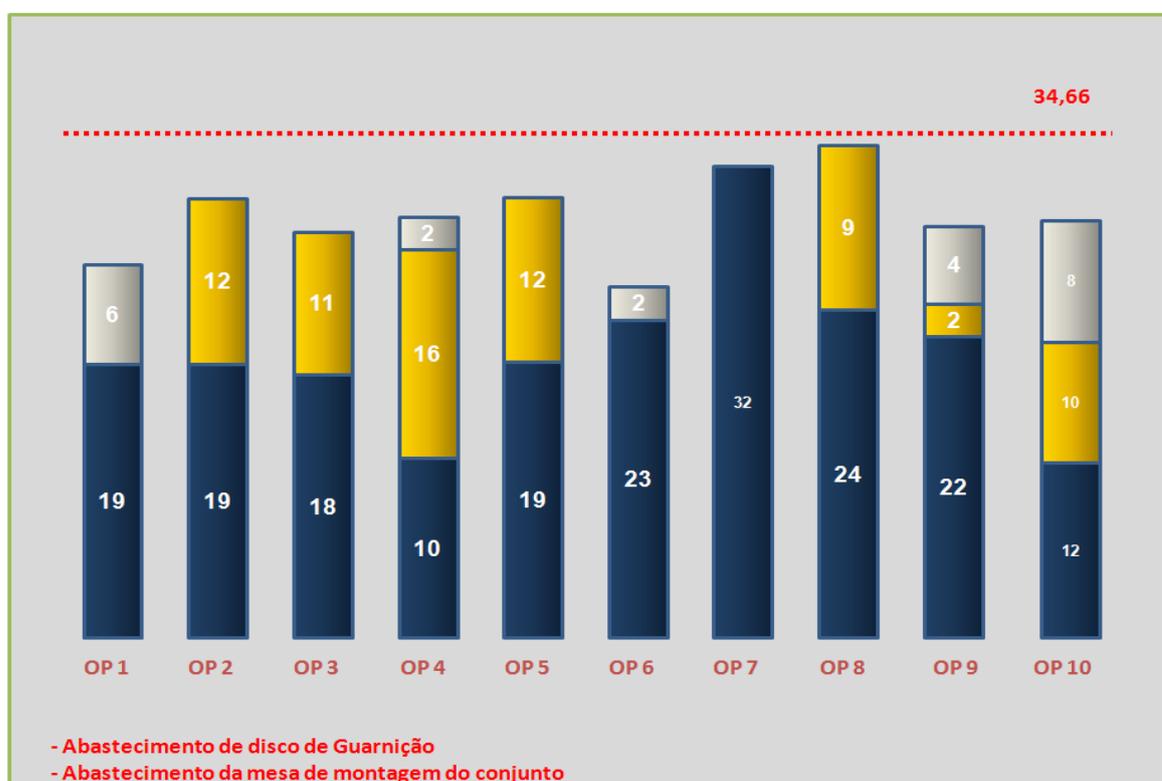
Fonte: ZF Sachs.

Figura 100: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 10.



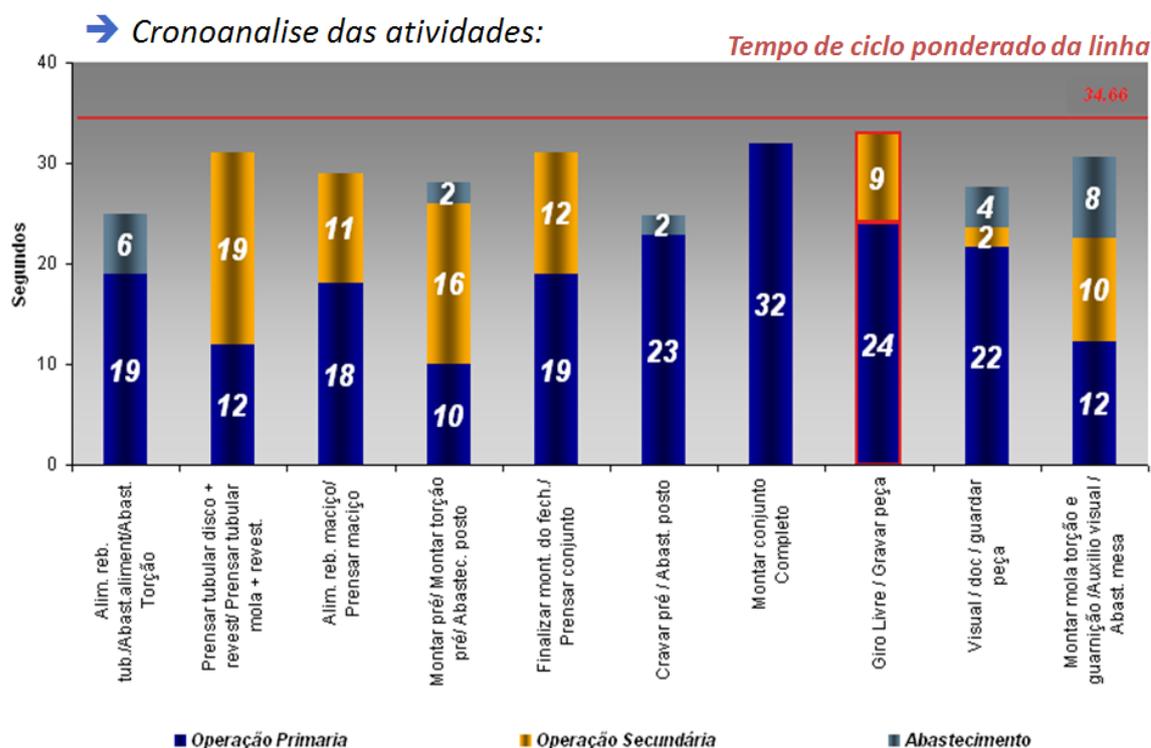
Fonte: ZF Sachs.

Figura 101: Balanceamento das atividades da Célula DGM02 – 11.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 102: Tempo de ciclo ponderado da Célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 103: Primeira alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02.

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	Abastecer disco torção
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	-
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto Bater mola	- -
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
100	10	Montar mola de torção (20')	-
		Montar guarnição (20')	-
		Abastecer mesa de montagem	-

Fonte: ZF Sachs.

O fluxo de produção proposto representado na Figura 105 foi o escolhido em função de uma melhor distribuição das atividades por operador, como pode ser observado.

Figura 104: Segunda alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02.

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador
			Montar mola de guarnição
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	Abastecer disco torção
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	-
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto	-
		Bater mola	-
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
100	10	Montar mola de torção (20')	-
		Auxílio pré	-
		Abastecer mesa de montagem	-

Fonte: ZF Sachs.

Figura 105: Terceira alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02 (Aprovado).

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador
			Abastecer disco torção
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	Abastecer a mesa de pré e montagem
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto	-
		Bater mola	-
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
100	10	Montar mola de torção (20')	-
		Auxílio Visual	Abastecer mesa de montagem
		Montar mola de guarnição	-

Fonte: ZF Sachs.

A nova concepção do *layout* apresentado na Figura 107 identifica uma redução significativa do WIP (*Work in Process*) na célula de manufatura.

Figura 106.1: Quarta alternativa do fluxo proposto da Célula DGM02.

Operação	Operador	Operação Primária	Operação Secundária
10	1	Alimentar rebite	Abastecer alimentador
20	2	Prensar tubular (disco e revestimento, mola e revestimento)	Abastecer disco torção
30	3	Prensar maciço	-
40	4	Montar pré	
50	5	Finalizar montagem	Prensar conjunto
60	6	Cravar pré	Abastecer prensa cravamento
70	7	Montar conjunto	-
		Bater mola	-
80	8	<b>Medir giro livre</b>	<b>Gravar peça</b>
90	9	Inspeção visual	Guardar peça, Preencher documentação
		Montar mola de torção (20')	✓
100	10	Abastecer a mesa de pré e Montar mola de guarnição	-
			-
<b>110</b>	<b>11</b>	<b>Montagem do pré</b>	✓
			-
			-

Fonte: ZF Sachs.

Figura 107: Visual do layout atual da Célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

A partir da adequação do fluxo de produção e *layout*, as premissas de produção definidas foram:

1. Todas as peças do giro livre que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregadas no espeto amarelo, ao lado do giro, para que possam ser retrabalhadas fora do fluxo; (rejeição > 10 peças na hora, parar a produção e acionar departamento de qualidade).
2. Todas as peças do *laser* que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregadas na caixa vermelha da célula para que possam ser retrabalhadas fora do fluxo; (rejeição >3 na hora, parar a produção e acionar o departamento de manutenção).
3. Durante a produção, o estoque em processo deverá respeitar os limites de:
  - a. < 5 peças entre as operações.
  - b. Entre 6 a 15 peças na montagem de pré-amortecimento.
4. Na troca de turno, os operadores deverão respeitar os limites de processo citados acima.
5. O balanceamento do fluxo com 10 operadores não levou em consideração a montagem dos mercados de *kit* e reposição, quando se aplica a operação de embalagem individual do produto, havendo a necessidade de mais um operador.

A Figura 108 mostra as pendências do projeto de melhoria da célula de manufatura DGM02 a serem realizadas.

Figura 108: Pendências da Célula DGM02.

<i>Pendencias Kaizen 30 dias</i>		<i>Operação</i>	<i>Responsável</i>	<i>Prazo</i>
1	Confeccionar bancada de abastecimento externo	Posto de abastecimento	Mateus - OAE	1-set-10
2	Confeccionar carrinho para abastecimento do disco de torção	Rebite tubular	Mateus - OAE	1-set-10
3	Confeccionar suporte para mola de guarnição na prensa de montagem	Rebite tubular	Mateus - OAE	1-set-10
4	Confeccionar mesa para montagem do pré amortecimento com adequação dos componentes	Posto de mont. do pré	Mateus - OAE	15-ago-10
5	Instalação da nova mesa para montagem do produto	Posto de mont. do conjunto	Mateus - OAE	15-ago-10
6	Confeccionar carrinho para abastecimento dos componentes de montagem	Posto de montagem	Mateus - OAE	1-set-10
7	Confeccionar carrinho para abastecimento dos componentes do cravamento	Posto de cravamento	Mateus - OAE	1-set-10
8	Adequar mesa para a pré montagem do cravamento	Posto de cravamento	Mateus - OAE	1-set-10
9	Adequar transporte de peça entre prensa de cravamento e giro livre	Giro livre	Mateus - OAE	1-set-10
10	Posicionar botão de liberação do giro livre (F2) próximo ao operador	Giro livre	Mateus - OAE	10-ago-10
11	Confeccionar canaleta para transporte de peça entre giro livre e inspeção visual	Visual	Mateus - OAE	1-set-10
12	Adequar o Lay-Out do armário de ferramenta	Posto de abastecimento	Mateus - OAE	29-jul-10

Fonte: ZF Sachs.

### 6.6.1.2 *Kaizen de setup*

No período de junho a agosto de 2010, foi verificado que a célula DGM02 possuía um número médio de 5 *setups* por dia com uma duração média de 23 minutos e com um desvio padrão de 20 minutos, porém ocorrendo também *setup* de menor duração (somente componente) com uma média de 9 minutos totalizando, em média, 12 *setups* por dia. Com isso, o tempo utilizado para *setup* na célula impacta diretamente no tempo disponível para produção.

Durante a análise do acompanhamento realizado pela equipe responsável pelo *kaizen de setup* na célula, podem ser verificados os fatores que impactam no alto tempo de *setup* da célula, sendo eles:

1. O tempo alto de *setup* na célula se concentra somente em 2 máquinas;

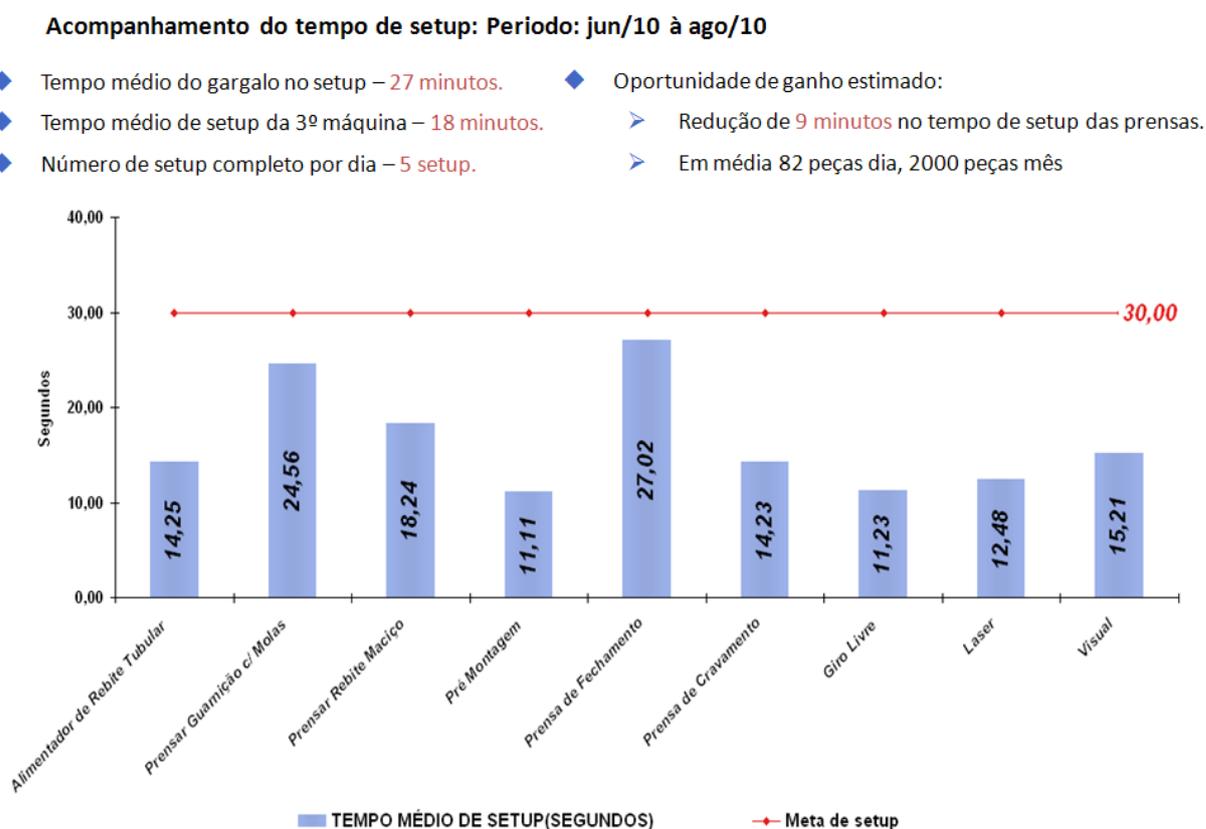
2. Todo o *setup* da máquina é interno, pois a operação da mesma é manual;
3. Excesso de movimentação dentro da célula durante o *setup*;
4. Falta de identificação dos dispositivos da máquina.

A partir dos pontos analisados:

1. Adequação do *layout* da célula para que os armários com os dispositivos ficassem próximo da máquina;
2. Identificar todas as ferramentas facilitando a identificação das mesmas;
3. Confeccionar dispositivos da prensa tubular para todos os itens;
4. Tempos de *setup* controlados por meio de um gráfico de CEP.

A Figura 109 identifica os tempos de *setup* por operação e o padrão de 30 minutos.

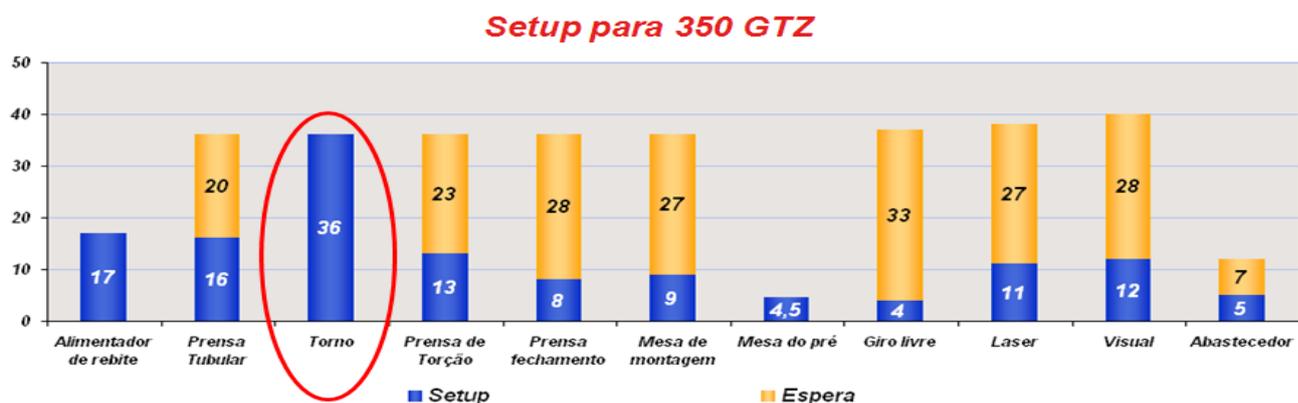
Figura 109: Acompanhamento do tempo de *setup* Célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

Entre as máquinas da célula DGM02, o Torno e o Alimentador de Rebite representam os *setups* mais significativos, sendo feito um trabalho de ajuste, de acordo com o que mostram as Figuras 110 e 111, para as famílias de produtos 350GTZ e 430WGTZ.

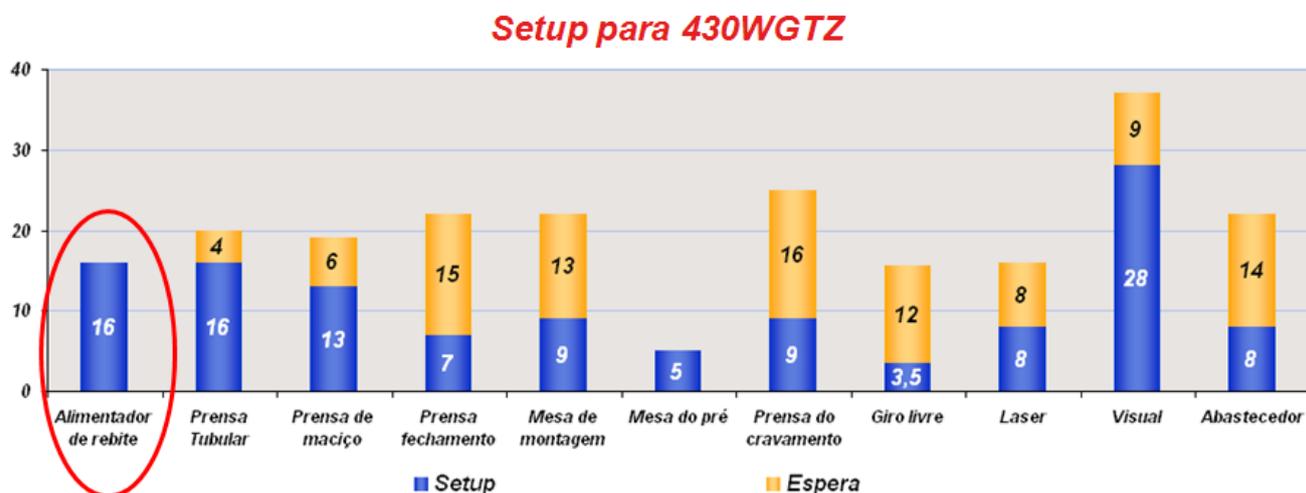
Figura 110: *Setup* para 350GTZ da Célula DGM02.



**Tempo Total de Setup 37 minutos**

Fonte: ZF Sachs.

Figura 111: *Setup* para 430WGTZ da Célula DGM02.

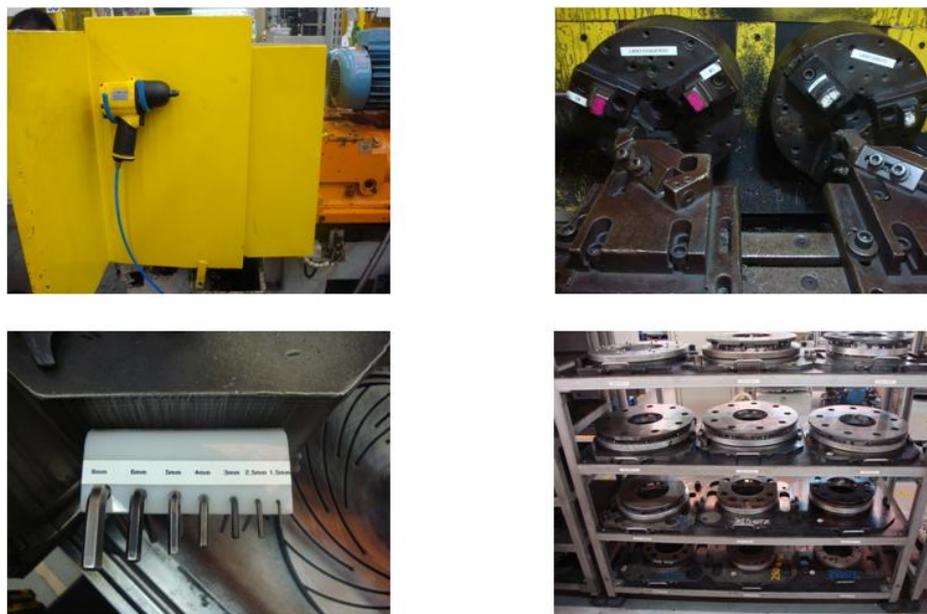


**Tempo Total de Setup 37 minutos**

Fonte: ZF Sachs.

As máquinas relacionadas aos dados de *setup* apresentados na Figura 112 também tiveram os ferramentais e dispositivos utilizados organizados, e o plano de ação traçado para o ajuste do *setup* está descrito na Figura 113.

Figura 112: Organização de ferramental e dispositivo da Célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

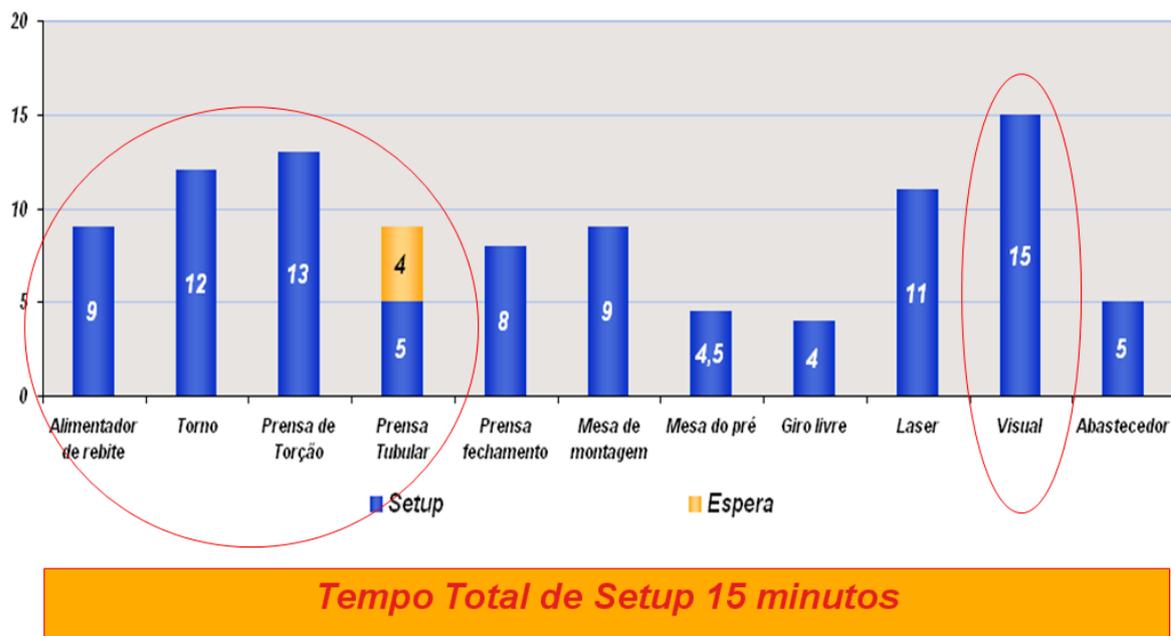
Figura 113: Plano de Ação em andamento (Kaizen de Setup).

GPS		Plano de Ação			ZF SACHS	
Área de atuação / Processo: Célula DGM02 Montagem de disco grande		GPS Trainer: Márcio Oliveira (OAE)	Data: 20/09/2010 a 24/09/2010	Workshop: Kaizen de Setup na célula DGM02		
Dono do Processo: Reginaldo Nogueira (OAP)		Página: 01 de: 01				
Nº	Ação (+ Problema)	Responsável	Prazo	Status	Observações / Potenciais de Expansão	
1	Adequar o layout da célula para que os armários fiquem próximo das máquinas	Mateus Gatte	23/9/2010	●		
2	Adequar e otimizar layout dos armários de ferramenta (altura das prateleiras)	Mateus Gatte	29/9/2010	⊕		
3	Identificar todas as ferramentas das máquinas	Rogério	24/9/2010	●		
4	Disponibilizar ferramentas necessárias para o setup nas máquinas	Marcelo	24/9/2010	●		
5	Confeccionar dispositivos para a ferramenta da prensa tubular para os itens 395WGTZ, 362WGTB e 350GTB	André Pio	24/10/2010	⊕	Já levantado os desenhos das ferramentas	
6	Eliminar folga do conjunto de alimentação de rebite da máquina	André Pio	24/10/2010	⊕	Necessidade de confeccionar nova peça	
7	Disponibilizar parafusadeiras para o alimentador de rebite	Mateus Gatte	30/9/2010	⊕		
8	Disponibilizar parafusadeiras para o torno	Marcelo	23/9/2010	●		
9	Graduar dispositivo de ajuste de posição do torno	Michel	24/9/2010	●		
10	Posicionar as régulas de ajuste de altura das prensas de tubular e fechamento na parte frontal da máquina	Alessandro	24/10/2010	⊕		
11	Criar etiqueta para preenchimento de documentação	Marrubia	23/9/2010	●		
12	Adequação das esteiras entre processos	Mateus Gatte	24/10/2010	⊕		
13	Refazer rosca espanada do alimentador de rebite	André Pio	24/10/2010	⊕		

Fonte: ZF Sachs.

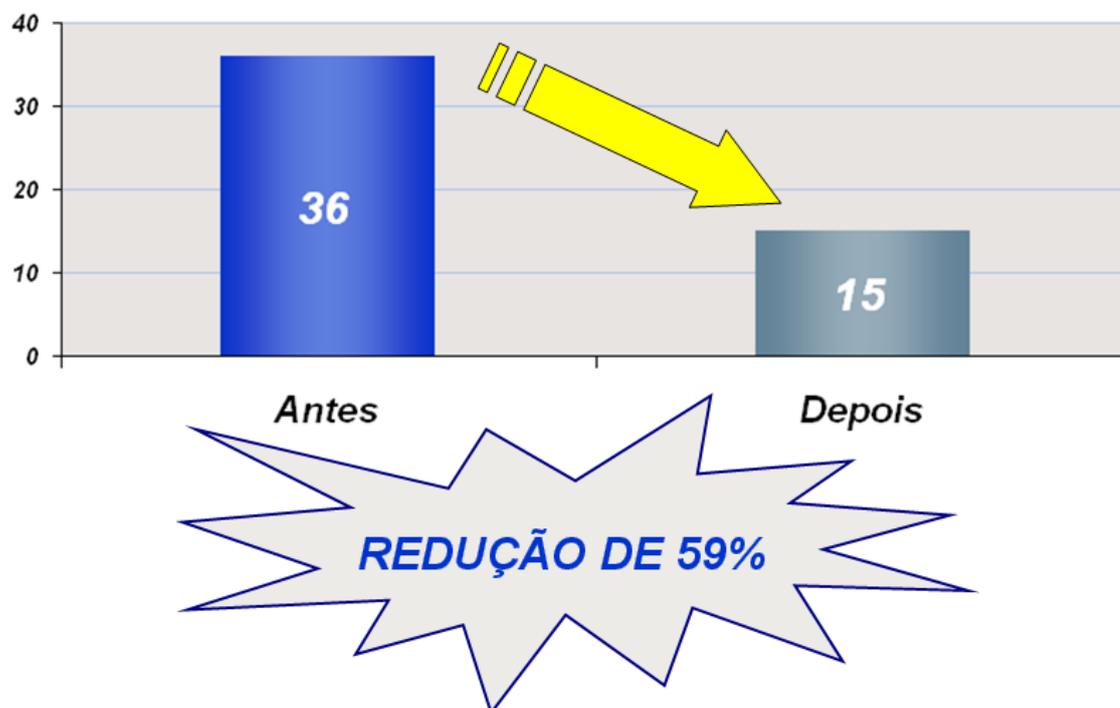
As Figuras 114 e 115 ilustram o ganho do tempo de *setup* da célula após a realização do *kaizen* de *setup* com uma redução em torno de 59%.

Figura 114: Cronoanálise depois das adequações realizadas na célula DGM02 (*Kaizen* de *Setup*).



Fonte: ZF Sachs.

Figura 115: Resultados obtidos após as adequações realizadas na célula DGM02 (*Kaizen* de *Setup*).



Fonte: ZF Sachs.

Após o *kaizen* de *setup*, os tempos foram tabulados (Figura 116) e foi verificada a distribuição desses dados, apresentando uma distribuição normal.

Figura 116: Acompanhamento de *setup* 10/2010 a 02/2011 da Célula DGM02.

	Tempo Médio	Setups/mês		Tempo Médio	Setups/mês		Tempo Médio	Setups/mês
311878004720	00:23:55	11,0	491878000429	00:18:05	13,0	491878001065	00:22:00	3,0
361878002642	00:21:42	10,0	491862188107	00:25:36	5,0	361864000680	00:20:05	11,0
391878000834	00:18:00	19,0	361878001750	00:24:18	10,0	491878003871	00:22:30	10,0
391878004577	00:15:37	8,0	361878000432	00:19:37	8,0	401878000228	00:19:42	10,0
401878000742	00:18:36	10,0	401864000498	00:41:00	4,0	231878001801	00:19:20	3,0
491878001533	00:22:05	11,0	401862415001	00:13:00	2,0	381878001483	00:20:56	17,0
491878001485	00:21:49	16,0	341878000804	00:21:26	7,0	401878000951	00:18:07	8,0
491878004211	00:19:54	10,0	341878000804	00:14:00	2,0	361878000789	00:21:00	5,0
491878000836	00:19:28	17,0	341878002048	00:23:48	25,0	381878002145	00:22:50	6,0
391878001474	00:19:00	17,0	491878037601	00:27:13	9,0	401878000742	00:20:36	5,0
381878000654	00:17:15	4,0	401878002513	00:19:48	5,0	401878000876	00:15:00	2,0
381878000832	00:18:49	16,0	401864000500	00:19:30	4,0	311864000300	00:27:00	3,0
381878003821	00:16:48	5,0	381878001054	00:27:30	4,0	401861494322	00:21:36	5,0
381878052812	00:23:17	7,0	361861641102	00:18:20	3,0	491862188107	00:17:55	11,0
491878000668	00:22:36	10,0	391878002518	00:24:33	20,0	491878001485	00:24:40	3,0

Fonte: ZF Sachs.

## 6.7 Adequações do Processo a Partir dos Eventos *Kaizen* Realizados

O plano de ação para correção de eventuais problemas e melhoria dos indicadores apresentados foi elaborado de acordo com dois eventos *kaizen* conforme descrito nas Figuras 117 e 118, sendo o Plano de Ação do evento *kaizen* de processo representado na Figura 117 e o Plano de Ação do evento *kaizen* de *setup* representado na Figura 118.

Ambos os planos de ação têm como proposta adequar os 17 fluxos de produção, partindo das operações realizadas em cada fluxo o que, em média, envolve em torno de 14 operações.

É importante observar que a concepção de um sistema de abastecimento para manufatura celular com base nos princípios do *Lean Manufacturing* exige um nível de maturidade da empresa quanto à tecnologia de processo e de produto muito alto.

Portanto, a metodologia proposta como modelo de referência buscou deixar visível a importância da execução das fases descritas como fases iniciais, que dá ênfase à caracterização do sistema de produção e à sua adequação, conforme exposto no presente trabalho.

Figura 117: Plano de Ação (Kaizen de Processo).

GPS		Plano de Ação			ZF SACHS	
Área de atuação / Processo: DGM02		GPS Trainer: Márcio Oliveira (OAE)	Data: 02/07/2010 a 30/07/2010		Workshop: Kaizen de Processo - DGM02	
Dono do Processo: Reginaldo Nogueira (OAP)			Página: 01 de: 01			
Nº	Ação (+ Problema)	Responsável	Prazo	Status	Observações / Potenciais de Expansão	
1	Confeccionar bancada de abastecimento externo	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
2	Confeccionar carrinho para o abastecimento do disco de torção	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
3	Confeccionar suporte para mola de guarnição na prensa de montagem	Mateus Gatte	1/9/2010	●		
4	Confeccionar mesa para a montagem do pré amortecimento com adequação dos	Mateus Gatte	15/8/2010	●		
5	Instalação da nova mesa para montagem do produto	Mateus Gatte	15/8/2010	●		
6	Confeccionar carrinho para o abastecimento do disco de torção dos componentes de	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
7	Confeccionar carrinho para o abastecimento dos componentes do cravamento	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
8	Adequar a mesa para a pré montagem do cravamento	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
9	Adequar transporte de peça entre cravamento e giro livre	Mateus Gatte	1/9/2010	⊕		
10	Posicionar botão de liberação do giro livre (F2) próximo ao operador	Mateus Gatte	10/9/2010	⊕		
11	Confeccionar canaleta para o transporte de peça entre giro livre e inspeção visual	Mateus Gatte	1/9/2010	●		
12	Adequar o layout do armário de ferramenta	Mateus Gatte	29/7/2010	●		

Fonte: ZF Sachs.

A Figura 120 mostra a relação das operações por fluxo de produção com o total de operadores necessários por fluxo de produção a fim de redistribuir homogeneamente os recursos de mão de obra direta, considerando a padronização das atividades e as habilidades e competências de cada operador por experiência, treinamento e desempenho na execução das tarefas. A Figura 121 apresenta os tempos de operação em segundos com o tempo de processamento por unidade, sendo considerado o maior tempo de operação o tempo de processamento após a célula entrar em regime, e o tempo de ciclo total (TA) a soma dos tempos das operações ao longo do fluxo, o que define a taxa hora de peças em cada fluxo demonstrando que há diferenças entre as taxas, o que afeta a programação da produção se considerada, no caso, uma taxa única para todos os produtos da ordem de 70 peças por hora.

Figura 118: Plano de Ação (Kaizen de Setup).

 <b>Plano de Ação</b> 					
Área de atuação / Processo: Célula DGM02 Montagem de disco grande		GPS Trainer: Márcio Oliveira (OAE)	Data: 20/09/2010 a 24/09/2010	Workshop: Kaizen de Setup na célula DGM02	
Dono do Processo: Reginaldo Nogueira (OAP)		Página: 01 de: 01			
Nº	Ação (+ Problema)	Responsável	Prazo	Status	Observações / Potenciais de Expansão
1	Adequar o layout da célula para que os armários fiquem próximo das máquinas	Mateus Gatte	23/9/2010	●	
2	Adequar e otimizar layout dos armários de ferramenta (altura das prateleiras)	Mateus Gatte	29/9/2010	●	
3	Identificar todas as ferramentas das máquinas	Rogério	24/9/2010	●	
4	Disponibilizar ferramentas necessárias para o setup nas máquinas	Marcelo	24/9/2010	●	
5	Confeccionar dispositivos para a ferramenta da prensa tubular para os itens 395WGTZ, 362WGTB e 350GTB	André Pio	24/10/2010	⊕	
6	Eliminar folga do conjunto de alimentação de rebite da máquina	André Pio	24/10/2010	⊕	
7	Disponibilizar parafusadeiras para o alimentador de rebite	Mateus Gatte	30/9/2010	●	
8	Disponibilizar parafusadeiras para o torno	Marcelo	23/9/2010	●	
9	Graduar dispositivo de ajuste de posição do torno	Michel	24/9/2010	●	
10	Posicionar as réguas de ajuste de altura das prensas de tubular e fechamento na parte frontal da máquina	Alessandro	24/10/2010	●	
11	Criar etiqueta para preenchimento de documentação	Marrubia	23/9/2010	●	
12	Adequação das esteiras entre processos	Mateus Gatte	24/10/2010	⊕	
13	Refazer rosca espanada do alimentador de rebite	André Pio	24/10/2010	⊕	

Fonte: ZF Sachs.

Figura 119: Família de produtos versus fluxo de produção.

Legenda	Família	Legenda
<b>Fluxo 1</b>	395WGTZ - 362WGTZ - 310WGTZ - 350WGTZ	*Op.10 - Prensa Disco torção/intermediario
<b>Fluxo 2</b>	350GTZ - 380GTZ - 380GSZ - 350GSZ - 430GVZ - 330GSZ - 420GSZ	*Op.20 - Torno
<b>Fluxo 3</b>	395GTZ - 380GVZ - 362GTZ - 280GTZ	*Op.30 - Alimentador de rebite tubular
<b>Fluxo 4</b>	430GTZ - 325GTZ - 260WGTZ	*Op.40/50 - Prensa de rebite tubular
<b>Fluxo 5</b>	330Z - 350Z	*Op.60 - Prensa maciço
<b>Fluxo 6</b>	430WGTZ	*Op.70 - Pré montagem
<b>Fluxo 7</b>	325WGTZ	*Op.80 - Fechamento conjunto
<b>Fluxo 8</b>	350CZ	*Op.90 - Cravamento
<b>Fluxo 9</b>	310WTB	*Op.100 - Balanceadora
<b>Fluxo 10</b>	310GSB	*Op.110 - Giro livre
<b>Fluxo 11</b>	380GS	*Op.120 - Laser
<b>Fluxo 12</b>	380WGVZ	*Op.130 - Visual
<b>Fluxo 13</b>	380WGTZ	*Op.140 - Montagem de Kit/ Embalagem
<b>Fluxo 14</b>	362WGTB	
<b>Fluxo 15</b>	350GTB	
<b>Fluxo 16</b>	330WGTZ	
<b>Fluxo 17</b>	365WGTZ	

Fonte: ZF Sachs.

Figura 120: Operação versus fluxo de produção.

Fluxos	OPERAÇÃO															Total Operadores
	Prensa GTB	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
1		x		x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	12
2			x	x	x		x	x	x		x	x		x	x	11
3			x		x	x		x	x	x		x	x		x	11
4					x	x		x	x	x		x	x		x	10
5					x	x	x	x		x		x	x		x	10
6					x	x		x	x	x	x	x		x	x	11
7			x		x	x		x	x	x	x	x		x	x	12
8	x	x			x	x		x	x	x		x	x		x	10
9					x	x			x	x	x		x	x		9
10				x	x	x			x	x	x		x	x		10
11				x	x	x	x		x	x	x		x	x		11
12					x	x		x					x	x		7
13				x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	12
14					x	x	x		x	x		x	x		x	10
15	x	x			x	x			x	x	x	x	x		x	12
16					x	x		x	x		x	x	x		x	10
17												x	x	x		5

Fonte: ZF Sachs.

Pelos estudos realizados, foi identificado que, em 42,6% dos fluxos, há a necessidade de 12 operadores, enquanto, em 38% dos fluxos, há a necessidade de 11 operadores, sendo considerado não relevante o número dos demais fluxos de produção.

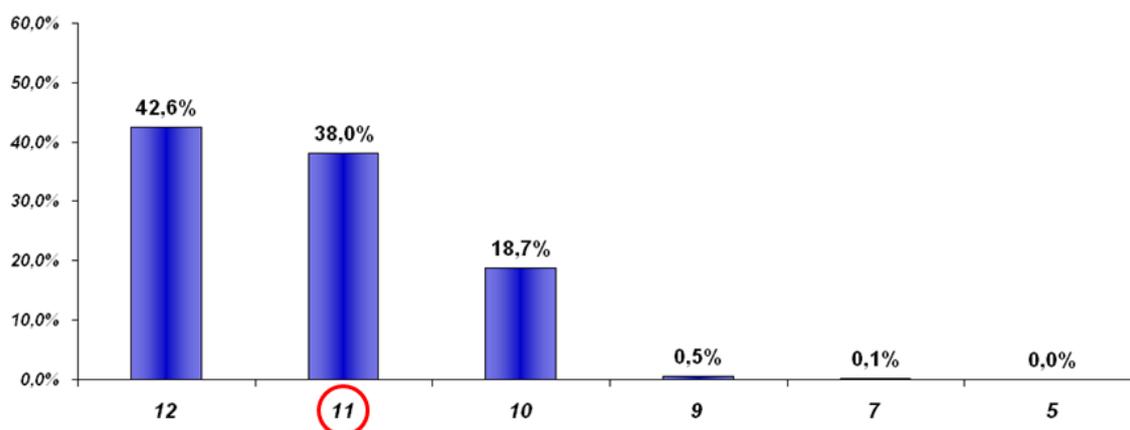
Pelos dados mencionados representados na Figura 121 ficaram definidos, como número padrão de operadores na célula, 11 colaboradores. A Figura 122 mostra o número de operadores necessários de acordo com os fluxos de produção com montagem de *kit*.

Figura 121: Tempo em segundos por operação de cada fluxo.

Fluxos	Total de operadores	N. Op.	OPERAÇÃO															total	tempo de proc.	peças / hora	
			Prensa GTB	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140				
1	12	12		18		10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	190	32	71,45
2	11	11			11	10	16		12	23	2	32		9	22		12	10	159	32	72,28
3	11	11		18		10	16		12	23	2	32		9	22		12	10	166	32	72,09
4	10	10				10	16		12	23	2	32		9	22		12	10	148	32	72,57
5	10	10				10	16	19	12	23		32		9	22		12	10	165	32	72,12
6	11	11				10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	172	32	71,93
7	12	12		18		10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	190	32	71,45
8	10	11	12	19		10	16		12	23	2			9	22		12	10	116	23	102,15
9	9	9				10	16			23	2	32		9	22		12	10	136	32	72,89
10	10	10			11	10	16			23	2	32		9	22		12	10	147	32	72,60
11	11	11			11	10	16	19		23	2	32		9	22		12	10	166	32	72,09
12	7	7				10	16		12					9	22		12	10	91	22	107,76
13	12	12			11	10	16		12	23	2	32	24	9	22		12	10	183	32	71,64
14	10	10				10	16	19		23	2		24	9	22		12	10	147	24	96,79
15	12	12	12	19		10	16			23	2	32	24	9	22		12	10	160	32	72,25
16	10	10				10	16		12	23		32	24	9	22		12	10	170	32	71,98
17	5	5											24	9	22		12	10	77	24	99,27
																					79,02

Fonte: ZF Sachs.

Figura 122: Número de operadores necessários de acordo com os fluxos de produção com montagem de *kit*



**Número de operadores padrão com montagem de kit**

Fonte: ZF Sachs

## 6.8 Definir o Fluxo de Valor do Estado Futuro da Célula, Estabelecer um Novo Padrão

*"Where there is no Standard there can be no Kaizen"* – Taiichi Ohno

A proposta da padronização na célula objeto de estudo, neste momento, consiste na aplicação do evento *kaizen*, que se divide em duas etapas principais, a saber:

- (i) Diagnóstico a partir do mapa do estado atual;
- (ii) Adequação do fluxo, sendo ajustado durante os três dias que se seguiram, de acordo com a descrição das sequências. O evento, de acordo com a proposta, teve justificativa, objetivo, escopo e métrica de processo como balizadores do evento, como descrito a seguir:

**Justificativa para aplicação do evento *kaizen*** – atualmente a célula de montagem de disco grande DGM2 não atende a demanda projetada de produção no mês, havendo muitas perdas durante o processo impactando o atendimento ao cliente;

**Objetivo com a aplicação do evento *kaizen*** - Identificar os desperdícios durante o processo e eliminá-los impactando na melhora do atendimento à demanda;

**Escopo** - Trata-se do processo produtivo de montagem de disco grande DGM2 somente no 1º turno;

**Métrica de processo** – Produtividade da célula e atendimento à demanda da célula.

A Tabela 19 identifica o cronograma e a descrição das atividades realizadas no evento *kaizen* de fluxo, de modo a complementar o evento *kaizen* de processo.

Tabela 19: Evento *kaizen* de fluxo.

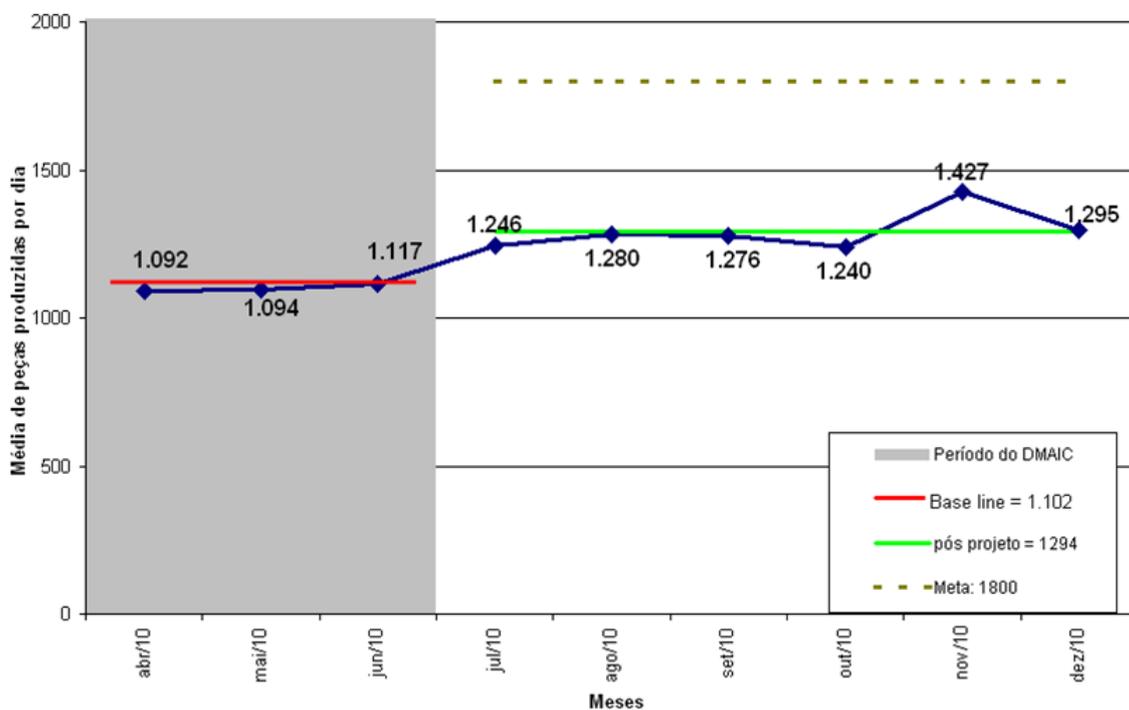
EVENTO KAIZEN DE FLUXO		
Seqüência	Data	Descrição das atividades
01	15/07/2010	Construção do mapa do estado atual
02	26/07/2010	Descrição do problema <b>Avaliação do estado atual</b>
03	27/07/2010	Descrição das atividades realizadas na célula por operador e proposta de adequação
04	28/07/2010	Simulação da proposta

Fonte: Próprio autor.

## 6.9 Indicadores de Desempenho da Célula DGM02

A meta de produção diária da célula DGM02 é de 1.800 unidades por dia de produção. A média de produção diária da célula atualmente é descrita na Figura 123, assim como o atendimento à demanda na Figura 124, produtividade na Figura 125 e média de tempo de *setup* na Figura 126.

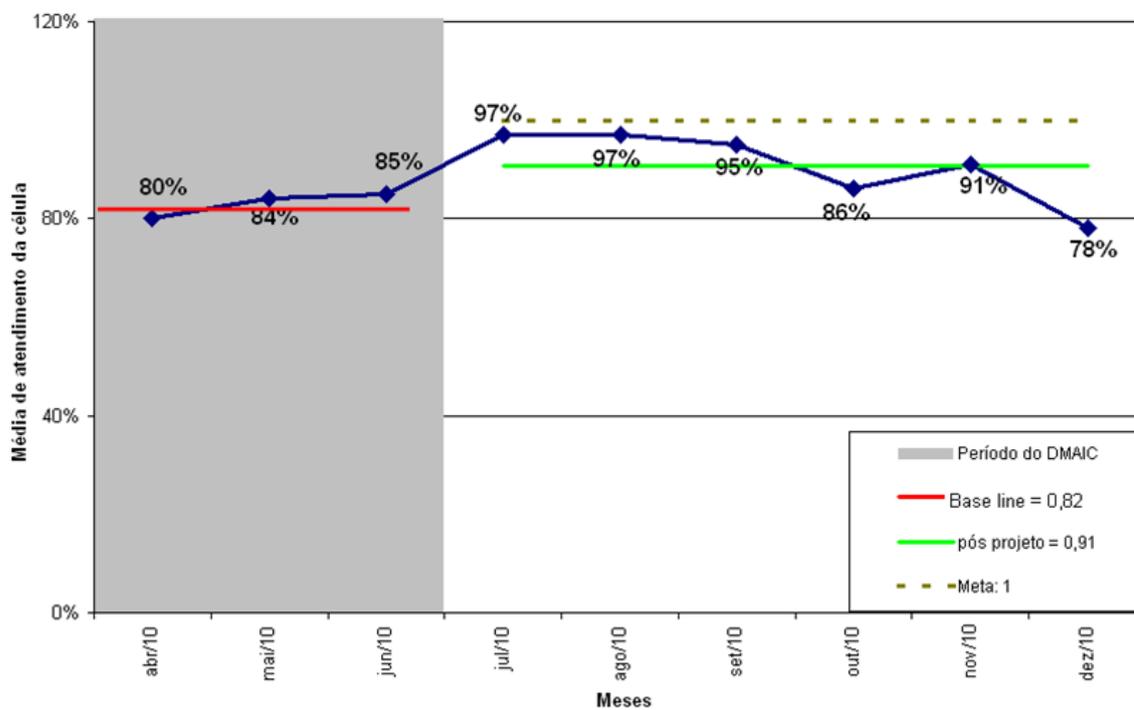
Figura 123: Produção diária a célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

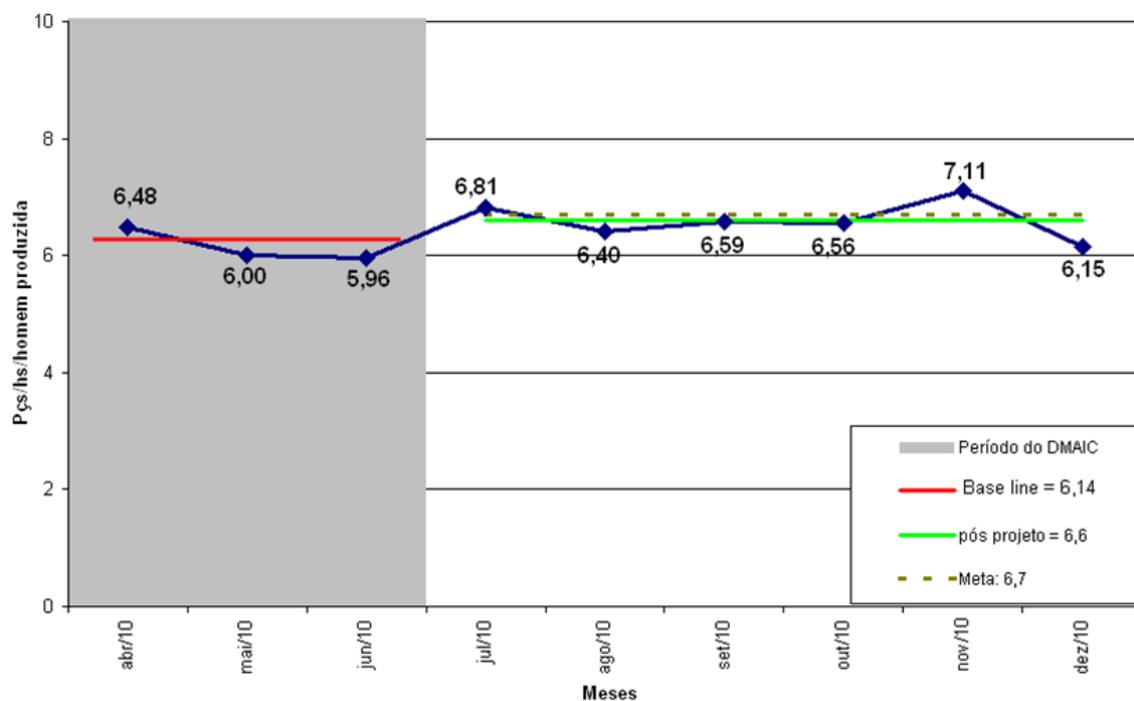
De acordo com os dados é possível identificar a necessidade de melhoria junto ao processo de fabricação, o que vem sendo acompanhada a partir de projetos pontuais de melhoria junto a ferramental, dispositivos, movimentação, aumento de performance de *setup*, adequação dos fluxos de produção e revisão do processo de sequenciamento e programação da produção, o que representa o foco deste trabalho quanto à proposta de um novo sistema de abastecimento a partir do modelo proposto.

Figura 124: Atendimento a demanda da célula DGM02.



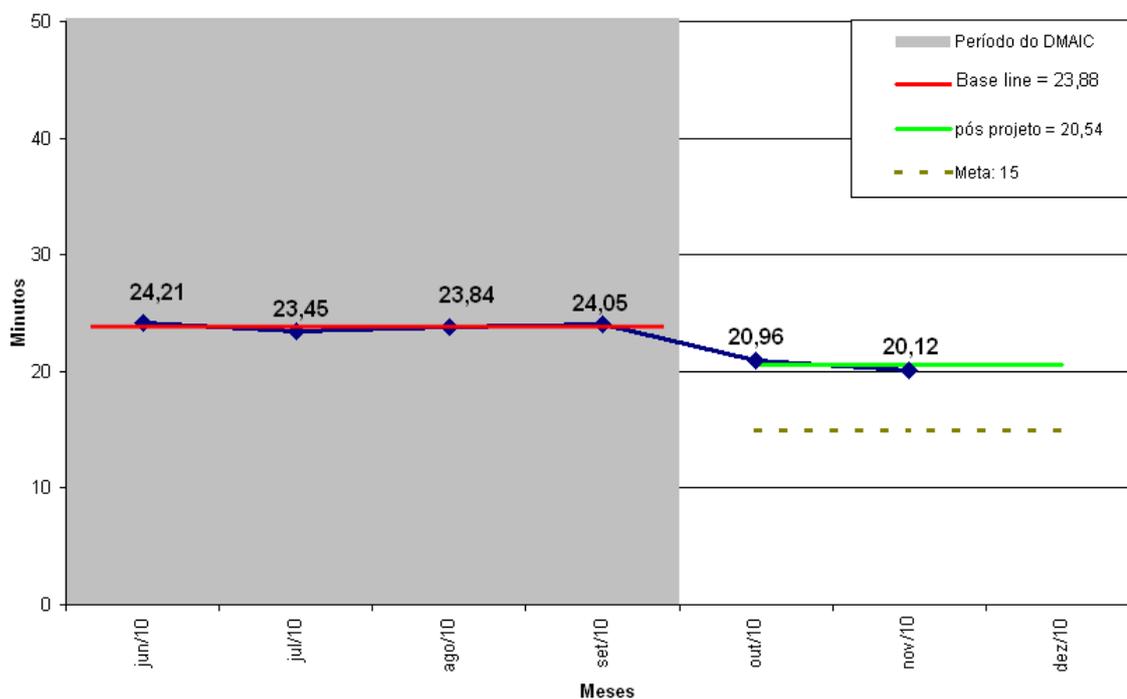
Fonte: ZF Sachs.

Figura 125: Produtividade da célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 126: Média de tempo de setup da célula DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

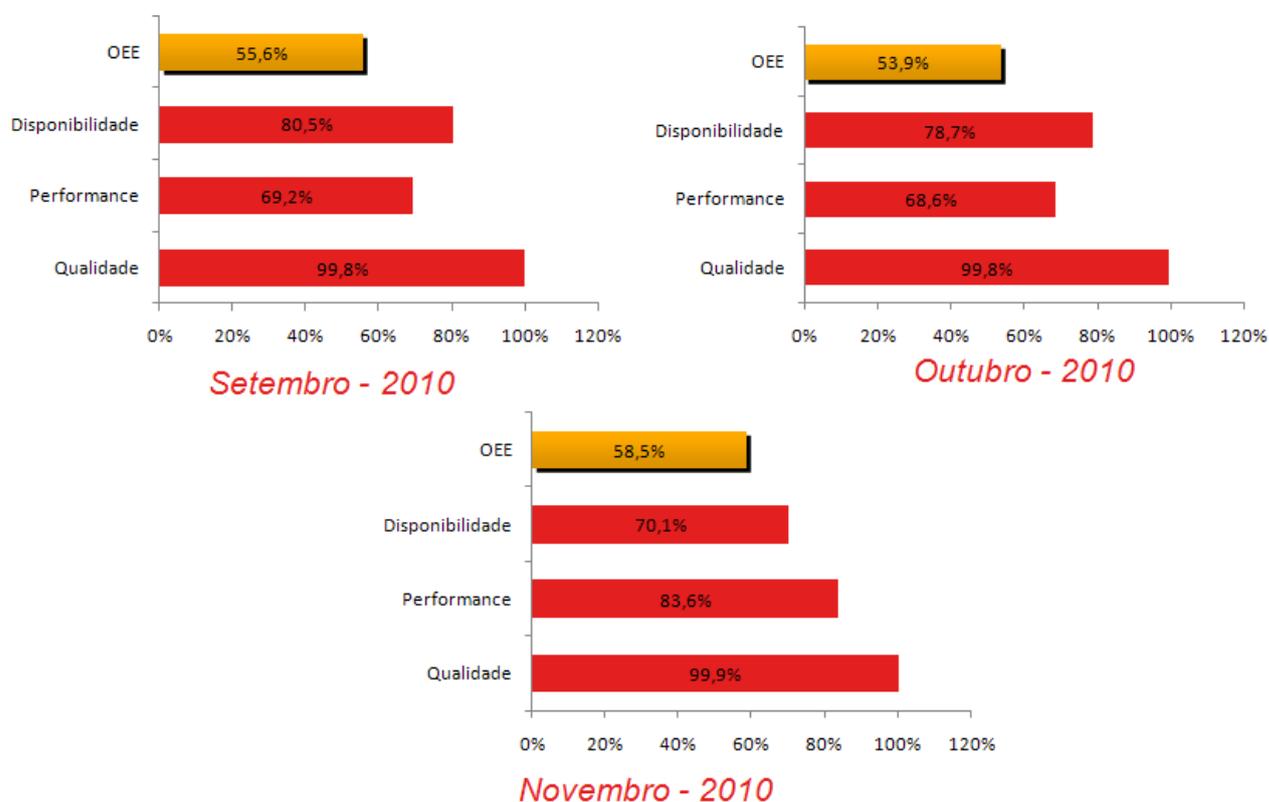
Os ajustes realizados mostram que os indicadores melhoraram ao longo do tempo, impactando em um aumento do volume de produção de 1.000 peças diárias para 1.400, o que representa um ganho significativo. Tudo indica que uma programação da produção mais precisa deve melhorar ainda mais esse resultado.

### 6.9.1 Métricas de processo (Eficiência Global da Célula) – avaliação de resultados

A Figura 127 ilustra as métricas de processo a partir do apontamento OEE – Eficiência Global da Célula monitorado de setembro a novembro de 2010 e demonstrando a evolução dos resultados a partir das intervenções realizadas quanto às mudanças definidas nos eventos *kaizen*.

Todo o processo descrito caracterizou a complexidade da célula quanto ao processo de programação da produção, que deve impactar nos indicadores descritos se considerados os fluxos de produção no agrupamento das ordens, considerando o modelo do sistema de abastecimento proposto.

Figura 127: Métricas de Processo.



Fonte: ZF Sachs.

## 6.10 Treinar os Operadores na Nova Sistemática

Após o estudo e a definição para a padronização das atividades e tarefas da célula DGM02, os envolvidos pela melhoria contínua da empresa desenvolveram uma palestra para conscientização dos operadores dos três turnos exposto os motivos das mudanças e assim apontando os benefícios que a padronização das atividades traria a célula.

## 6.11 Realizar o Monitoramento Diário da Produção do 1º turno para ter uma avaliação da proposta

A padronização proporciona um aglomerado de benefícios, entre elas, a redução de custos por erradicação das perdas, aumento da segurança quando se minimiza as inseguranças do trabalho a ser realizado, ganhos com a melhora dos produtos e agilidade na resolução de eventuais problemas da empresa.

O conceito de trabalho padronizado é resumido por Adler (1993) como um meio de reduzir a variabilidade em desempenho de tarefas no âmbito da empresa, o que representa ampla melhoria do processo, representado por:

- ✓ Melhora das seguranças dos operadores e envolvidos;
- ✓ Melhora nos padrões de qualidade;
- ✓ Melhora no controle e na redução de inventários;
- ✓ Troca eficiente dos operadores (operador multifuncional) nos postos de trabalho minimizando, assim, ausências, evitando problemas na operação;
- ✓ Ganho de flexibilidade, pois os envolvidos atuam com maior responsabilidade, respondendo rapidamente às variações de demanda.

As novas premissas de produção da célula DGM 02 são:

1. Todas as peças do giro livre que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregadas no espeto amarelo ao lado do giro para que possam ser retrabalhadas fora do fluxo; (rejeição >10 peças na hora, parar a produção e acionar departamento da qualidade).
2. Todas as peças do *laser* que forem rejeitadas deverão ser identificadas e segregadas na caixa vermelha da célula para que possam ser retrabalhadas fora do fluxo; (rejeição >3 na hora, parar a produção e acionar departamento da manutenção).
3. Durante a produção, o estoque em processo deverá respeitar os limites de: < 5 peças entre as operações. Entre 6 a 15 peças na montagem de pré-amortecimento.
4. Na troca de turno, os operadores deverão respeitar os limites de processo citados acima.
5. O balanceamento do fluxo com 10 operadores não levou em consideração a montagem dos mercados de *kit* e reposição, quando se aplica a operação de embalagem individual do produto, havendo a necessidade de mais um operador.

## 6.12 Controle da Produção Atual na Célula DGM02

A atuação do planejamento e controle da produção na célula DGM02 inicia-se com base na capacidade da célula, quando, ainda, são consideradas todas as particularidades da célula e do mercado, conforme:

- i Critérios definidos;
- ii Plano Mestre de Produção;
- iii Encaixe de lotes;
- iv Verificação de produção.

Com base nos critérios de produção já estabelecidos pela empresa, iniciando pela análise e validação do Plano Mestre de Produção seguido pela análise de priorização dos clientes e pelas carteiras negativas em estoques, o planejador da célula DGM02 sequencia as ordens de produção fundamentado nos critérios de priorização dos clientes, carteira negativa de estoque e similaridades de família de produtos, neste envolvendo tamanho do diâmetro do produto entre outros, similaridade de *setup*, *setup* de componentes e a similaridade do *setup* de ferramental.

Após sequenciar as ordens de produção e analisar os tempos de utilização da célula, o planejador leva em consideração a capacidade de produção diária da célula, que, no caso da DGM02, está em produzir 1.478 peças por dia.

A programação mensal da linha é fechada pela ZF Sachs todo dia 1º do mês, a qual, em seguida, é dividida por semana respeitando as datas dentro do período do MPS. Como mencionado, para a prática da programação, o programador da empresa a obedece alguns critérios de prioridade:

- Mercado EOM
- Mercado Reposição (Carteira Negativa)
- Mercado Exportação

No mercado EOM, a produção é priorizada conforme solicitação *Kanban*, sendo obedecido às janelas das montadoras.

A célula DGM02 produz aproximadamente lotes que atendem ao programa semanal do MPS e lotes mínimos estabelecidos pela produção. Para realizar a programação, são analisados a disponibilidade de materiais e o sequenciamento da linha.

O sequenciamento de produção da célula é efetuado levando-se em consideração as famílias e similaridades dos *setups* existentes, com o objetivo de reduzir as perdas no processo. Diariamente é atualizado pela equipe envolvida o plano diário de programação da empresa com base no roteiro aqui descrito e no atendimento ao programa mensal.

Atualmente, é importante ressaltar que a experiência do planejador da célula de manufatura DGM02 e do coordenador do Departamento de Logística (autor do presente trabalho), em relação ao mercado e à troca de informações entre esses profissionais e os operadores da célula, em muito contribui para que a célula DGM02 seja utilizada com a maior eficiência possível e com o máximo de aproveitamento da capacidade.

Com isto, a pretensão de que a célula DGM02 atenda à demanda do mercado.

Devido à falta de ferramenta computacional capaz de avaliar o cenário em questão e ao sistema atual da empresa ser muito dinâmico, o que gera uma tensão maior na operação, o planejador, assim como a equipe envolvida, devem ter como foco principal o atendimento à demanda sem fazer uma avaliação prévia do cenário em andamento. A falta desse recurso computacional capaz de oferecer tal avaliação exige do planejador, assim como dos envolvidos, um grande esforço, com muito tempo gasto para a geração dessa análise e avaliação de cenários.

O alto *mix* de produto de que a empresa dispõe, é outro fator que dificulta a percepção dos impactos na avaliação do planejamento. Juntos, esses entraves dificultam a empresa na agilidade em relação à geração de cenários.

A célula DGM02 fornece discos de embreagem para a linha pesada atendendo a três mercados:

1. Montadoras EOM,
2. Reposição e,
3. Exportação.

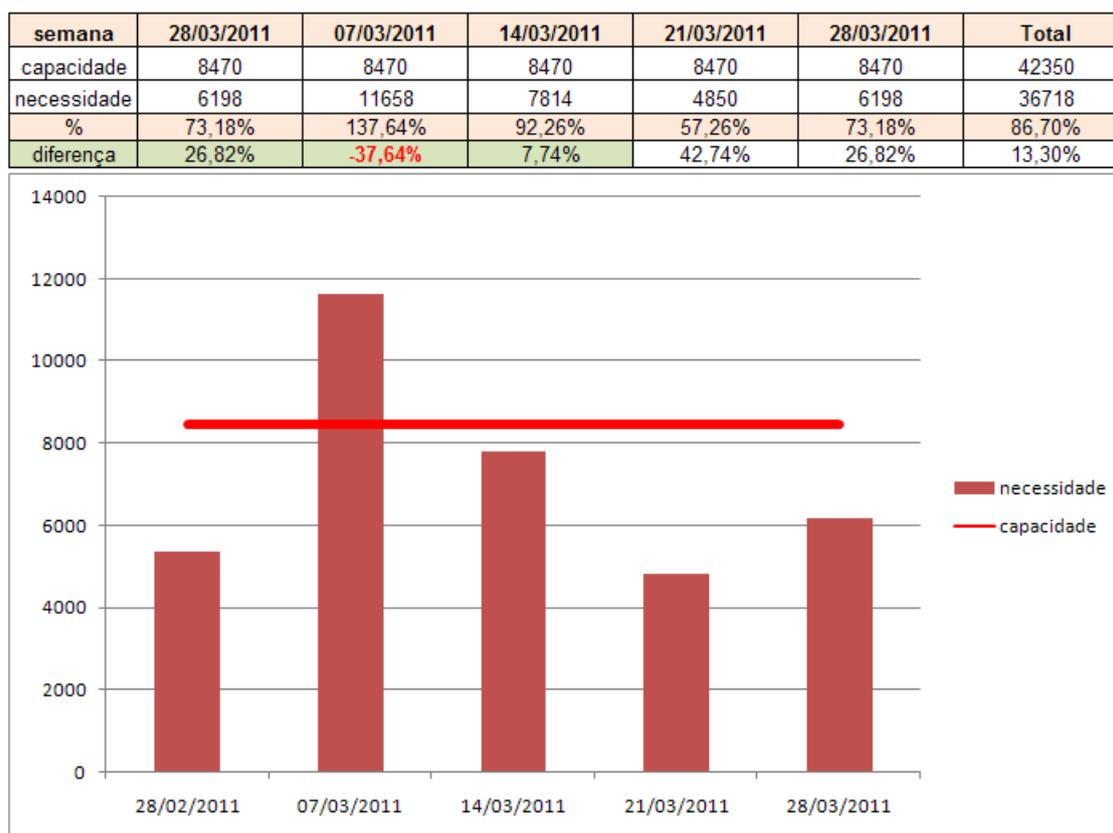
A indicação do item (disco de embreagem) de cada mercado é definida pelas duas últimas letras do *Part Number* de cada produto:

1. 03/A5/C0/C1/C2/C3/C7/D0/D5/E6/J1/J2/J3/J7/L4/S8 montadoras,
2. A1/BB para o mercado de reposição e,
3. R7/RO/R4/R6 para o mercado de exportação, lembrando que os últimos dígitos mencionados aparecem no Plano Mestre de Produção utilizado para a simulação da programação da produção proposto.

O Plano Mestre de Produção com dados reais da empresa contempla um período de cinco semanas. Esses dados foram utilizados para a simulação do modelo de abastecimento proposto pelo presente trabalho.

O resumo dos dados com a capacidade necessária da célula de manufatura DGM02 é apresentado na Figura 128.

Figura 128: Capacidade de Produção versus necessidade do plano.



Fonte: ZF Sachs.

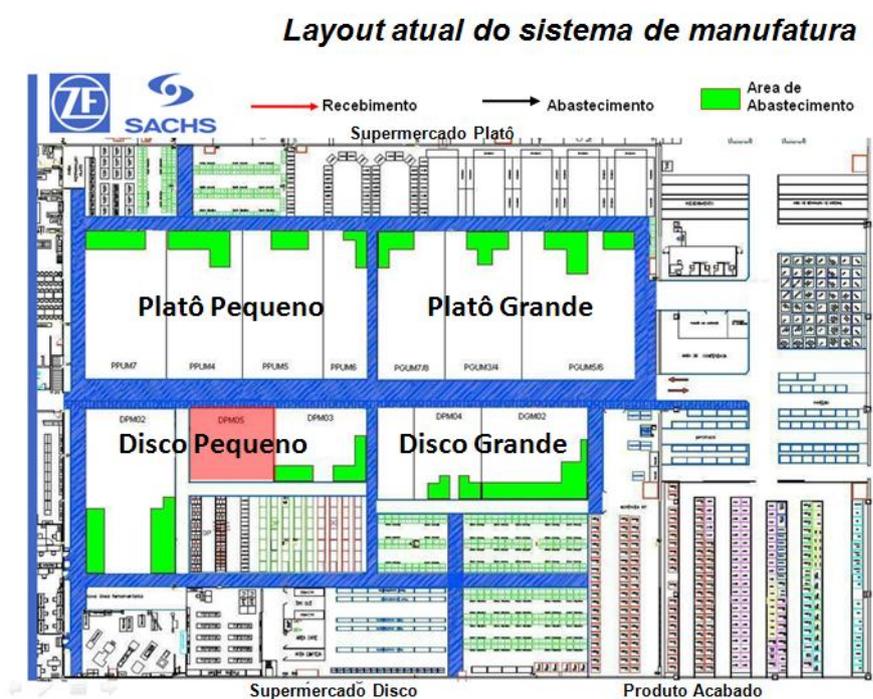
## 6.13 Fases de Desenvolvimento da Metodologia de Abastecimento Proposta

### 6.13.1 *Layout* proposto: fluxo de recebimento e de abastecimento

A iniciativa de se propor o desenvolvimento da metodologia de abastecimento descrita neste trabalho, é resultado de uma análise detalhada do sistema de abastecimento praticado pela empresa, anterior à decisão de se adequar o procedimento de abastecimento realizado de acordo com a concepção do *Layout* atual da empresa concebido pela necessidade de se adequar a sistemática de abastecimento (Figura 129).

De acordo com o novo *Layout*, há a definição das áreas de abastecimento, devendo ser desenvolvida uma metodologia de abastecimento que contemple o recebimento dos componentes nas áreas definidas como supermercado Platô e supermercado Disco.

Figura 129: *Layout* atual do sistema de manufatura.



Fonte: ZF Sachs.

Contudo, o projeto desenvolvido nesta dissertação teve como base a logística interna envolvendo os fluxos (130, 131 e 132), compreendendo duas fases:

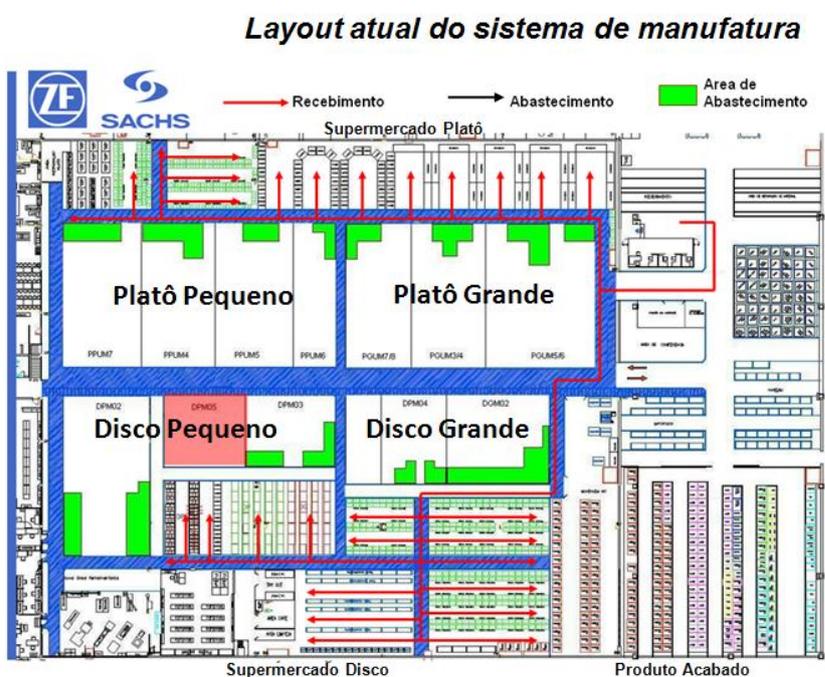
1. Movimentação e Armazenagem

## 2. Sistemática para Abastecimento das Células.

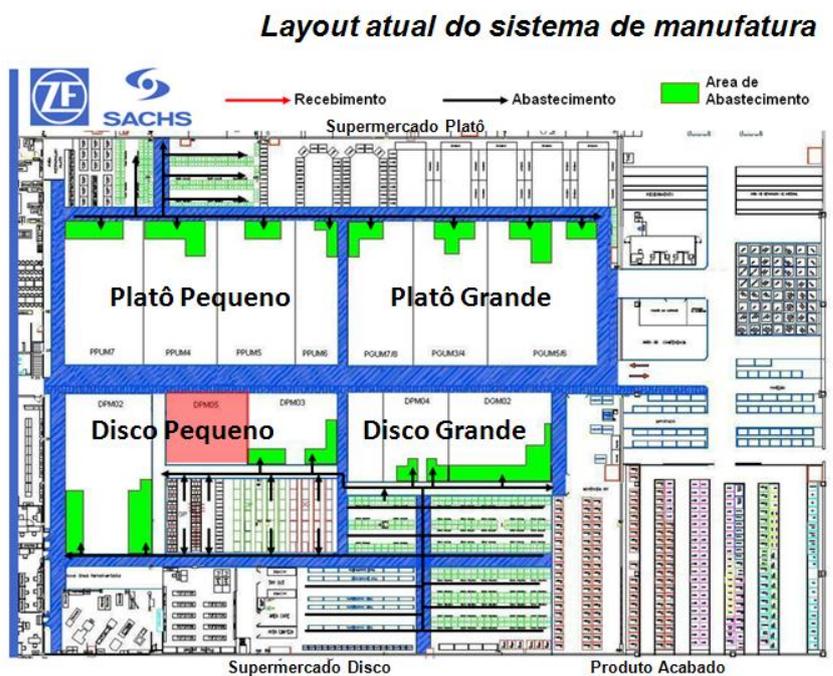
Os fluxos descritos nas Figuras 130, 131 e 132 compõem o escopo da sistemática de abastecimento proposta, detalhados no presente capítulo de acordo com a proposta inicial deste trabalho.

O autor da presente dissertação participou como coordenador do projeto na empresa e é um dos autores da concepção e execução da sistemática na empresa, o que caracteriza o presente projeto de pesquisa na época da proposta como pesquisa-ação.

Figura 130: *Layout* atual - Fluxo de recebimento.

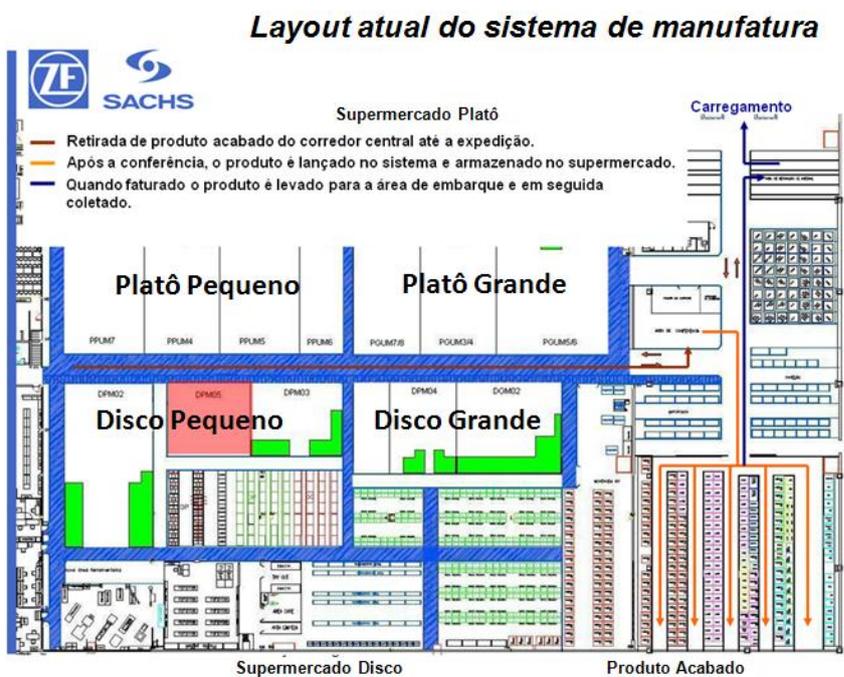


Fonte: ZF Sachs.

Figura 131: *Layout* atual. Fluxo de Abastecimento.

Fonte: ZF Sachs.

Figura 132: Layout atual. Procedimento da Sistemática de Abastecimento.



Fonte: ZF Sachs.

Todo o processo de definição dos fluxos e recursos a serem utilizados partiu da definição dos parâmetros descritos a seguir por família de produtos:

1. Itens padrão de uso comum entre os produtos (padronização de componentes);
2. Frequência de retirada para o consumo dos componentes de acordo com a demanda do produto acabado e número de células a serem atendidas considerando a capacidade de produção da célula (frequência de procura e abastecimento - escala de distribuição dos itens no abastecimento e reposição por parte dos abastecedores);
3. Tamanho do lote de reposição e abastecimento (volume de componentes - espaço físico necessário para a ocupação dos componentes).

Os dados obtidos foram apontados conforme escala e frequência de tempo a ser seguida no fluxo de recebimento e abastecimento de materiais. Em função das distâncias a serem percorridas, espaço físico e ambiente de manufatura quanto à emissão dos gases de veículos de movimentação por combustão, foi definido o tipo de veículo de movimentação e armazenagem.

Como mencionado anteriormente, os tópicos seguintes descrevem as duas fases seguidas no processo de concepção da metodologia proposta de abastecimento:

1. Movimentação e Armazenagem
2. Sistemática para Abastecimento das Células

### **6.13.2 Definição das rotas: distâncias a serem percorridas com o uso do diagrama de espaguete**

O objetivo da definição da rota a à vista das distâncias a serem percorridas é o de visualizar o trajeto a ser percorrido pelo abastecedor e calcular a distância total entre os pontos de abastecimento e recebimento distribuídos no *layout* proposto.

O método foi aplicado após acompanhar o abastecimento dos componentes de cinco ordens e outras atividades de responsabilidade do abastecedor, como o recarregamento da bateria da paleteira elétrica e o retorno de embalagens vazias ao recebimento, tendo sido

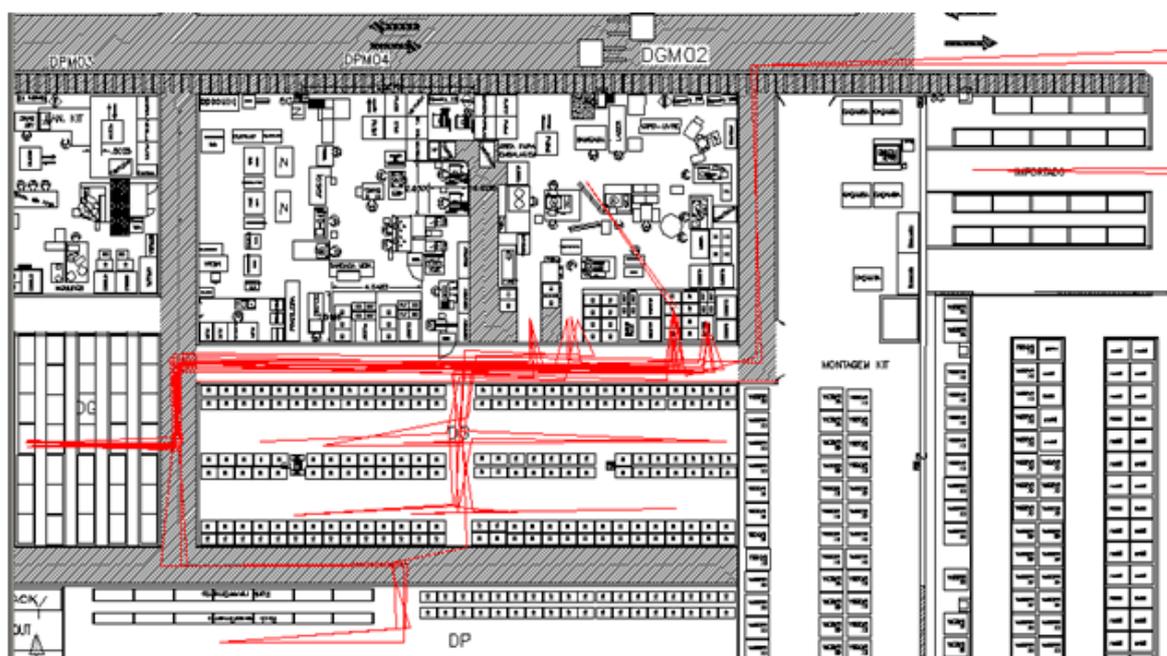
demarcados no *layout* da fábrica, com o auxílio do *AutoCad*, o trajeto percorrido pelo abastecedor.

O Anexo A mostra a matriz de prioridade utilizada para o projeto do Sistema de Abastecimento.

Paralelamente a essa demarcação, foi calculada a distância percorrida na execução de cada atividade.

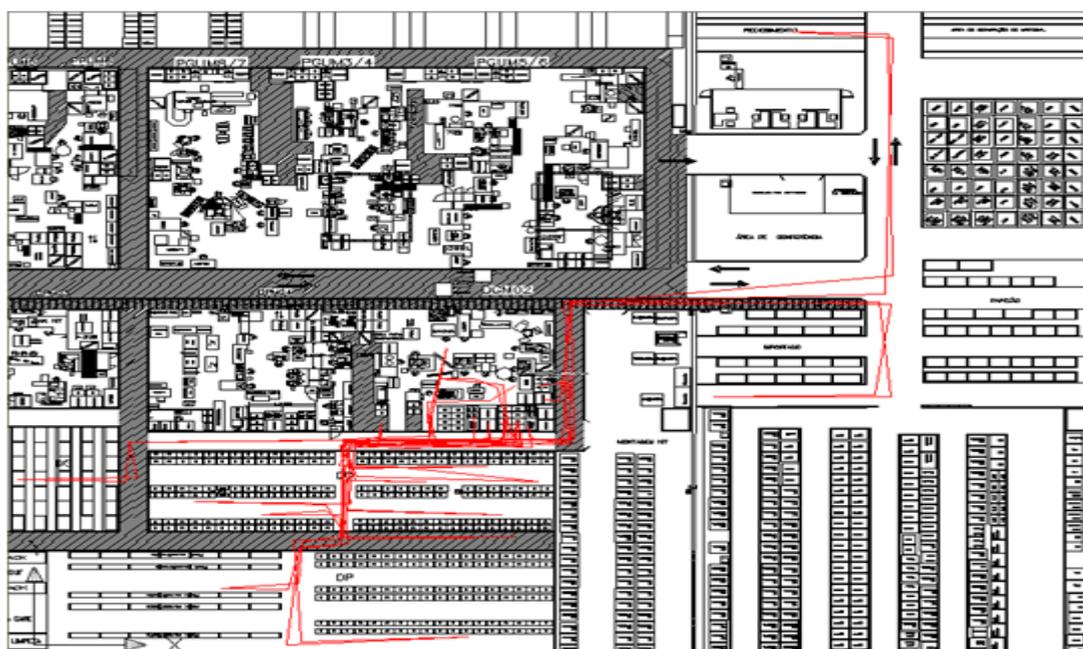
Após a definição da distância de cada atividade, foi possível contabilizar a distância total percorrida pelo abastecedor, como registrado nas Figuras 133, 134, 135 e 136.

Figura 133: Diagrama de espaguete em um dos tipos 430WGTZ.



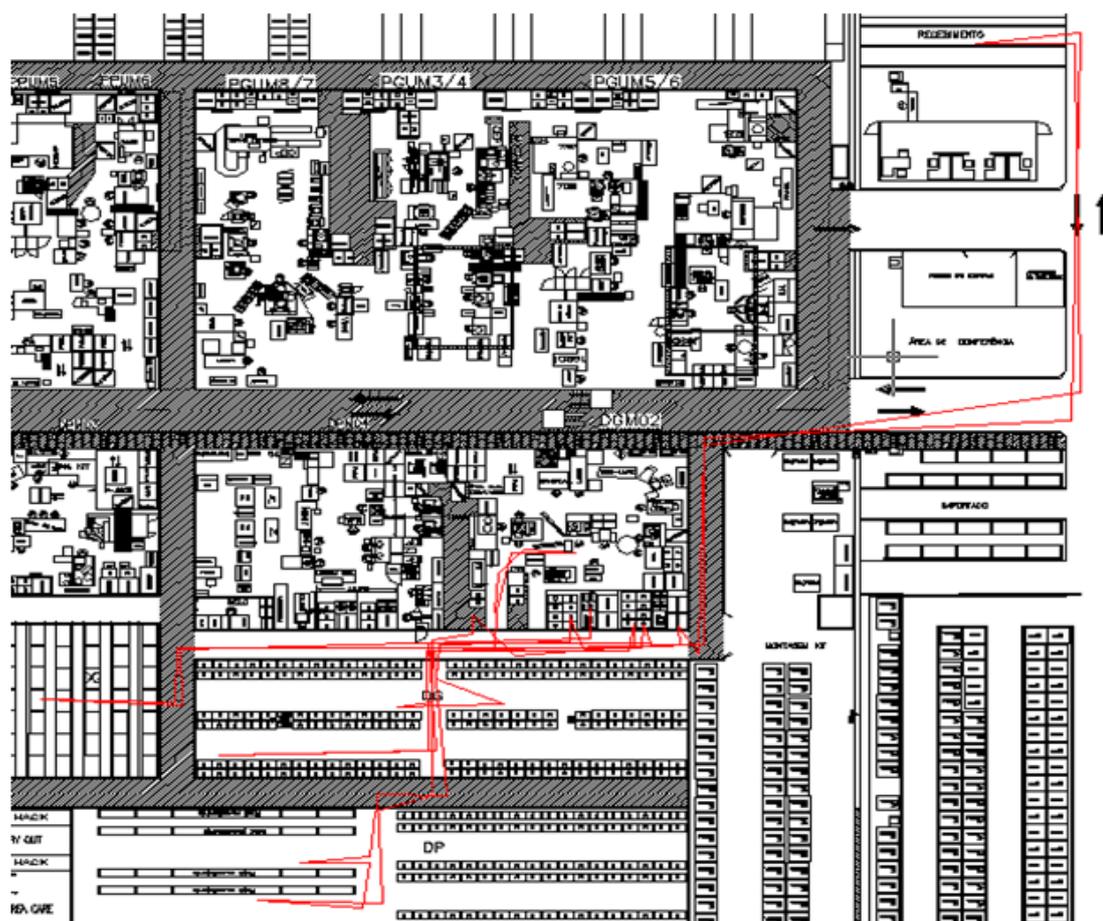
Fonte: ZF Sachs.

Figura 134: Diagrama de espagüete 430WGTZ.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 135: Diagrama de espagüete 350GTZ.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 136: Diagrama de espaguete outras funções.



Fonte: ZF Sachs.

Pelos dados obtidos, pode-se concluir que o processo de abastecimento envolve diversas áreas da fábrica, passando pelos supermercados de embalagens grandes, de KLT's e de importados, pelo recebimento/expedição e pelo local de armazenamento de baterias das paleteiras elétricas. As paleteiras elétricas devem ser as escolhidas para operar internamente no abastecimento em função da não emissão de gases pós-combustão no ambiente. Também é possível concluir que, para o abastecimento das cinco ordens acompanhadas, que mantiveram a DGM02 abastecida por 6 horas e 20 minutos, foram percorridos aproximadamente 3.184,09 metros. O objetivo, contudo, foi estimar as distâncias desnecessárias no processo de abastecimento para uma possível eliminação das mesmas.

Nesse caso, o método aplicado foi o de identificar os passos do abastecimento de acordo com o diagrama de espaguete, que descreve todos os passos do abastecimento das cinco ordens de produção acompanhadas, sendo quatro da célula 430WGTZ e uma da célula 350GTZ, para determinar as etapas irrelevantes ao abastecimento. Medir as distâncias percorridas nessas etapas, pelo desenho do trajeto no *Auto Cad*, e classificá-las como improdutivas. Por fim, somar todas as distâncias improdutivas percorridas e calcular a porcentagem que essa soma representa na distância total.

A Tabela 20 apresenta os dados relacionados às distâncias improdutivas. Os dados completos referentes à coleta de tempos e distâncias foram apontados em uma planilha específica de acordo com o escopo do projeto do sistema de abastecimento.

Tabela 20: Descrição das distâncias improdutivas.

## Análises

### Distâncias Abastecimento DGM02

<i>Distâncias Improdutivas</i>			
Intervalo	Descrição	Local	Distância
27/jan	Abastecimento dos componentes grandes e pequenos. Ordem 491878001485C1. Conjunto Disco 430WGTZ. 96 peças. Ordem 491878002431J1. Conjunto Disco 430WGTZ. 58 peças. Abastecedor: Paulinho		
0:00:55	Entrar na célula e pegar ordem.	Célula	15,40
0:00:55			15,40

<i>Distâncias Improdutivas</i>			
Intervalo	Descrição	Local	Distância
27/jan	Abastecimento dos componentes grandes e pequenos. Ordem 491878000668BB. Conjunto Disco 430WGTZ. 29 peças. Ordem 491878000668A1. Conjunto Disco 430WGTZ. 100 peças. Abastecedor: Walmir.		
0:00:37	Entrar na célula e pegar ordem.	Célula	15,08
0:00:21	Levar caixa verde para área destinada a embalagens vazias.	Célula	35,00
0:00:29	Informação na célula.	Célula	15,20
0:01:27			65,28

Fonte: ZF Sachs.

Dos dados apresentados, conclui-se que o total percorrido desnecessariamente é igual a 80,68 metros, correspondente a 2,53% da distância total (Figura 137).

Figura 137: Porcentagem das distâncias improdutivas

<b>Conclusão Análise</b>	
<b>Distâncias Abastecimento DGM02</b>	
Distância Total Abastecimento Componentes Grandes	2129,01
Distância Total Abastecimento Componentes Pequenos	568,58
Distância Outras Funções	486,50
<b>Distância Total Abastecimento</b>	<b>3184,09</b>
Distância Total Improdutivo Abastecimento Componentes Grandes	80,68
Distância Total Improdutivo Abastecimento Componentes Pequenos	0,00
<b>Distância Total Improdutivo</b>	<b>80,68</b>
<b>Porcentagem Distância Improdutivo sobre a Distância Total Abastecimento</b>	<b>2,53</b>

Fonte: ZF Sachs.

Contudo, o objetivo foi demarcar duas áreas no espaço atrás da célula que acomodem o lote ideal do disco, cujas embalagens de componentes ocupam a maior área. O método aplicado, nesse caso, foi o de consulta a diversos funcionários (abastecedor, planejador e supervisor da produção), pela qual identificou-se que os componentes do conjunto de disco 430WGTZ, 491878001533D5 ocupam a maior área por serem, em grande parte, importados e, portanto, embalados em *Pallets* padrão *Sachs*.

Com o auxílio da estrutura desse conjunto e do abastecedor, identificou-se em quais embalagens vinha cada componente e quantas delas seriam necessárias para produzir um lote ideal de 200 peças. Com a medida de cada embalagem e o trabalho no *Auto Cad*, foi possível determinar uma solução que acomodasse, no espaço atrás da célula, dois lotes dos componentes necessários para a montagem desse conjunto.

Os dados obtidos serão utilizados na definição das dimensões e dos tipos de embalagens dos componentes do conjunto de disco determinado, utilizados para o dimensionamento das áreas atrás da célula e para o desenho do *layout* proposto.

### **6.13.3 Primeira fase – movimentação e armazenagem**

#### **6.13.3.1 Movimentação**

Com o intuito de analisar o fluxo de materiais, foi realizado o levantamento dos dados dos equipamentos para movimentações na unidade. A primeira empilhadeira analisada foi a de combustão, usada principalmente para movimentação de cargas pesadas. São mais robustas e a capacidade de carga pode chegar a 1.800 kg, com altura de elevação de até 7 metros. Além dessas características, são disponibilizados também vários acessórios que podem aumentar a capacidade, autonomia e adequação para trabalhos específicos. O maior problema é que, além de exalar gases nocivos, ocupa um corredor de 4 metros de largura para movimentação, (Figura 138).

Figura 138: Empilhadeira de Combustão.



Fonte: Isma – SP, 2011.

O outro tipo de empilhadeira utilizada na fábrica anteriormente à implantação da nova sistemática é a empilhadeira elétrica. É equipamento versátil em função do seu desenho e de suas características operacionais. É próprio para ser operado em lugares fechados, tais como depósitos, armazéns ou câmaras frigoríficas. Geralmente compacto, para que possa realizar tarefas em corredores estreitos, normalmente possui uma torre de elevação com grande altura aumentando consideravelmente a capacidade de armazenagem e estocagem em prateleiras.

É movido a eletricidade, sendo sua principal fonte de energia as baterias tracionárias. Opera silenciosamente, fator de grande importância em qualquer ambiente produtivo, diminuindo, consideravelmente, ruídos operacionais.

Possue alto grau de giro, possibilitando manobras em seu próprio eixo, e ocupa corredores de apenas 2 metros de largura. Tem capacidade de elevar cargas de até 1.400 Kg e altura de elevação de 5,5 metros ( Figura 139).

Figura 139: Empilhadeira Elétrica.



Fonte: Isma – SP, 2011.

Além das empilhadeiras, são utilizados na fábrica carrinhos manuais para movimentação de embalagens dentro das células. São estruturas simples que ocupam um corredor de 2 metros de largura, mas não conseguem erguer embalagens além de 0,190 metros de altura. É interessante para movimentação horizontal de até 3.000 Kg. A Figura 140 apresenta a opção do carrinho manual.

Figura 140: Carrinho Manual.



Fonte: Isma – SP, 2011.

Na Tabela 21, são demonstradas as vantagens e desvantagens das empilhadeiras analisadas para a implantação da nova sistemática de abastecimento na fábrica: elétrica e a combustão.

Tabela 21: Vantagens e desvantagens das empilhadeiras consideradas.

	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>ELÉTRICA</b>	Ausência de gases tóxicos	Exigência de piso plano Piso sem rugosidade Piso de alta resistência
	Operam em áreas de risco	
	Baixo nível de ruído	
	Menor custo de manutenção	
	Operam em corredores estreitos	
	Maiores alturas de estocagem	
<b>COMBUSTÃO</b>	Trabalham em qualquer tipo de piso	Exigem corredores mais largos
	Maior velocidade de operação	Menores alturas de elevação
	Capacidade de vencer rampas	Maior custo de manutenção
		Maior índice de poluição

Fonte: ZF Sachs.

A etapa seguinte realizada foi a comunicação com os fornecedores capazes de oferecer novos equipamentos e tecnologias.

Para isso foi feito contato com 12 fornecedores de equipamentos de movimentação:

- CSI
- Águia Sistemas
- Isma
- Alta Mira
- Longa
- Bertolini
- Marcamp
- EngeSystems
- Trilogiq
- Dematic
- Logiscom

- Gool

Porém, desses 12 fornecedores, apenas 7 realizaram visita técnica à planta: Águia Sistemas; Marcamp; armazenagem e empilhadeiras; Engesystems; Trilogiq; Dematic; Gool e Logiscom.

Para todos esses fornecedores, foi informada a ideia de movimentação da fábrica e o desafio para a implantação da nova sistemática de abastecimento e de uma avaliação sobre possíveis propostas de melhoria visando o novo *layout*.

Em seguida, foi solicitado o envio de orçamentos junto com as propostas de cada empresa. O prazo de todos os fornecedores ultrapassou em 10 dias o estabelecido para realizar o envio das propostas. A única empresa que enviou a proposta foi a Engesystem.

Contudo, para poder avaliar propostas de movimentação e armazenagem apresentadas pela equipe da qual o autor da presente dissertação participou, foram pesquisados também o que o mercado disponibiliza quanto a equipamentos e tipos de embalagens e sistemas de armazenamento, buscando alternativas adequadas para o novo *layout* proposto para a nova sistemática de abastecimento.

Entre as alternativas para movimentação, a equipe se restringiu a empilhadeiras e rebocadores.

- **Transpaletes elétricos:** Possui capacidade para transportar até 2.500 kg, operando com velocidade de deslocamento de 10 a 12 km/h, respectivamente, com e sem carga. O modelo TE25 possibilita raio de giro de 1.930 mm, aloja freio eletromagnético e tem controle de tração eletrônico. Apresenta centro de carga de 600 mm, incorpora rodas de poliuretano e funciona com garfos elevados a 250 mm e abaixados a 85 mm. É produzido com comprimento total de 2.300 mm. (Figura 141).

Figura 141: Transpalete Elétrico.



Fonte: Isma – SP, 2011.

- **Empilhadeira elétrica:** Com elevação e tração elétricas, a série PR16 atinge 8 m; suporta 1,6 t.; permite giro em um raio de 1.600 mm e atinge velocidades de translação, elevação e descida, com/sem carga, respectivamente, de 10,6/11,4 km/h, 0,40/0,56 m/s e 0,55/0,51 m/s. Equipa-se com sistema de comando eletrônico por *finger tips*, que possibilita, além de mais conforto ao operador, o uso da válvula proporcional para acionamento de elevação e descida, tornando as operações mais suaves e seguras. Possui garfos de 40 mm, 100 mm e 1.150 mm que possibilitam abertura de até 620 mm; rodas de poliuretano; freio regenerativo, eletromagnético; e motores de tração de 5,1 kW e de elevação, de 10 kW.
- **Empilhadeira tracionária:** Desenvolve velocidade de translação, elevação e descida, com/sem carga de, respectivamente, 5,5/6 km/h, 0,08/0,12 m/s e 0,4/0,1 m/s; tem capacidade de carga nominal de 1.600 kg.; eleva-se até 5.400 mm e permite raio de giro de 1.650 mm. A PT1654 apresenta garfos com comprimento útil de 1.150 mm, largura de 170 mm e espessura de 70 mm; sistema de tração elétrico com operador em pé; freio de serviço eletromagnético e controle de tração eletrônico. Funciona com motor de tração de 1,2 kW, motor de elevação de 2,5 kW e bateria tracionária 24 V de 216, 285 e 324 Ah. (Figura 142).

Figura 142: Empilhadeira Tracionaria.



Fonte: Isma – SP, 2011.

- **Pallets com rodas:** Outra alternativa é utilizar pallets com rodas que possuem travas. Com esse equipamento, o operador simplesmente tem de empurrar a embalagem manualmente ou com o auxílio de algum outro equipamento. Além disso, pode ser engatado a outros pallets. (Figura 143).

Figura 143: Pallets com Rodas.



Fonte: Isma – SP, 2011.

### **6.13.3.2 Armazenagem**

Foi analisado, na fase do estudo envolvendo a movimentação dos materiais, o fluxo de materiais da fábrica com o propósito de uma possível compreensão desse fluxo desde o recebimento até a expedição. Além disso, foi observado o trabalho dos abastecedores tanto da área de platô quanto da área de disco.

Nesse caso, houve cuidado na análise e na identificação da forma de armazenagem da expedição dos produtos acabados e dos componentes de platô e discos no processo de abastecimento, ressaltando as embalagens utilizadas e a quantidade de *Box* de cada componente. Nesta etapa, foi realizada uma interação com os usuários de cada área que iriam colaborar com a realização do projeto, além da coleta de dados e identificação por fotos das embalagens que seriam trabalhadas.

### **6.13.3.3 Dados da expedição**

O levantamento dos dados da expedição teve como foco principal a análise do tipo de embalagem e de suas dimensões a serem definidas, assim como a quantidade de *Box* por embalagem e os clientes que a fábrica atendia na fase inicial do projeto em desenvolvimento. Com esses dados, foi elaborado o levantamento dos tipos de embalagens existentes, conforme Tabela 22.

Tabela 22: Embalagens da Expedição

Tipos de embalagens	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)
Caixa madeira	1,22	1,05	0,66
Caixa Mercedes Benz	1,21	1,01	0,64
Rack tubular	1,28	0,98	0,71
Cesto de ferro	1,07	1,07	1,09
Caçamba Pequena	1,02	0,95	0,60
Cesto GM h10	1,01	0,63	0,49
Cesto GM h20	1,03	0,91	0,61
Caixa klt	1,19	1,09	1,50
Scania/Volvo	1,22	0,82	0,74
Scania-Revenda	1,60	1,22	0,74
Tipos de embalagens (kit)	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura(m)
Caixa de madeira grande	1,24	1,00	0,85
Rack Ford	1,10	1,10	0,66

Fonte: ZF Sachs.

Nesta fase, também foram coletados dados dos tipos de embalagens. Na área de armazenagem do platô, os tipos de embalagens que contêm os componentes para montagem desse produto e as necessidades de todos os Box, tanto para evento relacionado ao processo de expedição desses componentes quanto para movimentação dos *kanban* (Tabela 23).

A Tabela 23 apresenta os tipos de embalagens considerados.

Tabela 23: Embalagens dos componentes do Platô.

Tipos de embalagens		Depósito	Quantidade de <i>Kanban</i>	Quantidade de <i>Kanban</i> evento
Anel de articulação	Caixa de ferro	4433	15	5
		4434	15	4
	KLT 4315	4433	3	0
		4434	0	2
Anel de debreagem	KLT 4315	4433	0	0
		4434	8	0
Carcaça	Cesto de carcaça	4433	50	13
		4434	46	0
Fundidos	Pallet	4433	107	115
		4434	140	37

Mancal	Caixa de madeira	4434	7	0
		4482	2	2
Mola membrana	Caixa de ferro	4433	47	12
		4434	40	
Rebite	Caixa plástica	4433	88	0
		4434	63	0
			39	0
Retrocesso	KLT 4315	4433	25	0
		4434	17	0
Parafusos	Caixa de ferro	4434	3	0
Outros	KLT 4315	4433	1	0
		4434	23	1
	Caixa de ferro	4433	0	0
		4434	0	0
	Caixa de madeira	4433	0	0
		4434	0	0

Fonte: ZF Sachs.

As Figuras 144, 145, 146, 147 e 148 mostram a análise da definição de porta pallets e equipamentos utilizados como parte do estudo do sistema de abastecimento proposto.

Para que ocorra um melhor entendimento das definições do Modelo *Kanban*, a empresa estudada aplica em seus treinamentos a definição como:

- 1 - ***Kanban***: é uma metodologia de reposição de estoques que atua auxiliando visualmente a gestão de estoque e apoio à manufatura. (MOURA, 1989)
- 2 - ***Kanban de Evento***: Em função da demanda e visando suprir os picos de demanda provocados pela flutuação do mercado, a empresa estudada criou esse tipo de *kanban*.

Foram coletados dados da área de disco, como *Box* e suas necessidades, o tipo de embalagem e onde fica cada componente do disco, porém não disponibilizados. Isso ocorreu em função de, na visão da empresa, ser uma informação estratégica.

### 6.13.3.4 Alternativas para armazenagem

Entre as alternativas para armazenagem foram analisadas:

- **Porta-pallets:** Permite a verticalização do espaço de forma simples e seletiva, possibilitando o acesso rápido a toda carga armazenada com o uso de empilhadeiras. Possibilita, além da armazenagem, paletizada, outras utilizações como em áreas de *picking*, cargas containerizadas, passarelas em pisos entre planos, armazenagem de tambores, bobinas e outros materiais.

Figura 144: Porta *Pallets*.



Fonte: Isma, 2011.

- **Porta Pallets deslizantes:** sistema de armazenagem de alta densidade no qual onde o corredor de circulação e acesso é compartilhado em função do sistema eletromecânico de deslocamento lateral dos conjuntos de estruturas porta-pallets.

Figura 145: Porta *Pallets* deslizantes.



Fonte: Isma, 2011.

- **Armazenagem Dinâmica Paletizada:** Sistema indicado para estocagem de cargas com grande rotatividade e necessidade de controle do prazo de validade pelo princípio *FIFO* (*First in, First out*). Os pallets são colocados em uma extremidade da estrutura e deslizam sobre roletes até a outra pela ação da gravidade, sendo a aceleração dos pallets controlada por reguladores de velocidade. Este sistema proporciona uma extraordinária economia na movimentação e a melhor ocupação.
- **Volumétrica do espaço.**

Figura 146: Armazenagem Dinâmica Paletizada.



Fonte: Isma, 2011.

- **Autoportante:** é um sistema de armazenagem em que a fixação do fechamento lateral e da cobertura é feita na própria estrutura de armazenagem, possibilitando a execução em menor tempo e com custo inferior ao da obra convencional. Geralmente, é um sistema com grande altura, em que a operação é feita por equipamentos de movimentação automatizados, como os transelevadores para uma ou duas profundidades ou operação com carro satélite.

Figura 147: Autoportante.



Fonte: Isma, 2011.

- **Flow rack:** Sistema indicado para pequenos volumes e grande rotatividade, na qual se faz necessário o *picking*, facilitando a separação de materiais. Sua configuração permite, naturalmente, o princípio do *FIFO*: a posição inclinada dos trilhos de roldanas facilita o deslizar das caixas, sua reposição e o apanhe dos materiais.

Figura 148: *Flow Rack*.

Fonte: Isma, 2011.

#### **6.14 Proposta da Nova Sistemática de Abastecimento**

A proposta da nova sistemática de abastecimento é dividida em três partes relacionadas ao projeto: Expedição, Supermercado Platô e Supermercado Disco. O dimensionamento dos supermercados é apresentado no Anexo C.

A forma de armazenagem escolhida para a expedição foi o porta-*pallet*. É o modo de armazenagem que mais otimiza o espaço existente, além de ser um modo flexível que comporta vários suportes e acessórios para adequar os tipos de embalagens existentes e os que a empresa poderá vir a ter.

Para movimentação, foi definida a empilhadeira retrátil, que otimiza o espaço por ocupar corredores de 2,80 metros de largura e altura de elevação de até 7 metros.

A forma de armazenagem escolhida para o Supermercado do Platô foi o sistema porta-pallets em forma de túnel, com o *Flow Rack*, posicionado no meio da estrutura. A ideia foi aliar o *Flow Rack*, que é uma boa forma de armazenagem para embalagens de pequenos volumes e alta rotatividade, a uma estrutura que pode ser verticalizada, o Porta-*Pallets*.

No *Flow Rack*, serão dispostas as embalagens mais leves: KLT 4315 e caixa plástica. Para a movimentação será utilizada empilhadeira à combustão para movimentar as embalagens pesadas: carcaça e fundido.

Para movimentar as demais embalagens, foram adotadas as empilhadeiras elétricas, que necessitam de 2 metros de largura no corredor.

A forma de armazenagem escolhida para o Supermercado de Disco é a mesma do Platô, porém no *Flow Rack* utiliza-se, também, o KLT 4315 e o KLT 6421. Para movimentação, passou a ser utilizada a empilhadeira elétrica, por não movimentar embalagens tão pesadas na operação de abastecimento.

### 6.15 Considerações

A partir de uma nova proposta de *layout*, formulada com base nos conceitos “*Lean Manufacturing*” e no crescimento contínuo da fábrica, foi elaborada, por meio de um estudo empírico, uma proposta coerente com a perspectiva do mercado, assegurando as necessidades dos clientes. A proposta foi elaborada com o intuito de renovar a forma de armazenagem da empresa e a sistemática de abastecimento, partindo de novos conceitos oferecidos pelo mercado. As inovações que surgiram nos últimos anos permitiram ganhar espaço, otimizar o fluxo e automatizar as áreas de movimentação de uma fábrica.

Cabe a cada empresa analisar e definir o melhor equipamento e tecnologia adequados a sua realidade e que supram suas necessidades.

Novos equipamentos poderão ser adquiridos, como a empilhadeira retrátil e o *flow rack*, a fim de melhorar o bem-estar do trabalhador. Todas as análises ergonômicas foram levadas em consideração para manter a qualidade de vida de todos os funcionários da empresa.

Por fim, foi prioridade, desde o início, a implantação da metodologia *FIFO* (*first in, first out*) exigida pela auditoria interna e por muitos clientes. Além disso, facilita o sincronismo e a organização das áreas analisadas, visando uma possível implantação futura do módulo “*Data warehouse*”, do sistema integrado *ERP SAP*.

## 6.16 Definição do Modelo de Abastecimento para as Células.

### 6.16.1 Introdução

Desde o século passado, o modelo de produção fordista, seguido, principalmente por montadoras e empresas de autopeças, vem dando lugar à produção enxuta. Essa substituição gradativa iniciou-se após a II Guerra Mundial, no Japão. A reestruturação da economia japonesa apoiada nessa filosofia justifica a grande importância dada ao novo modelo nos anos que se seguiram.

Atualmente, há um grande esforço da parte de diversas empresas para buscar implantar *lean production*. Na empresa estudada, é possível observar diversos elementos relacionados a esse modelo de produção: utilização de *kanban*, recente mudança no *layout* da fábrica, desenvolvimento do *Global Performance System (GPS)*, realização de diversos *kaizens*, entre outros.

O projeto aqui documentado foi desenvolvido com o intuito de contribuir para o alcance da produção enxuta. Afinal, padronização do abastecimento contribui positivamente para a criação de um fluxo contínuo de componentes e produtos acabados e eliminação de desperdícios e atrasos. O esforço, no entanto, não deve parar por aí. Há ainda diversos pontos a se trabalhar para que todos os conceitos de produção puxada sejam utilizados.

### 6.16.2 Conteúdo da proposta

Para se alcançar padronização do sistema de abastecimento das células de disco, é necessário:

- ✓ Definir o *layout* ideal para o armazenamento temporário de componentes nas células;
- ✓ Definir o sistema de comunicação entre as células e o abastecedor;
- ✓ Identificar e dimensionar os recursos, mão de obra e equipamentos necessários para o processo de abastecimento;
- ✓ Desenvolver um plano de ação para implementação da proposta.

### 6.16.3 Escopo do projeto

O projeto engloba o abastecimento desde o supermercado até as células de manufatura.

### 6.16.4 Cronograma

*Duração do Projeto:* 12 meses

1ª Semana

- ✓ *Brainstorming* e planejamento.
- ✓ Estudo de caso: projeto piloto das linhas de platô.
- ✓ Familiarização com o processo.
- ✓ Determinação da célula mais crítica nas linhas de disco.
- ✓ Coleta de dados.

2ª Semana

- ✓ Análise dos dados coletados.
- ✓ Proposta de *Layout*.
- ✓ Dimensionamento de recursos.

3ª Semana

- ✓ Desenvolvimento do Sistema de Comunicação Célula e Abastecedor.
- ✓ Validação da Proposta: simulação do modelo proposto e comparação com a situação atual.
- ✓ Desenvolvimento de um plano de ação para a implementação do modelo proposto.

Etapas seguintes:

- ✓ Avaliar, monitorar célula piloto e estender o conceito para demais células.

### 6.17 Abordagem

Primeiramente foi estabelecido um foco entre as células. Isso ocorreu pois cada linha tem sua particularidade e, conseqüentemente, um processo de abastecimento ideal. Desse modo, foi decidido priorizar a célula mais crítica para utilizar seu sistema de abastecimento como base para as outras, realizando poucas adaptações devido as suas particularidades técnicas. Em seguida, após observação do processo de abastecimento vigente

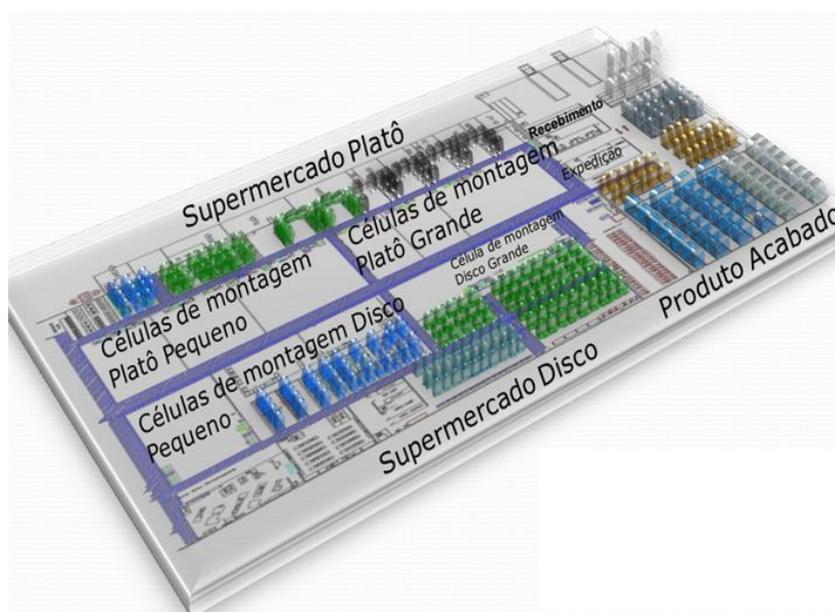
na célula crítica, foram identificadas cinco áreas de melhorias: função do abastecedor, organização dos supermercados, equipamentos, sistema de comunicação, áreas e para cada uma delas foram estabelecidas metas.

### 6.17.1 Etapas da aplicação do modelo para a sistemática de abastecimento

As Figuras 149 e 150 apresentam o *layout* completo alterado para a implantação da nova sistemática de abastecimento, desenvolvida e implantada com a definição dos locais dos supermercados de platô disco de embreagem e a localização das células de manufatura.

A nova concepção do *layout* manteve o primeiro grupo, constituído das células PPUM7, PPUM4, PGUM7, PGUM5, PGUM4/3 e PPUM6, dedicadas à fabricação do platô, e o segundo grupo, de células de manufatura dedicadas DPM2, DPM3, DGU1/2/3 e DGM02 responsáveis pela produção de discos de embreagem, considerando a divisão, ainda, em quatro quadrantes, sendo um para a montagem de platô pequeno, um para a montagem de platô grande, um para a montagem do disco pequeno e um para a montagem do disco grande.

Figura 149: Nova concepção do *layout*.



Fonte: ZF Sachs.

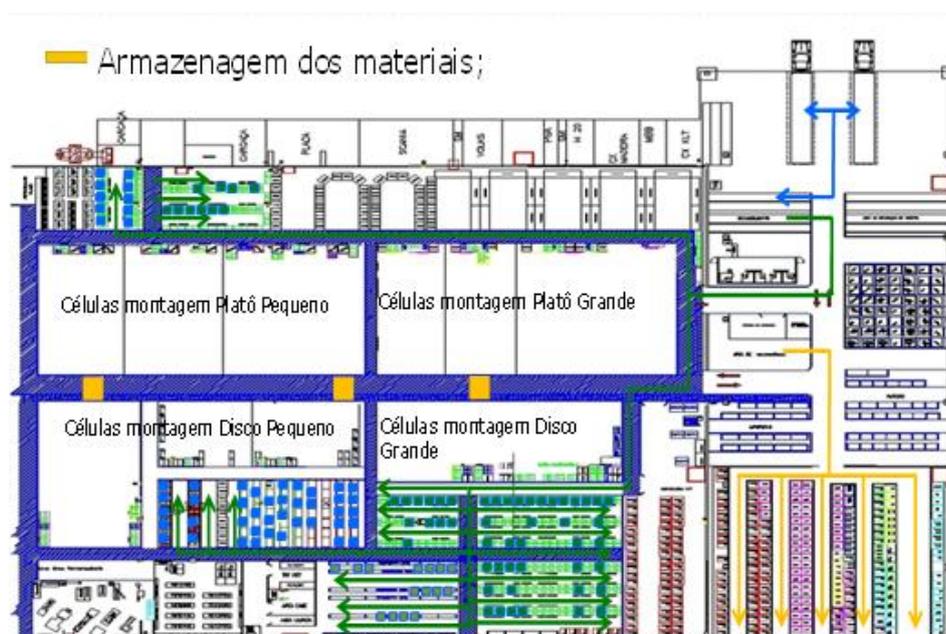
Figura 150: Supermercado e linhas de montagem disco.



Fonte: ZF Sachs.

Pode-se observar na Figura 151 o fluxo de armazenagem de materiais, em que foi definido o supermercado para cada item, assim como a condição anterior dos estoques dentro das células de manufatura.

Figura 151: Fluxo de Abastecimento.



Fonte: ZF Sachs.

A armazenagem de materiais não acrescenta nada ao valor do produto, mas acrescenta ao custo dele, e todo centavo ganho na armazenagem é lucro (MOURA, 2010).

A Figura 152 mostra o Sistema de Abastecimento do Platô anterior à proposta do novo sistema de abastecimento.

Figura 152: Sistema de Abastecimento Platô Anterior.



- Cada célula de produção com seu próprio estoque.
- Não havia padronização no sistema de abastecimento.
- *Layout* desorganizado, aspecto visual prejudicado.
- Alto risco de erro na montagem.

Fonte: ZF Sachs.

Moura (2010) considera a função movimentação de materiais como sendo o estudo dos movimentos dentro da companhia, diferenciando-se da movimentação externa.

Para Rother e Shook (2003), sempre que há um produto para um cliente, há um fluxo de valor. O desafio é enxergá-lo.

Para Shingo (1996), a abordagem básica de um problema de *layout* é reduzir o número de movimentações. A melhoria é uma pré-condição fundamental para estabelecer o fluxo contínuo.

Segundo Moura (1989), o *JIT* enfatiza a produção fornecendo o que é necessário, transportando para o lugar certo e no momento certo, e uma das ferramentas utilizadas é o *Kanban*. As análises são apresentadas nas Figuras 153, 154, 155 e 156.

Figura 153: Sistema atual de Abastecimento Platô.



Fonte: ZF Sachs.

- Área de abastecimento de cada célula passa a ser identificada com cores.
- Layout organizado de todas as células de produção.
- Áreas das células, supermercados identificados.
- Somente os abastecedores manuseiam os componentes.

Figura 154: Fluxo atual de abastecimento platô.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 155: Comparativo.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 156: Melhorias do projeto.

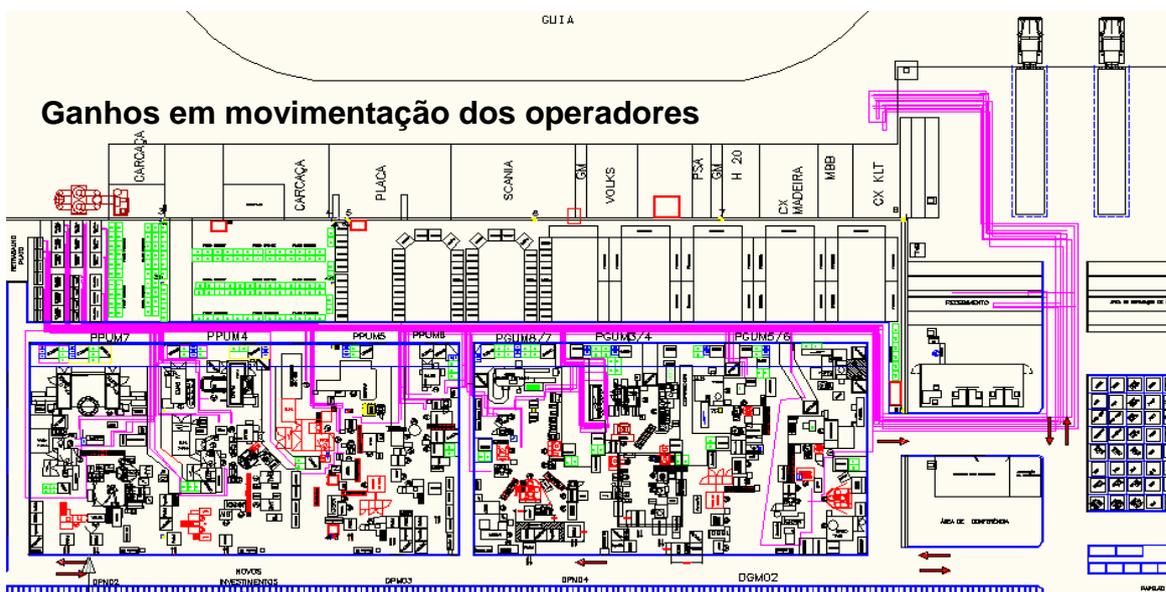


Fonte: ZF Sachs.

Corrêa e Corrêa (2009) sugerem que Ford foi o primeiro pensador enxuto por eliminar vários desperdícios de tempo e movimentação para a sua época e colocar à disposição da manufatura um fluxo em uma fábrica. Para Rother e Shook (2003), diagrama de espaguete é o caminho percorrido por um produto na medida em que ele é movimentado ao longo do fluxo de valor. No trabalho pesquisado, pode-se observar, nas Figuras 157, 158 e 159, que, com as ferramentas aplicadas, foi constatada uma redução de caminho percorrido.

Figura 157: Movimentação anterior dos operadores.

### Movimentação anterior dos operadores por turno

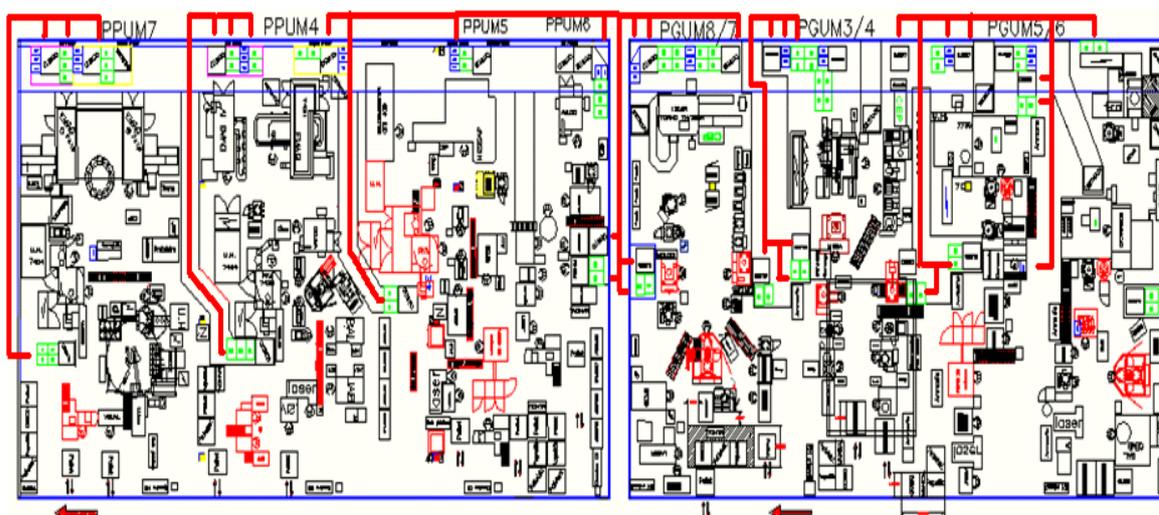


Fonte: ZF Sachs.

Distância aproximada anterior: 3.966,04 metros.

Figura 158: Movimentação Atual dos Operadores.

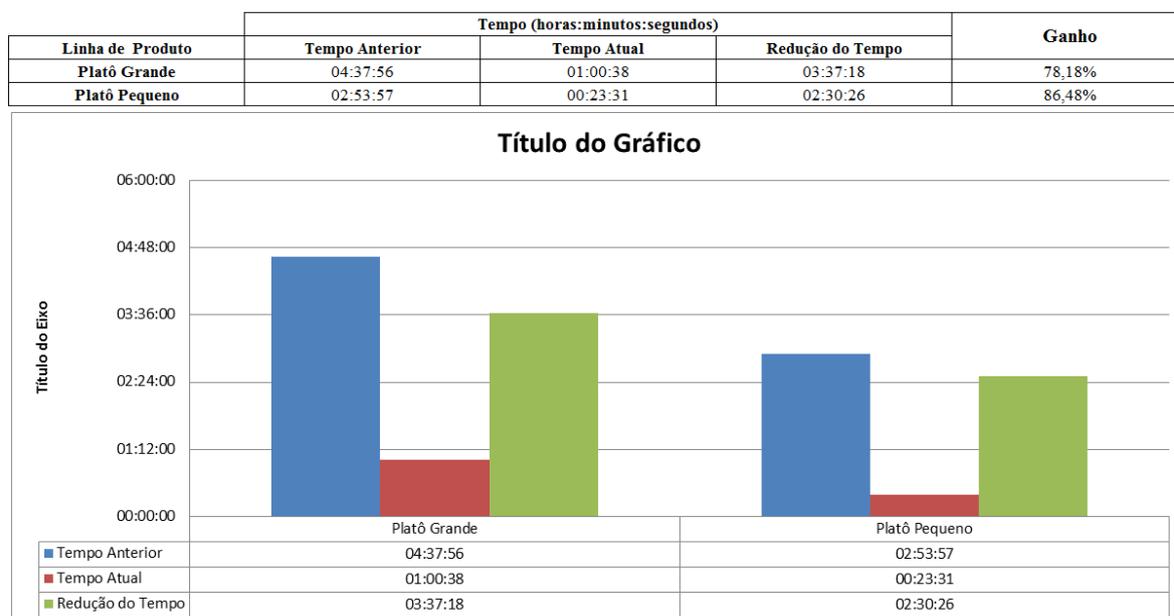
### Movimentação atual dos operadores por turno:



Fonte: ZF Sachs.

Distância aproximada atual: 2.123,46 metros. Ganho estimado: 46,46%.

Figura 159: Ganho de tempo de movimentação.



Fonte: ZF Sachs.

A Figura 160 mostra os resultados do ganho da mudança como novo sistema de abastecimento.

Figura 160: Ganhos em valores.

Custos	Valor
Confecção de carrinhos tipo <i>Flow Rack</i>	R\$ 12.186,38
Confecção de painéis de comunicação	R\$ 2.120,14
Aquisição de quadro informativo	R\$ 420,00
Aquisição de componente para sistema de solicitação de abastecimento	R\$ 1.190,64
	R\$ 15.917,16
<b>Ganhos qualitativos</b>	
Padronização das atividades de abastecimento e movimentação	
Organização dos supermercados e das células de produção	
Redução de riscos com a qualidade	
<b>Ganhos quantitativos</b>	
Descrição	Valor
Investimento	R\$ 15.917,16
Ganho Real (anual)	R\$ 26.762,40
Ganho Potencial (anual)*	R\$ 295.420,00
Amortização	0,0 anos

Fonte: ZF Sachs.

### 6.17.2 Definição do foco

A decisão sobre qual célula deveria ser objeto de análise teve por base o fato de que a demanda, juntamente com o *mix* de produtos de uma célula, determinam o tamanho de seus lotes de produção, o qual, por sua vez, determina o número de setups necessários.

De acordo com os dados fornecidos, ficou evidente que a célula de disco mais crítica é a DGM02; sua demanda é alta, pois deve suprir a produção das quatro células de platô pesado. Além disso, possui o maior *mix* de produtos entre as células de disco. Isso faz com que os lotes de produção dessa célula sejam menores e que, conseqüentemente, o número médio de *setups* por turno seja mais elevado (Tabela 24).

Tabela 24: Mix, tamanho de lotes e setup na DGM02. Posição 2010.

	<b>Mix de Produtos</b>	<b>Tamanho Médio dos Lotes</b>	<b>Número Médio de Setup/Turno</b>
<b>DPM02</b>	53	2004	1
<b>DPM03</b>	28	867	1,5
<b>DPM04</b>	87	320	2
<b>DGM02</b>	180	191	5

Fonte: ZF Sachs.

### 6.17.3 Situação atual x meta

Após o estabelecimento de um foco para o estudo do abastecimento nas células de disco, observou-se diretamente o processo para maior familiarização com o mesmo e para identificação de pontos de melhoria. A seguir serão descritos o funcionamento atual de cada uma das áreas de melhoria e a meta a ser atingida após o desenvolvimento do projeto.

Existem dois responsáveis pelo abastecimento da célula. O abastecedor, cuja função é abastecer os componentes grandes e retornar as embalagens parcialmente cheias ao supermercado, e o operador, que deve buscar os componentes pequenos armazenados em KLT's e retornar as embalagens vazias no Recebimento.

O objetivo é tornar todas essas funções de responsabilidade apenas do abastecedor, deixando o operador livre para atividades dentro da célula.

O funcionamento do supermercado deve seguir determinadas premissas como limites de empilhamento e manutenção do FIFO. No entanto, como existem diversas pessoas manuseando as embalagens nesse local, o cumprimento de tais premissas se torna mais difícil de ser controlado e, deste modo, acaba-se prejudicando a organização do mesmo. A Figura 161 mostra o Limite de empilhamento excedido e a Figura 162 o deslocamento dos operadores.

Figura 161: Limite de Empilhamento Excedido.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 162: Deslocamento dos operadores.



Fonte: ZF Sachs.

Ao reduzir-se o número de responsáveis por manusearem as embalagens no supermercado, torna-se mais fácil controlar o cumprimento das premissas e manter a ordem desejada.

Para a realização do abastecimento de componentes grandes utilizava-se somente a paleteira elétrica, considerada adequada para tal atividade. Já para o abastecimento de componentes pequenos são utilizados os carrinhos da própria DGM02. Estes carrinhos, por terem prateleiras muito baixas, exigem que o operador se curve quase até o chão para acomodar as KLT`s e são, portanto, pouco ergonômicos. Além disso, esse equipamento torna-se demasiadamente pesado e difícil de manobrar quando colocadas todas as KLT`s necessárias para a realização de uma ordem. A Figura 163 mostra o carrinho pesado e pouco ergonômico.

Figura 163: Carrinho pesado e pouco ergonômico.



Fonte: ZF Sachs.

Como solução para esse problema, pretende-se adotar um equipamento mais prático e ergonômico que torne possível abastecer todos os componentes de uma só vez, de forma ágil e sem prejuízo à saúde do abastecedor.

A comunicação entre a célula e o abastecedor acontece basicamente de maneira verbal. Sempre que precisa de qualquer tipo de informação sobre as ordens de produção, como sua sequência, estrutura dos discos, ou quantidade de peças do lote, o abastecedor precisa buscar essa informação dentro da célula. Além disso, quando a célula precisa do abastecedor por algum motivo, um operador precisa deixar seu posto de trabalho para encontrá-lo.

O objetivo do presente projeto também envolveu estruturar um sistema de comunicação visual, simples e padronizado, que ajude a evitar atrasos no abastecimento e torne a comunicação entre as duas partes mais eficiente.

O funcionamento atual do fluxo de componentes na DGM02, na teoria, seria caracterizado pela entrada das embalagens na área de “uso”, seu transporte para dentro da célula perto dos respectivos postos de trabalho e sua posterior devolução na área de “Retorno”. No entanto, na prática, observa-se, primeiramente, que as áreas demarcadas para uso e retorno não são respeitadas e que por isso, encontram-se, frequentemente, componentes fora do local demarcado, como mostram as Figuras 164 e 165.

Figura 164: Caixas verdes fora das áreas demarcadas.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 165: Embalagens KLT fora das áreas demarcadas.



Fonte: ZF Sachs.

Isso ocorre pela falta de treinamento dos operadores e abastecedores em relação ao funcionamento do fluxo de material na DGM02 e pela demarcação de áreas demasiadamente específicas, que não leva em conta a grande variedade de embalagens utilizada na célula. A Figura 166 mostra a variedade de embalagens utilizada na DGM02.

Figura 166: Variedade de embalagens utilizada na DGM02.



Fonte: ZF Sachs.

O funcionamento do fluxo de material determinado na teoria também não ocorre na prática devido ao grande número de componentes utilizados na célula, que são armazenados em embalagens grandes e pesadas. O transporte dessas embalagens para dentro da DGM02 demandaria muito tempo e, além disso, não existe espaço suficiente para acomodá-las.

Desse modo, ao contrário do que foi determinado pelo Departamento de Processos, os operadores buscam os componentes, em pequenas quantidades, em suas embalagens atrás da célula, armazenados temporariamente em KLT's que são levadas para perto do posto de trabalho.

A Figura 167 mostra o operador buscando componentes atrás da célula em conformidade ao novo sistema de abastecimento.

Figura 167: Operador buscando componentes atrás da célula.



Fonte: ZF Sachs.

Sendo assim, as áreas, não são respeitadas, visto que não existem corredores demarcados para o acesso dos operadores até as embalagens, já que essa necessidade não foi considerada.

Além das implicações já citadas decorrentes do não funcionamento do fluxo de material determinado, existe ainda a perda de tempo do abastecedor no remanejamento de embalagens.

Como não existem na prática áreas separadas para cada ordem, o abastecedor, para garantir o *FIFO*, precisa remanejar as embalagens de modo que o componente da ordem “em uso” fique mais perto da saída do que o componente da “próxima ordem”.

Em relação ao *layout*, foi possível observar ainda que a demarcação existente permite a obstrução de um painel elétrico e que um local específico para acomodação de KLT's poderia reduzir o tempo de abastecimento dos componentes armazenados nessas embalagens.

Portanto, tem-se como objetivo a demarcação clara das áreas de armazenamento de componentes atrás da célula, o treinamento dos funcionários para que essas áreas sejam respeitadas e a criação de um local específico para acomodar as KLT's.

#### 6.17.4 Coleta e análise de dados

Os dados foram coletados de amostra e mensurados durante o acompanhamento do processo de abastecimento da célula definida como prioridade. A amostragem foi feita com cinco ordens de produção, sendo quatro delas de discos 430WGTZ e uma de 350GTZ, com base no objetivo das coletas, no método utilizado e nas análises realizadas.

**Objetivo:** Estimar o tempo improdutivo do processo de abastecimento para possível eliminação do mesmo.

**Método:** Após o acompanhamento do abastecimento de todos os itens de cinco ordens de produção, foi possível identificar algumas etapas do processo que poderiam ser evitadas com a implantação de um Sistema de Abastecimento padronizado. O tempo de cada uma dessas etapas foi somado e, disso, calculou-se a porcentagem que esse tempo representa no abastecimento como um todo.

**Dados:** A Tabela 25 mostra os dados relacionados aos tempos improdutivos.

Tabela 25: Descrição Tempos Improdutivos

<b>Análises</b>			
<b>Tempos Abastecimento DGM02</b>			
<b>Tempos Improdutivos</b>			
Intervalo	Descrição	Local	Distância
27/jan	Abastecimento dos componentes grandes e pequenos. Ordem 491878001485C1. Conjunto Disco 430WGTZ. 96 peças. Ordem 491878002431J1. Conjunto Disco 430WGTZ. 58 peças. Abastecedor: Paulinho		
0:00:55	Entrar na célula e pegar ordem.	Célula	15,40
0:00:27	Informação.	Célula	0,00
0:02:11	Remanejar embalagens.	Célula	0,00
0:02:30	Remanejar embalagens.	Célula	30,89
0:00:44	Tirar componentes do carrinho.	Célula	0,00
0:00:22	Tirar componentes do carrinho.	Célula	0,00
0:00:53	Colocar componentes de retorno no carrinho	Célula	0,00
0:08:02			15,40
<b>Tempos Improdutivos</b>			
Intervalo	Descrição	Local	Distância
27/jan	Abastecimento dos componentes grandes e pequenos. Ordem 491878000668BB. Conjunto Disco 430WGTZ. 29 peças. Ordem 491878000668A1. Conjunto Disco 430WGTZ. 100 peças. Abastecedor: Walmir.		
0:00:37	Entrar na célula e pegar ordem.	Célula	15,08
0:00:21	Levar caixa verde para área destinada a embalagens vazias.	Célula	35,00
0:00:21	Remanejar componentes na célula.	Célula	0,00
0:00:49	Remanejar componentes na célula.	Célula	0,00
0:00:29	Informação na célula.	Célula	15,20
0:00:13	Remanejar componentes na célula.	Célula	0,00
0:00:16	Remanejar embalagens.	Célula	0,00
0:01:33	Remanejar componentes na célula.	Célula	0,00
0:02:19	Tirar do carrinho.	Célula	0,00
0:06:58			65,28
<b>Tempos Improdutivos</b>			
Intervalo	Descrição	Local	Distância
28/jan	Abastecimento dos componentes grandes. Ordem 361878000576C2. Conjunto Disco 350GTZ. 144 peças. Abastecedor: Paulinho.		
0:01:18	Acomodar e remanejar componentes na célula.	Célula	0,00
0:00:40	Remanejar componentes na célula.	Célula	0,00
0:00:50	Tirar do carrinho.	Célula	0,00
0:02:48			0,00

Fonte: ZF Sachs.

**Análise:** Após definir todos os tempos improdutivos e somá-los, calculou-se a porcentagem que essa soma representava no tempo total de abastecimento. Concluiu-se, desse modo, que cerca de 10% do tempo de abastecimento poderia ser evitado com a sistematização desse processo. A Tabela 26 mostra a porcentagem de tempos improdutivos.

Tabela 26: Porcentagem de tempos Improdutivos

### **Conclusão Análise Tempos Abastecimento DGM02**

Tempo Total Abastecimento Componentes Grandes	1:48:54
Tempo Total Abastecimento Componentes Pequenos	0:50:18
Tempo Outras Funções	0:13:27
<b>Tempo Total Abastecimento</b>	<b>2:52:39</b>
Tempo Total Improdutivo Abastecimento Componentes Grandes	0:12:40
Tempo Total Improdutivo Componentes Pequenos	0:05:08
<b>Tempo Improdutivo Total</b>	<b>0:17:48</b>
<b>Porcentagem Tempo Improdutivo sobre o Tempo Total Abastecimento</b>	<b>10,31</b>

Fonte: ZF Sachs.

**Objetivo:** Estimar o intervalo de tempo durante o qual o operador deixa seu posto de trabalho para buscar componentes por turno e mensurar o possível ganho ao se empregar todo esse tempo em produção.

**Método:** Após a análise geral dos tempos de abastecimento, formalizou-se, especificamente, o tempo de abastecimento de componentes pequenos. Calculou-se, por meio dos dados da amostra e de dados históricos fornecidos pelo planejador da célula DGM02, o tempo necessário para manter a célula abastecida por componentes pequenos em um turno completo. Desse modo, foi possível mensurar a quantidade de peças a mais que poderiam ser produzidas por turno e o ganho financeiro relacionado a essa produção.

**Dados da amostra de tempos coletada:** Para o cálculo do tempo necessário para o abastecimento de componentes pequenos durante um turno, identificou-se, inicialmente, o tempo que o operador gastou para abastecer os componentes pequenos das cinco ordens acompanhadas e o tempo em que a célula permaneceu ocupada com a produção das mesmas. A partir daí foi possível estabelecer a seguinte relação: *se*, com 50min18s de abastecimento, a célula permaneceu ocupada por 6h20min, quanto tempo de abastecimento seria necessário para deixá-la ocupada por 6h40min (1 turno)? A Tabela 27 mostra o tempo de abastecimento dos componentes considerados de menor dimensão.

Tabela 27: Tempo de Abastecimento Componentes Pequenos – Dados Amostra

### **Tempo de Abastecimento Componentes Pequenos (Amostra)**

<b>Utilizando Históricos de Produção</b>			
<b>Ocupação da Célula</b>			
Ordens Acompanhadas	Qtidade de Peças	Tipo	Histórico
491878001485C1	96	430WGTZ	02:00:00
491878002431J1	53	430WGTZ	00:50:00
491878000668A1	100	430WGTZ	01:40:00
491878000668BB	29	430WGTZ	00:40:00
361878000576C2	94	350GTZ	01:10:00
<b>Total</b>	<b>372</b>		<b>06:20:00</b>

<b>Ocupação para Abastecimento de Componentes Pequenos - Operador</b>			
Ordens Acompanhadas	Qtidade de Peças	Tipo	Duração
491878001485C1	96	430WGTZ	0:16:03
491878002431J1	58	430WGTZ	0:11:28
491878000668A1	100	430WGTZ	0:13:32
491878000668BB	29	430WGTZ	
361878000576C2	144	350GTZ	0:09:15
<b>Total</b>	<b>427</b>		<b>0:50:18</b>

Tempo do Operador	Ocupação da Célula
<b>0:50:18</b>	6:20:00
<b>0:52:57</b>	6:40:00

Fonte: ZF Sachs.

**Dados Históricos:** Para o cálculo, por meio de dados históricos do tempo necessário para o abastecimento de componentes pequenos durante um turno, multiplicou-se o número médio de ordens produzidas por turno na DGM02 pelo tempo de abastecimento dos componentes pequenos de uma ordem.

Com isso foi possível calcular a porcentagem do turno de trabalho que o operador gasta no abastecimento.

A Tabela 28 mostra dados históricos do tempo de abastecimento para componentes de menor dimensão.

Tabela 28: Tempo de abastecimento componentes pequenos – dados históricos.

### **Tempo de Abastecimento Componentes Pequenos (Histórico)**

<b>Abastecimento Componentes Pequenos Situação mais crítica</b>			
Quantidade de Ordens/Dia	Quantidade de Ordens/Turno	Tempo Abastecimento Componentes Pequenos/Ordem	Tempo para Abastecer o Lote
11	4	00:20:31	<b>1:22:04</b>
		Tempo	% Ocupação
<b>Abastecimento DG</b>		1:22:04	<b>20,52</b>
<b>Tempo Disponível para Abastecimento</b>		8:40:00	100

Fonte: ZF Sachs.

**Análise:** Tendo definido o tempo gasto pelo operador com o abastecimento de componentes pequenos considerando as das duas bases de dados, analisou-se a quantidade de peças a mais que poderiam ser produzidas por turno caso esse tempo fosse totalmente empregado na produção, também em ambos os casos. Inicialmente, dividiu-se o tempo total de abastecimento de componentes pequenos realizado apenas por um operador pelo número de operadores da célula para determinar quanto tempo a mais teria cada operador. Dividindo-se este resultado pelo tempo de ciclo médio, com uma eficiência de 85%, foi possível chegar ao resultado pretendido. Além disso, calculou-se o ganho financeiro referente por turno/dia e mês pelo valor médio de cada *kit* de embreagem da linha pesada. As Tabelas 29 e 30 contemplam a conversão do tempo de abastecimento dos componentes de menor dimensão de peças e ganho financeiro de acordo com os dados da amostra, e a Tabela 31 a área necessária para acomodar os componentes.

Tabela 29: Tempo de abastecimento dos componentes e ganho financeiro de acordo com os dados da amostra.

<b>Análise do Tempo do Operador</b>			
Tempo de Abastecimento do Operador/Turno	0:52:57	Ganho Médio/Peça	R\$ 329,21
Tempo Potencial/Operador	0:05:18	Ganho Médio/Turno	R\$ 2.273,58
Tempo de Ciclo (85% eficiência)	0:00:46	Ganho Médio/Dia	R\$ 6.820,73
Produção Potencial (peças/turno)	7	Ganho Médio/Mês	R\$ 156.876,74

Fonte: ZF Sachs.

Tabela 30: Conversão do tempo de abastecimento componente.

<b>Análise do Tempo do Operador</b>			
Tempo de Abastecimento do Operador/Turno	1:22:04	Ganho Médio/Peça	R\$ 329,21
Tempo Potencial/Operado	0:08:12	Ganho Médio/Turno	R\$ 3.523,97
Tempo de Ciclo (85% eficiência)	00:00:46	Ganho Médio/Dia	R\$ 10.571,90
Produção Potencial (peças/turno)	11	Ganho Médio/Mês	R\$ 243.153,75

Fonte: ZF Sachs.

Tabela 31: Área necessária para acomodar componentes do Conj. Disco 430WGTZ.

**Conjunto de Disco 430WGTZ,  
491878001533D5, 200 peças**

Material	Descrição	Embalagem	Qtidade de Embalagens	Área/unid (m <sup>2</sup> )	Área total
1810000001	Distanciador	KLT peq	1	0,0536	0,0536
1817065100	Rebite	KLT peq	2	0,0536	0,1073
1817066225	Rebite	KLT med	2	0,1575	0,3150
1817206125	Rebite	KLT peq	1	0,0536	0,0536
1825000092	Mola Intermediária	KLT med	5	0,1575	0,7875
1825000821	Mola de Pressão	Caçamba Verde gd	1	1,0450	1,0450
1825000822	Mola de Pressão	Caçamba Verde gd	1	1,0450	1,0450
1825209000	Mola de Pressão	KLT med	1	0,1575	0,1575
1827168002	Mola Prato	KLT med	1	0,1575	0,1575
1827170300	Mola Prato	KLT med	1	0,1575	0,1575
1829001919	Flange do Cubo	SACHS Pallet	1	1,0340	1,0340
1831649401	Anel de Atrito	Caixa Verde	1	0,4590	0,4590
1831649402	Anel de Atrito	Caixa Verde	1	0,4590	0,4590
1831651000	Anel de Atrito	KLT med	1	0,1575	0,1575
1842614966	Cubo	SACHS Pallet	1	1,0340	1,0340
1843000025	Disco de Retenção	SACHS Pallet	1	1,0340	1,0340
1843000028	Disco de Retenção	SACHS Pallet	1	1,0340	1,0340
1843444401	Disco de Retenção	Caixa Verde	1	0,4590	0,4590
1847786200	Disco de Torção	Caixa Verde	1	0,4590	0,4590
1849000639	Guarnição Tramada	Cesto Azul	1	0,6375	0,6375
1868818908	SJ Disco de Torção	Caixa Verde	1	0,4590	0,4590

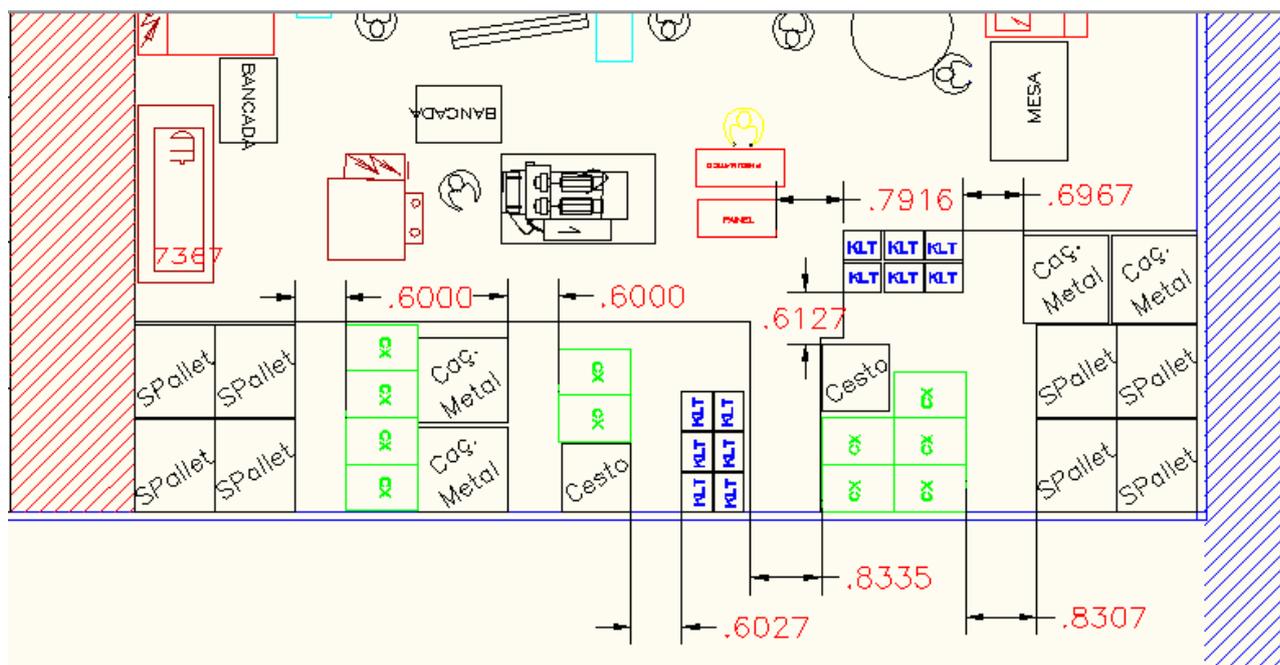
Legenda
Componentes KLT
Componentes Gds

Área Total (m <sup>2</sup> )	
KLT	1,9470
Gds	9,1585

Fonte: ZF Sachs.

Vale ressaltar que, não necessariamente, todo esse tempo de abastecimento de componentes pequenos será empregado na produção efetiva de discos quando esta tarefa também se tornar função do abastecedor. No entanto, outros benefícios, como uma melhor organização da célula, ou um rebalanceamento de atividades para evitar a possível sobrecarga de um dos operadores, poderão ser alcançados. A Figura 168 mostra a proposta de *layout* da célula DGM02.

Figura 168: Proposta de *layout*.



Fonte: ZF Sachs.

**Análise:** Para a disposição das embalagens exposta acima, considerou-se a proximidade com os postos de trabalho, o acesso dos operadores e do abastecedor a todos os componentes e o conceito de abastecimento como transporte de componentes do supermercado até a área atrás da célula.

### 6.17.5 Dimensionamento de recursos

**Objetivo:** Determinar a quantidade de mão de obra necessária para manter a DGM02 abastecida com todos os componentes durante um turno.

**Método:** Inicialmente, calculou-se, por meios dos dados da amostra e de dados históricos fornecidos pelo planejador da DGM02, o tempo necessário para manter a célula totalmente

abastecida de componentes por um turno completo. Em seguida, foi possível determinar a porcentagem que esse tempo representava no tempo disponível do abastecedor.

**Dados da amostra de tempos coletada:** Para o cálculo do tempo necessário para o abastecimento completo da DGM02 durante um turno, identificou-se, inicialmente, o tempo gasto para abastecer todos os componentes das cinco ordens acompanhadas e o tempo para que a célula permanecesse ocupada com a produção das mesmas. A partir daí, foi possível estabelecer a seguinte relação: se, com 2h52min39s de abastecimento, a célula permaneceu ocupada por 6h20min, quanto tempo de abastecimento seria necessário para deixá-la ocupada por 6h40min durante 1 turno? A Tabela 32 mostra o tempo de abastecimento completo por turno.

Tabela 32: Tempo abastecimento completo por turno – dados amostra

### **Dimensionamento da Mão-de-Obra de acordo com a Amostra**

Utilizando Históricos de Produção			
Ocupação da Célula			
Ordens Acompanhadas	Qtidade de Peças	Tipo	Histórico
491878001485C1	96	430WGTZ	02:00:00
491878002431J1	53	430WGTZ	00:50:00
491878000668A1	100	430WGTZ	01:40:00
491878000668BB	29	430WGTZ	00:40:00
361878000576C2	94	350GTZ	01:10:00
<b>Total</b>	<b>372</b>		<b>06:20:00</b>

Ocupação para Abastecimento Completo			
Ordens Acompanhadas	Qtidade de Peças	Tipo	Duração
491878001485C1	96	430WGTZ	1:08:05
491878002431J1	58	430WGTZ	0:54:18
491878000668A1	100	430WGTZ	0:54:18
491878000668BB	29	430WGTZ	0:36:49
361878000576C2	144	350GTZ	0:36:49
<b>Total</b>	<b>427</b>		<b>2:39:12</b>
Recarregar Bateria			0:07:38
Devolver Embalagens Vazias			0:05:49
			<b>2:52:39</b>

Tempo para Abastecimento Completo	Ocupação da Célula
<b>2:52:39</b>	6:20:00
<b>3:01:44</b>	6:40:00

Fonte: ZF Sachs.

Em seguida determinou-se que porcentagem esse tempo representava no tempo disponível do abastecedor. A Tabela 33 mostra a ocupação do abastecedor por turno de trabalho.

Tabela 33: Ocupação do abastecedor na DGM02/Turno – dados amostra

	Tempo	% Ocupação
<b>Abastecimento DG</b>	3:01:44	<b>45,43</b>
<b>Tempo Disponível para Abastecimento</b>	6:40:00	100

Fonte: ZF Sachs.

**Dados Históricos:** Para o cálculo, por meio dos dados históricos do tempo necessário para o abastecimento completo da DGM02 durante um turno, multiplicou-se o número médio de ordens produzidas por turno na célula pelo tempo de abastecimento de todos os componentes de uma ordem. A Tabela 34 mostra o tempo de abastecimento completo por turno.

Tabela 34: Tempo de abastecimento completo por turno – dados históricos.

### **Dimensionamento Histórico da Mão-de-Obra**

<b>Abastecimento Completo Situação mais crítica</b>		
Quantidade de Ordens/Dia	Quantidade de Ordens/Turno	Tempo para Abastecer o Lote
11	4	<b>4:04:46</b>

Fonte: ZF Sachs.

A partir dos resultados, foi possível calcular a porcentagem do turno de trabalho que o abastecedor dedica a essa célula. A Tabela 35 mostra a ocupação do abastecedor.

Tabela 35: Ocupação do abastecedor na DGM02/Turno – dados históricos

Atividades do Abastecedor	Tempo	
<b>Abastecimento</b>	6:03:17	
<b>Recarregar Bateria</b>	0:07:38	
<b>Remover Embalagens Vazias</b>	0:29:05	
<b>Total</b>	6:40:00	

	Tempo	% Ocupação
<b>Abastecimento DG</b>	4:04:46	<b>67,38</b>
<b>Tempo Disponível para Abastecimento</b>	6:03:17	100

Fonte: ZF Sachs.

**Análise:** Por meio das análises apresentadas acima, conclui-se que, no pior dos casos, um abastecedor gastaria aproximadamente 70% do seu tempo disponível dedicando-se a DGM02.

## 6.17.6 Proposta

### 6.17.6.1 Sistema de abastecimento

Identificando, na prática, o atual funcionamento do fluxo de material na DGM02 e nas outras células, procurou-se elaborar uma proposta que abrangesse todos os pontos de melhoria abordados no Anexo E Áreas.

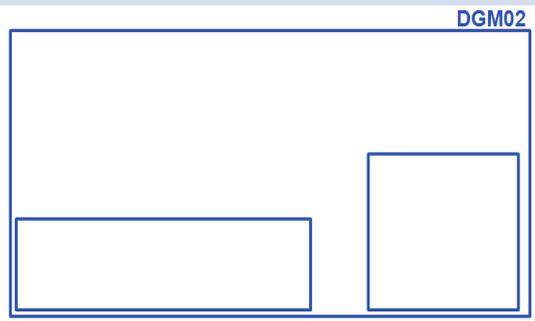
O novo funcionamento do fluxo de material foi concebido levando-se em conta o conceito de abastecimento recebido: transporte das embalagens do supermercado até a área atrás da célula, sem distribuí-las a cada posto de trabalho.

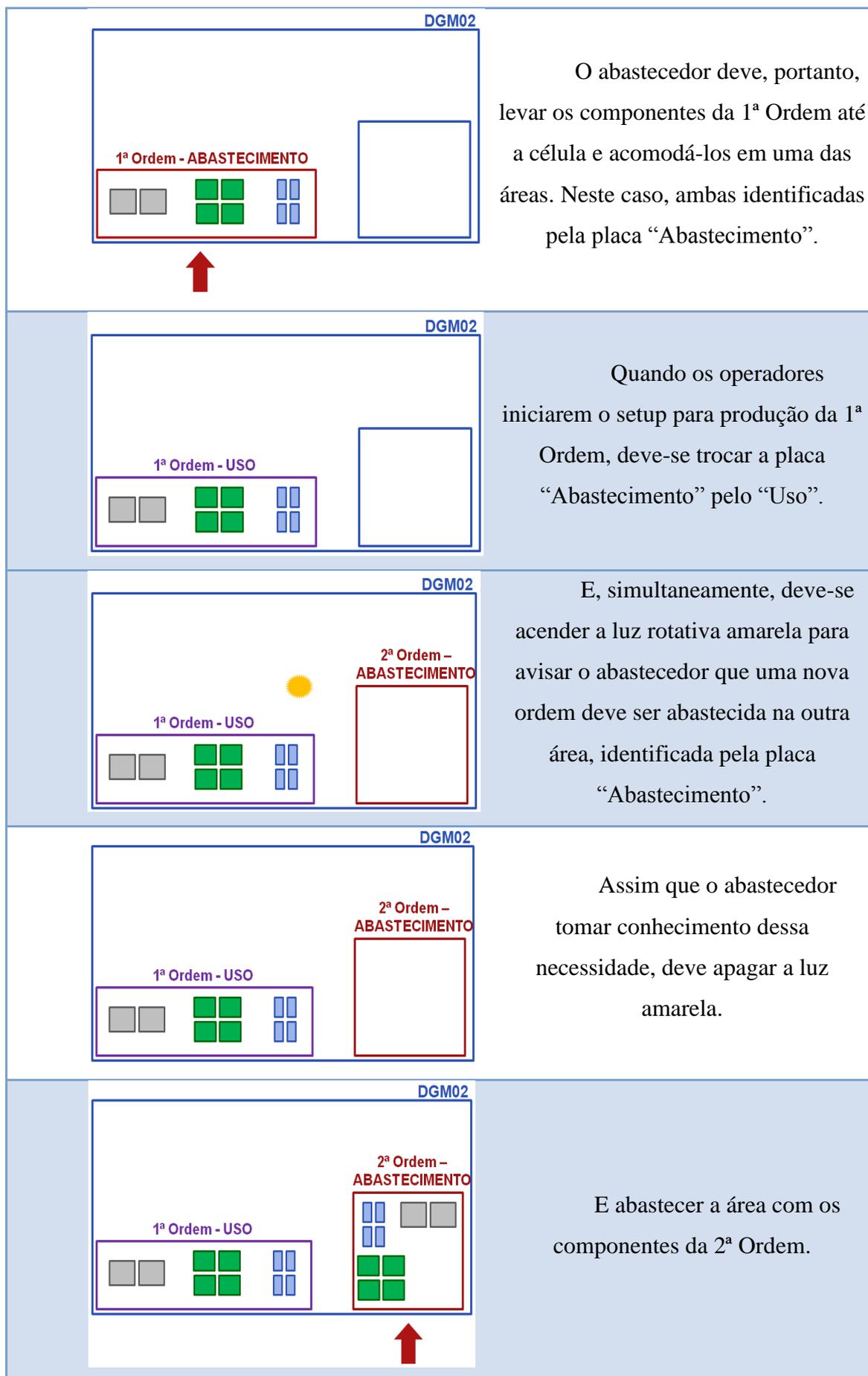
O novo *layout* deveria atender aos objetivos do projeto. Foram definidas duas novas áreas com dimensionamento devidamente calculado.

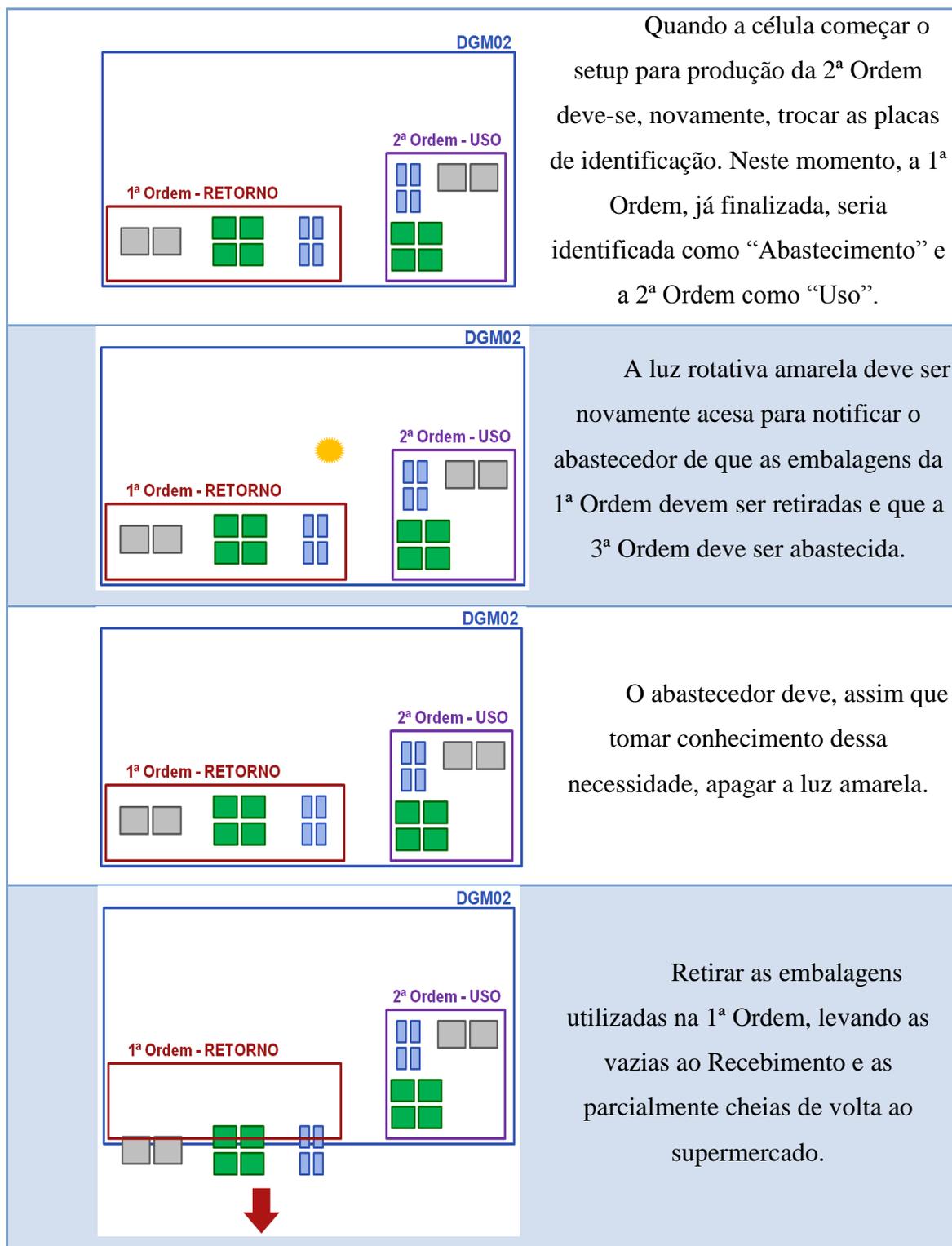
Além disso, as funções dessas áreas passariam a ser dinâmicas. Ou seja, não existiriam apenas “uso” e “retorno”.

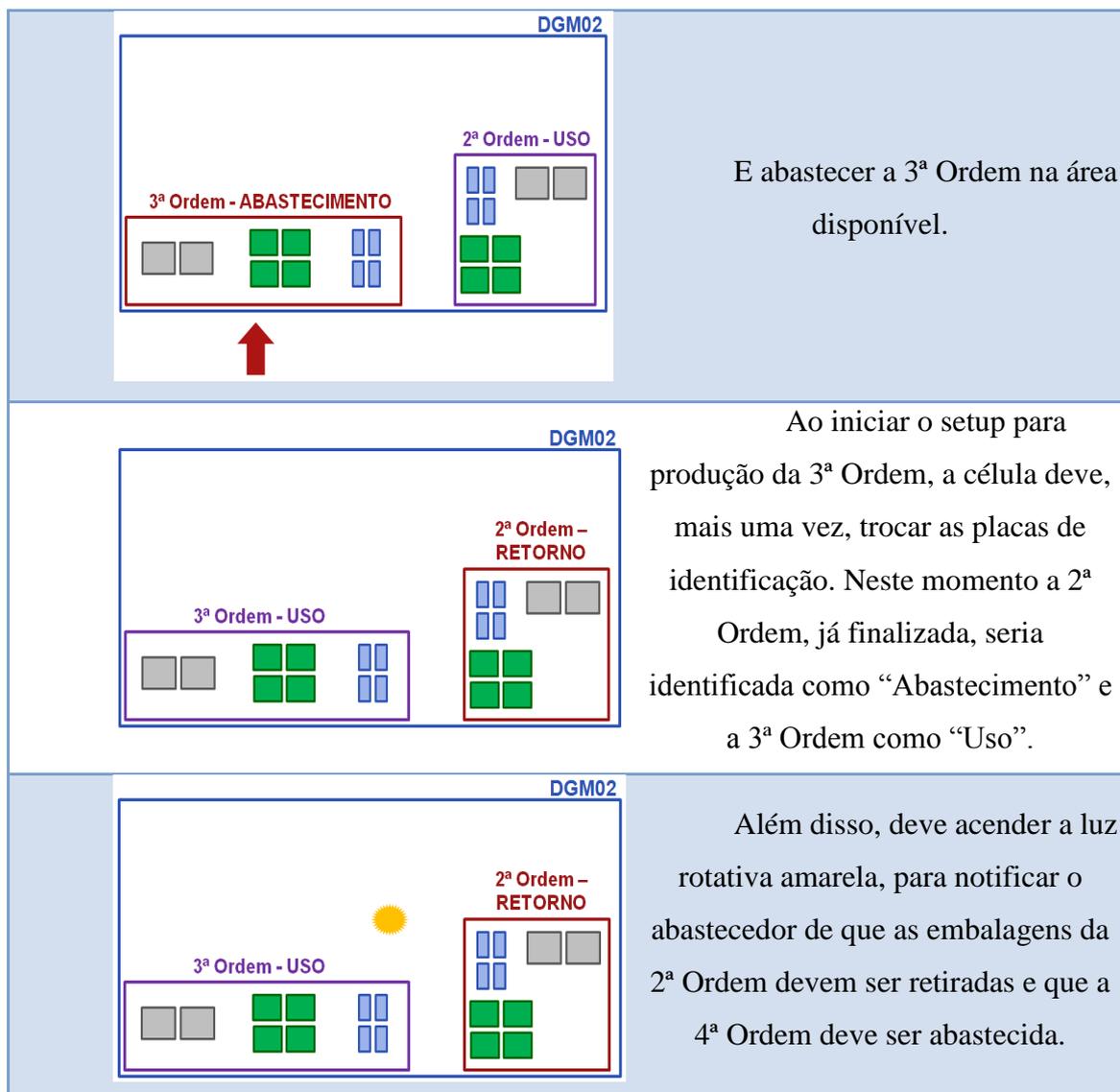
O abastecimento seguiria a sistemática apresentada na Tabela 36.

Tabela 36: Sistemática de abastecimento proposta.

Ilustração	Descrição
 <p>O diagrama mostra um retângulo principal rotulado 'DGM02' no canto superior direito. Dentro dele, há dois retângulos menores: um horizontalizado na parte inferior esquerda e um verticalizado na parte inferior direita. Ambos os retângulos menores possuem uma borda dupla, enquanto o retângulo principal tem uma borda simples.</p>	<p>Esta figura representa a DGM02 com as duas novas áreas demarcadas.</p> <p>Apenas para explicação da sistemática, suponha-se que, no início do turno, não exista nenhuma ordem abastecida.</p>







Fonte: ZF Sachs.

Por meio dos dados coletados, concluiu-se que, na situação mais crítica de abastecimento, sendo ela a do conjunto de disco 430WGTZ, se gasta, em média, 1 hora. Portanto, para garantir que o abastecedor tenha tempo de abastecer uma nova ordem sem fazer a célula parar por falta de componentes, é necessário avisá-lo com uma hora de antecedência. Desse modo, uma importante ressalva deve ser realizada.

As áreas demarcadas devem ser necessariamente abastecidas com os componentes suficientes para deixar a célula ocupada por, no mínimo, uma hora. Sendo assim, se uma ordem tiver o tempo de processamento menor do que uma hora, o abastecedor deve abastecer duas ordens na mesma área. Para tanto, o tempo de processamento deverá ser passado ao abastecedor por meio da ordem de produção que deverá conter essa informação.

Duas ordens poderão ainda ser abastecidas na mesma área quando possuírem, no máximo, três componentes diferentes. Para ambos os casos de abastecimento de duas ordens em uma mesma área, os componentes de uma das ordens devem ser identificados com cartões “Outra Ordem”. Ao adotar esta proposta e treinar tanto os operadores como os abastecedores, seria alcançada uma identificação mais clara das áreas e uma melhor visualização dos componentes em uso. Dessa maneira, além de melhorar a organização da célula, seria possível diminuir tanto o risco de montagens com componentes trocados como o tempo gasto com remanejamento de embalagens, tal como foi explicado no Anexo E.

Vale ressaltar que, devido à variedade de embalagens utilizadas na DGM02, as áreas seriam demarcadas apenas nas fronteiras externas e nos corredores de cada área, cabendo ao abastecedor acomodar os componentes da melhor maneira possível. Os corredores foram dimensionados para terem, no mínimo, 60 cm de largura, de modo a garantir o acesso dos operadores a todas as embalagens e ao painel elétrico.

#### **6.17.6.2 Sistema de comunicação**

Para o funcionamento da sistemática proposta foi necessária a implementação de um Sistema de Comunicação Célula e Abastecedor composto por:

- 1 - Duas luzes rotativas, uma amarela e outra vermelha (Figura 169) – A amarela tem a função de notificar o abastecedor de que uma nova ordem pode ser abastecida e a vermelha de notificar eventuais ocorrências, como a falta de componentes, cancelamento de alguma ordem ou mudança no sequenciamento das mesma.

Figura 169: Luzes Rotativas.

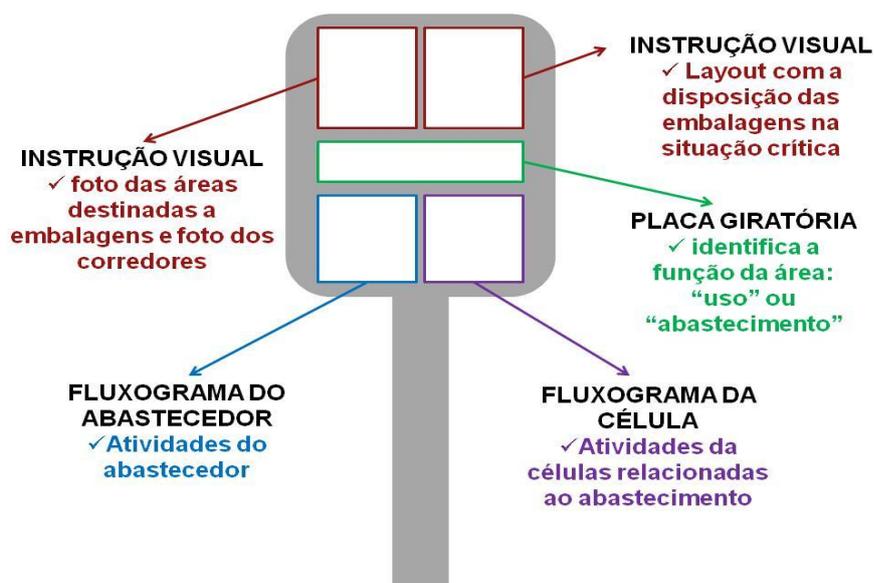


Fonte: ZF Sachs.

- 2 - Dois painéis, um em cada área demarcada, com uma placa giratória “Uso”/”Abastecimento” (Figura 170) – as instruções visuais para o abastecimento de cada área, foto e *layout* da disposição das embalagens da situação crítica, e os fluxogramas das atividades do abastecedor e dos operadores relacionadas ao Sistema de Abastecimento, serão apresentados a seguir.

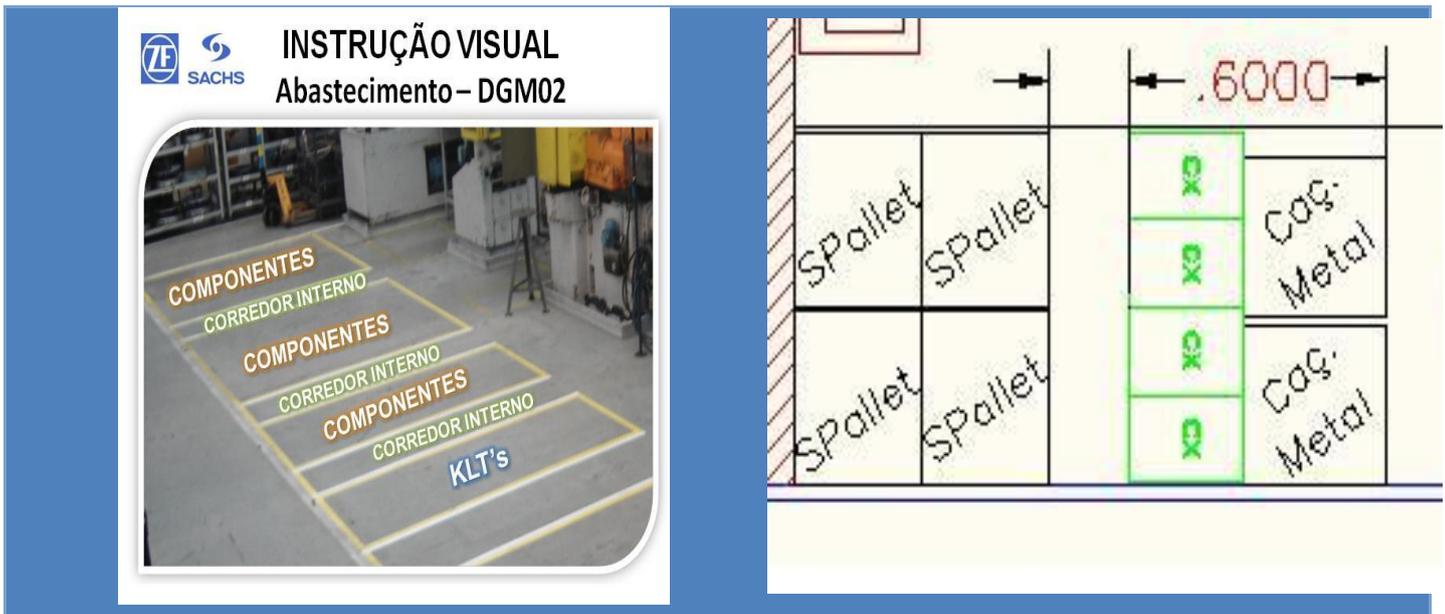
A Figura 171 mostra a instrução visual e o *layout* da disposição crítica da área à esquerda e a Figura 172 mostra a instrução visual e o *layout* da disposição crítica da área à direita. A Figura 173 mostra o fluxograma das atividades do abastecedor e das atividades da célula relacionadas ao abastecimento.

Figura 170: Painel.



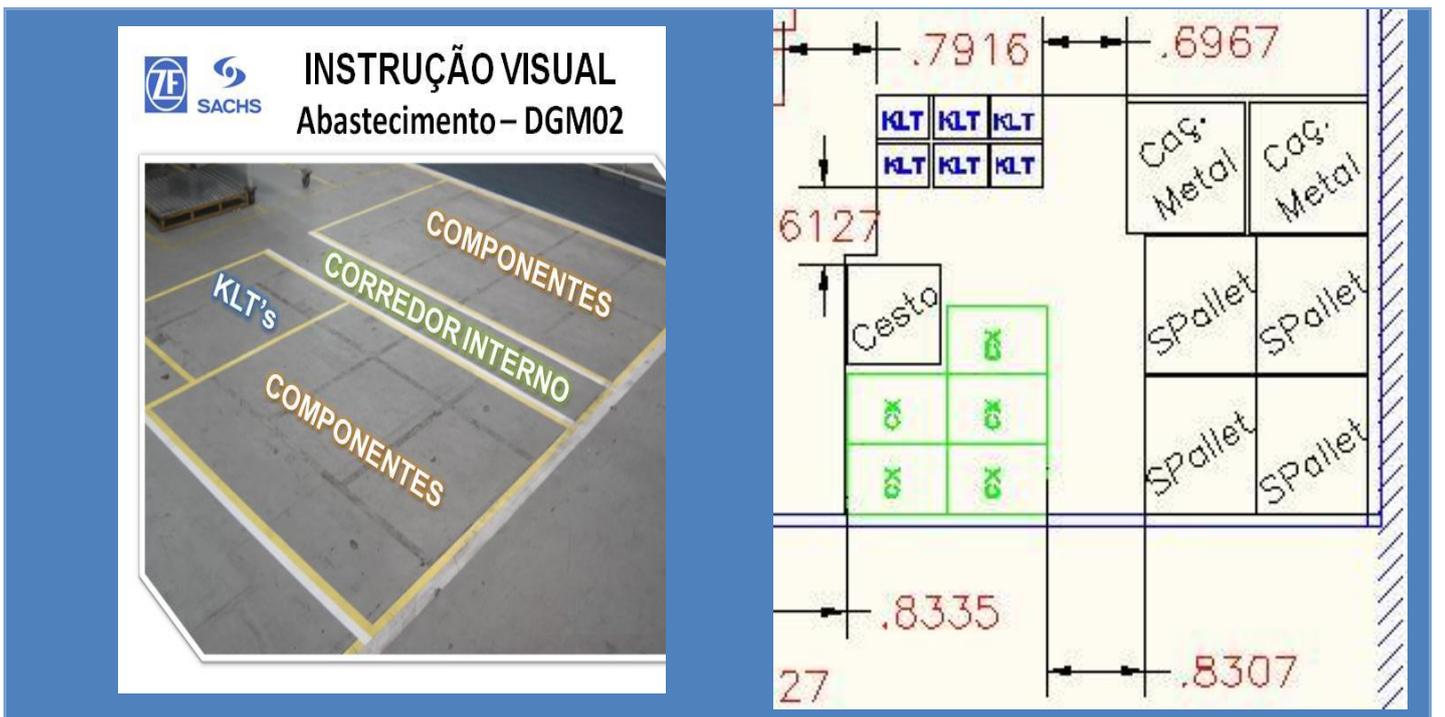
Fonte: ZF Sachs.

Figura 171: Instrução visual e layout da disposição crítica da área à esquerda.



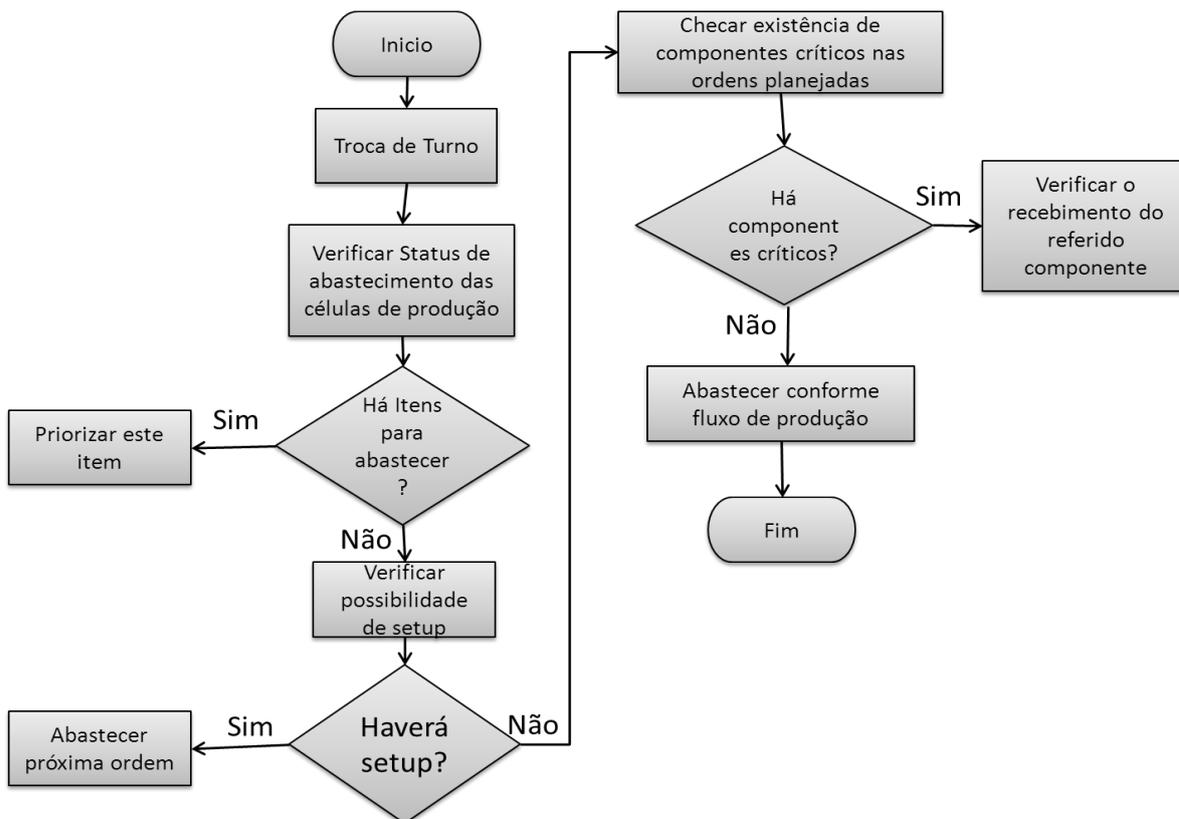
Fonte: ZF Sachs.

Figura 172: Instrução visual e layout da disposição crítica da área à direita.



Fonte: ZF Sachs.

Figura 173: Fluxograma das atividades do abastecedor e das atividades da célula relacionadas ao abastecimento.



Fonte: ZF Sachs.

A Figura 174 mostra o Cartão “Outra Ordem” utilizado.

- 1 - Ordens de produção em duas vias, uma para a célula e outra para o abastecedor, contendo o tempo de processamento estimado da mesma.
- 1 - Cartões “Outra Ordem” para identificação dos componentes quando duas ordens diferentes abastecidas são colocadas no mesmo local.

Figura 174: Cartão “Outra Ordem”.



Fonte: ZF Sachs.

### 6.17.6.3 Recursos

A mão de obra necessária para manter a DGM02 abastecida por um turno já foi dimensionada. Por meio da primeira coleta de dados, concluiu-se que, para o abastecimento dessa célula, seriam necessárias 3h01min44s por turno, o que corresponde aproximadamente a 45% do tempo do abastecedor. A seguir, será apresentada uma validação desses dados.

Para o transporte de embalagens grandes, decidiu-se manter as paleteiras elétricas já utilizadas. Para a manutenção da autonomia dos abastecedores, cada um deverá dispor de uma unidade desse recurso.

Para o transporte de KLT's, identificou-se a necessidade de um equipamento mais ergonômico e específico. Elaborou-se, portanto, a proposta de um carrinho com três prateleiras e espaço para 24 KLT's 4315 e 8 caixas plásticas 1002. Cada prateleira acomodaria 4 KLT's 4315, e na prateleira superior ficariam as 8 caixas 1002. Há ainda a possibilidade de se colocar 12 KLT's 6421 no local dimensionado para as 24 KLT's 4315.

A estrutura estará cercada por cantoneiras para garantir a movimentação segura do equipamento e reduzir as chances de queda de alguma embalagem. Na base, haverá espaços para o encaixe da paleteira elétrica, de modo a oferecer ao abastecedor maior conforto e

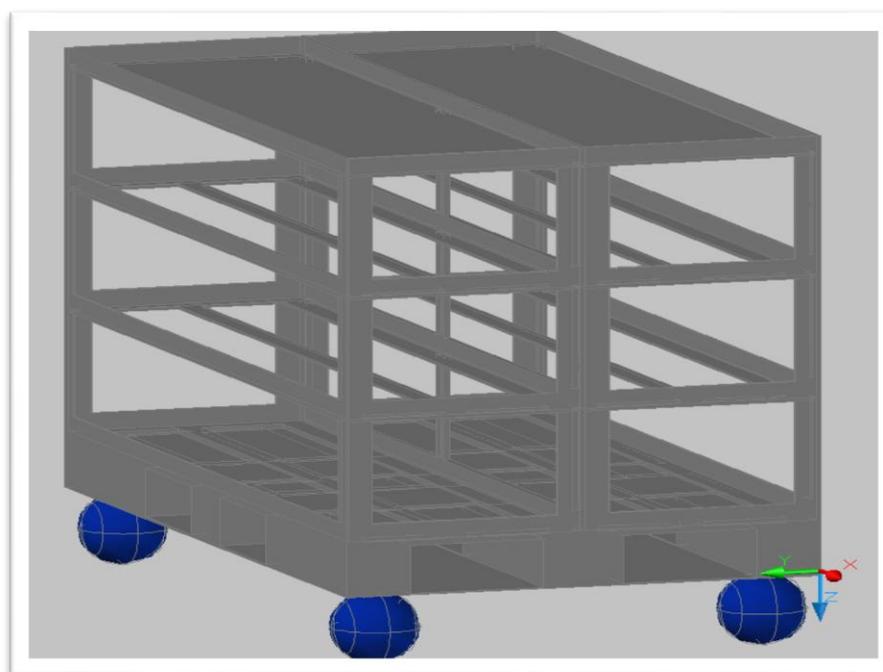
agilidade e eliminar a necessidade de se fazer duas viagens ao supermercado de KLT's para o abastecimento de componentes pequenos de uma ordem.

A paleteira, além de suportar o peso de todas as caixas necessárias para montagem de uma ordem de discos, reduz a força que o abastecedor tem de fazer para transportar as embalagens. Existirão, além do encaixe para paleteiras, rodas nas extremidades inferiores do equipamento para facilitar a movimentação dos componentes dentro da célula.

A adoção desse carrinho justifica-se tanto pela organização garantida à célula, por criar espaços específicos para armazenamento de KLT's e viabilizar o acesso coordenado a cada embalagem, quanto pela maior ergonomia apresentada ao eliminar a necessidade de se abaixar até o chão para pegar caixas e a necessidade de se empurrar um carrinho com um peso tão grande.

No abastecimento da DGM02, seriam necessários dois desses equipamentos, um para cada área atrás da célula. A Figura 175 mostra o equipamento para transporte e armazenamento de KLT's.

Figura 175: Equipamento para transporte e armazenamento de KLT's.



Fonte: ZF Sachs.

#### 6.17.6.4 Validação da proposta: simulação

Dados o objetivo das coletas, o método utilizado e as análises realizadas, os números foram coletados e mensurados, durante a simulação da proposta elaborada para a sistematização do processo de abastecimento. Acompanhou-se o abastecimento de três ordens de produção, sendo duas delas de discos 430GTZ e uma de 430WGTZ, seguindo o novo método proposto.

**Objetivo:** Validar os dados coletados antes da padronização do abastecimento; determinar o tempo necessário, utilizando a nova sistemática, para manter a DGM02 abastecida por um turno; e determinar a mão de obra necessária para tanto.

**Método:** Após a elaboração da proposta apresentada anteriormente, foi realizado um treinamento dos operadores da DGM02 e do seu abastecedor do turno da manhã para a realização de uma simulação do abastecimento seguindo a nova sistemática.

O processo de abastecimento de mais três ordens foi acompanhado e analisado. Tempos Improdutivos e dimensionamento da Mão de Obra.

**Dados:** A seguir, serão apresentados os dados relacionados aos tempos improdutivo e ao tempo de ocupação da célula para produção das ordens acompanhadas. Os dados completos referentes à nova coleta de tempos encontram-se na planilha específica do escopo do projeto do Sistema de Abastecimento específico para a Coleta e Análises de Tempos Simulação. A Tabela 37 mostra a descrição dos Tempos Improdutivos. A Tabela 38 mostra o Tempo de ocupação da célula para produção das ordens acompanhadas na Simulação.

Tabela 37: Descrição dos Tempos Improdutivos Simulação

**Análises Tempos Abastecimento  
Simulação**

<b>Tempos Improdutivos</b>		
<b>Intervalo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Local</b>
10/fev	Abastecimento Completo. Ordem 491862188107C7. Conjunto Disco 430GTZ. 42 peças. Ordem 491862188107A1. Conjunto Disco 430GTZ. 58 peças. Abastecedor: Paulinho	
0:01:00	Problema de qualidade do cubo.	Célula
0:00:48	Acomodar KLT's	Célula
0:00:27	Acomodar as KLT's.	Célula
0:02:15		
<b>Tempos Improdutivos</b>		
<b>Intervalo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Local</b>
10/fev	Abastecimento completo. Ordem 491878001485C1. Conjunto Disco 430WGTZ. 80 peças. Abastecedor: Paulinho	
0:01:18	Remanejar embalagens.	Célula
0:01:21	Acomodar KLT's	Célula
0:00:54	Acomodar KLT's.	Célula
0:03:33		

Fonte: ZF Sachs.

Tabela 38: Tempo de ocupação da célula para produção das ordens acompanhadas na Simulação.

**Dimensionamento da Mão-de-Obra  
Amostra - Simulação**

<b>Utilizando Históricos de Produção</b>			
<b>Ocupação da Célula</b>			
<b>Ordens Acompanhadas</b>	<b>Qtidade de Peças</b>	<b>Tipo</b>	<b>Histórico</b>
491862188107A1	102	430GTZ	01:40:00
491878001485C1	80	430WGTZ	01:30:00
<b>Total</b>	<b>182</b>		<b>03:10:00</b>

Fonte: ZF Sachs.

**Análise:** Após definir todos os tempos que ainda seriam improdutivos e somá-los, calculou-se a porcentagem que essa soma representava no tempo total de abastecimento. Concluiu-se, desse modo, que 6,3% do tempo de abastecimento ainda era considerado improdutivo. No entanto, ao se comparar esse resultado com o encontrado antes da sistematização do processo, observa-se uma redução dessa porcentagem. A Tabela 39 mostra a porcentagem dos tempos improdutivos.

Tabela 39: Porcentagem Tempos Improdutivos da Simulação

### **Conclusão Análise Tempos Simulação DGM02**

Tempo Total Abastecimento	1:32:02
Tempo Improdutivo Total	0:05:48
<b>Porcentagem Tempo Improdutivo sobre o Tempo Total Abastecimento</b>	<b>6.30</b>

Fonte: ZF Sachs.

Finalmente, determinou-se o tempo necessário para o abastecimento da DGM02 segundo a nova proposta para o processo. Para tanto, utilizou-se a seguinte relação: se, com 1h32min02s de abastecimento, a célula permaneceu ocupada por 3h10min, quanto tempo de abastecimento seria necessário para deixá-la ocupada por 6h40min durante 1 turno? A Tabela 40 mostra o Tempo de Abastecimento.

Tabela 40: Tempo Abastecimento Completo/Turno segundo a Simulação

<b>Tempo para Abastecimento Completo</b>	<b>Ocupação da Célula</b>
1:32:02	3:10:00
3:13:45	6:40:00

Fonte: ZF Sachs.

Esse tempo representa 48,44% do tempo disponível do abastecedor. Os dados apresentados acima, referentes a 3h13min45s para o abastecimento da DGM02, que representam 48,44% do tempo disponível do abastecedor, são muito semelhantes aos encontrados pela análise da primeira coleta, 3h01min44s, que corresponde a 45,43%. Essa congruência nos resultados das duas análises valida, portanto, a proposta.

### **6.17.7 Lições aprendidas**

#### **6.17.7.1 Plano de ação para DGM02**

A intenção deste plano de ação é deixar evidentes as pendências para que a implementação da proposta elaborada seja concluída.

Em um primeiro momento, para completar a padronização do Sistema de abastecimento da DGM02, deve-se adquirir alguns elementos já descritos na proposta:

- ✓ Dois painéis com as informações indicadas;
- ✓ Duas luzes rotativas (uma amarela e outra vermelha);
- ✓ Dois carrinhos como o do protótipo;
- ✓ Cartões “Outra Ordem” com os suportes adequados.

Paralelamente às aquisições, é necessário:

- ✓ Instituir a impressão de duas vias das ordens de produção: uma para a célula e outra para o abastecedor;
- ✓ Adicionar às ordens o seu tempo estimado de processamento;
- ✓ Treinar os operadores da DGM02 e abastecedores dos três turnos.

#### **6.17.7.2 Plano de ação para outras células de discos**

Nesta seção estão descritos os passos, em sequência, necessários para a padronização do Sistema de Abastecimento das outras células de disco com base no trabalho feito na célula DGM02:

- ✓ Definição de objetivos, justificativa, conteúdo da proposta e escopo.

Este passo é de extrema importância, pois alinha a equipe e direciona o andamento do projeto.

- ✓ Determinação de um planejamento incluindo cronograma, mesmo que no futuro sejam incluídas outras atividades.
- ✓ Estudo de caso para os projetos de abastecimento desenvolvidos nas linhas de platô e na célula de disco DGM02.
- ✓ Observação do processo para familiarização com o mesmo e identificação de particularidades e pontos de melhoria. A partir desses pontos, é possível criar metas qualitativas e quantitativas.
- ✓ Coleta de Dados.

Em um primeiro momento, é necessário cronometrar, pelo menos, os tempos de abastecimento das principais famílias produzidas na célula. Por exemplo, na DGM02 existem três grandes famílias: de 280 a 330, de 340 a 390 e de 395 a 430. Portanto, seria necessário cronometrar o tempo de abastecimento de um exemplar de cada uma dessas famílias.

É importante também que a amostra ilustre uma situação crítica dentro da família. Na DGM02, por exemplo, foi escolhida uma ordem de 430 WGTZ para representar a família 395-430, uma vez que este é um dos conjuntos de disco que mais possuem componentes.

O método utilizado foi o acompanhamento do abastecedor somado a diversas anotações detalhadas de suas tarefas, tais como abastecimento, recarregar as baterias e retornar embalagens.

- ✓ Análise da Coleta de Dados.

A primeira análise a ser feita é a de tempos improdutivos: selecionar as etapas que seriam dispensáveis na atividade de abastecimento, somar os tempos destas e calcular a porcentagem que essas perdas representam no processo total.

Na segunda análise, somar os tempos do abastecimento de componentes pequenos realizado por um operador, calcular o tempo gasto nessa atividade por turno, verificar quantas peças poderiam ser produzidas a mais com esse tempo e determinar o ganho financeiro equivalente. Foi nosso objetivo dividir o tempo do abastecimento interno pelo número de operadores, transformar esse novo tempo em número de peças através do tempo de ciclo com 85% de eficiência da cada uma delas e determinar o ganho financeiro por uma média de ganho por peça.

A última análise deve ser a das distâncias percorridas com a construção de diagramas de espaguete no *AutoCad*.

- ✓ Elaboração da proposta de sistematização do abastecimento, por meio da definição da essência do funcionamento desse processo. No caso da DGM02, por exemplo, foi decidido adotar áreas com funções dinâmicas.
- ✓ Análise do *layout* das áreas de abastecimento da célula de acordo com o funcionamento do processo. Nesta fase, deve-se determinar a melhor disposição das embalagens do lote ideal da ordem crítica, aquela cujos componentes vêm em embalagens que ocupam a maior área.
- ✓ Criação de uma instrução visual para auxiliar a compreensão da nova sistemática e da nova disposição de embalagens.
- ✓ Definição de um Sistema de Comunicação Célula e Abastecedor. Deve ser eficiente, visual e não dependente da subjetividade dos trabalhadores.
- ✓ Construção de fluxogramas da atividade do abastecedor e das atividades das células relacionadas ao abastecimento.
- ✓ Dimensionamento de mão de obra utilizando os cálculos apresentados nas seções anteriores.
- ✓ Adequação de equipamentos do abastecedor de acordo com as embalagens, levando-se em conta a praticidade, agilidade e ergonomia relacionada.
- ✓ Simulação da proposta com o objetivo de verificar a validade da mesma.

É importante que a nova amostra seja semelhante à anterior para que a comparação entre as duas seja mais coerente. Além disso, a simulação deve seguir ao máximo a proposta elaborada, ou seja, nela devem ser utilizados todos os elementos do Sistema de Comunicação, as demarcações das novas áreas propostas, os equipamentos, etc.

- ✓ Análise de Dados da Simulação

Devem ser feitas as mesmas análises anteriores para posterior comparação de resultados.

- ✓ Comparação de Resultados.

Esta comparação permite concluir se a proposta é válida ou não.

✓ Implementação da Proposta.

Caso os dados da simulação validem a proposta, devem ser adquiridos os equipamentos necessários para a implementação da nova sistemática e, além disso, deve haver o treinamento dos operadores e abastecedores.

Para garantir o embasamento e desenvolvimento da proposta é fundamental:

- ✓ Manter toda a documentação, dados, análises, fotos, organizada durante o projeto;
- ✓ Adaptar o Sistema de Abastecimento às particularidades de cada célula;
- ✓ Analisar, em todos os casos, a situação mais crítica, em que não há “folgas” para o dimensionamento de tudo o que for necessário. Não deixar, no entanto, de questionar a frequência e a probabilidade de que essa situação aconteça na realidade;
- ✓ Conciliar, após o estudo do abastecimento em todas as células de disco, todos os projetos de movimentação dentro da fábrica.

### **6.17.7.3 Conclusão do capítulo 6**

Inicialmente, determinou-se que seriam necessárias, em um turno, 3h01min44s para o abastecimento da DGM02, o que representa 45,43% do tempo disponível do abastecedor. O resultado encontrado, por meio da simulação foi muito semelhante: 3h13min 45s e 48,44%. Desse modo, pôde-se validar a proposta, uma vez que o tempo de abastecimento não aumentou. Além disso, existiram ganhos, principalmente em relação à organização e padronização do processo.

É importante lembrar que esse tempo ainda pode ser melhorado com o treinamento e acompanhamento dos funcionários. Outro ponto positivo foi a aprovação dos funcionários diretamente influenciados pelas mudanças da equipe envolvida no projeto.

Concluiu-se, portanto, que, apesar de não abranger todo o escopo inicial, o presente projeto mostra-se sólido e completo. Dessa maneira, pode servir como um modelo confiável para o desenvolvimento do Sistema de Abastecimento para as outras células de manufatura.

A Figura 176 mostra a comparação do antes e depois da padronização do abastecimento a partir do sistema de abastecimento proposto.

Figura 176: Comparação Antes e Depois da padronização do abastecimento.



Fonte: ZF Sachs.

#### 6.17.7.4. Considerações finais

Vale lembrar, por fim, que, para um funcionamento mais eficiente do Sistema de Abastecimento proposto para a DGM02, ou para outras células, existem outros pontos não pertencentes ao escopo do projeto que também deveriam ser trabalhados. A situação ideal seria caracterizada por:

- ✓ Cenários em que a sequência das ordens não muda ao longo do dia.

Nesta situação haveria a garantia de maior precisão ao abastecimento e a eliminação da necessidade de se substituir componentes já abastecidos por outros.

- ✓ Cenários em que não faltam componentes.

Atualmente, o turno de um abastecedor pode ser caracterizado por períodos de maior ociosidade e por períodos de sobrecarga devido à chegada de componentes críticos. Na situação ideal, a ocupação do abastecedor seria mais bem distribuída, evitando sua sobrecarga. Além disso, ele realizaria menos vezes o trajeto até o Recebimento.

- ✓ Menor variedade de embalagens para facilitar a otimização do espaço de armazenamento de componentes na célula.
- ✓ Integração dos Projetos de Movimentação e determinação clara de responsabilidades para reduzir os desperdícios nesses processos e garantir um fluxo contínuo de produtos à Expedição.
- ✓ O projeto teve embasamento em indicadores e foi considerado inovador para a empresa estudada, podendo servir como referência para outras empresas.

## 6.18 Conclusão do Trabalho

A compreensão dos princípios da Manufatura *Lean* com profundidade que o tema requer não é uma tarefa simples, e se torna complexa quando envolvemos um grupo maior de pessoas com hábitos e crenças quanto ao processo de gestão da produção enraizados em práticas convencionais ou na experiência profissional adquirida ao longo dos anos de trabalho na manufatura.

Essa fase de conscientização e compreensão do sistema é a base para adquirir o *know-how* do uso das técnicas, ferramentas e métodos, os quais são relativamente simples de aplicar quando as pessoas passam a compreender o “*sentido*” de o porquê mudar e por onde começar.

Esse processo requer tempo, disciplina e persistência, com resultados em médio prazo, tendo como consequência o aumento do desempenho e a redução das perdas do processo. Somente a partir da concepção do sistema, o fluxo de produção passa a ser contínuo de acordo com as particularidades dos processos de fabricação e dos produtos fabricados ou montados, o que permite dar início ao projeto e operação do sistema de abastecimento com foco nas células de manufatura. O projeto e operação do sistema de abastecimento para sistemas de manufatura *Lean*, de acordo com a literatura e a experiência do autor do presente trabalho, podem ser considerados como o segundo momento de todo esse processo, auxiliando no controle e na redução do estoque em processo (WIP – *Work in Process*).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULMALEK, F. A. and RAJGOPAL, J.; **Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study.** Int. J. Production Economics 107 (2007) 223–236.
- ADAMCZUK, G.; TRENTIN, M. SAURIN, T. **Análise de Manufatura Celular: Critério de Aderência,** ENEGEP 2007, XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Foz do Iguaçu. Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007. p. 04 – 10.
- AGARWAL, A., SHANKAR, R. and TIWARI, M. K.; **Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach.** European Journal of Operational Research 173 (2006) 211–225.
- BALLOU, R. H. **Logística Empresarial.** São Paulo, Ed. Atlas 2007.
- BARNES, R.M., **Estudo de Movimentos e Tempos.** São Paulo, Ed. Edgard Blucher. 6 Ed. 1982.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento.** São Paulo, Ed.: Saraiva 2003.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Brokman, 1998.
- BURBIDGE, J.L.: **The Introduction of Group Technology.** William Heinemann Ltd., London, 1975.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia a dia.** Rio de Janeiro: Bloch Editores SA, 1994.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- CHRISTOPHER, M. and TOWILL, D. R.; **Supply chain migration from lean and functional to agile and customized.** Supply Chain Management: An International Journal Volume 5. Number 4. 2000. pp. 206 – 213.
- COFFEY, D. and THORNLEY, C., **“Automation, motivation and lean production reconsidered”,** Assembly Automation, Vol. 26 No. 2, pp. 98-103. 2006.
- CONTADOR, J.C., **Modelo para aumentar a competitividade da indústria brasileira de manufatura.** Revista de Administração, São Paulo: USP, v. 29, n. 4, 1995.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- DALE, B.G. & RUSSELL, D.: **“Production Control Systems for Small Group Production”.** Omega, 11 (2), p. 175-185, 1983.

DAVENPORT, T.H., **Reengenharia de Processos**. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1994.

DOMINGO, R., ALVAREZ, R. CALVO, R. and PENÃ, M. M.; **Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study**. *Assembly Automation* 27/2 (2007) 141–147.

DOMINGO, R.; ALVARES, R.; Pena; M. M.; CALVO, R. **Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study**. *Assembly Automation*, Volume 27 · Number 2 · 2007 · 141–147.

FAVARIN, V. **Sistemática para Movimentação interna de Materiais como Suporte às Células de Montagem**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. 20 fls.

FERNANDES, F. C. F. & 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”. *Gestão & Produção*, v. 3, n. 2, p. 135-155, agosto de 1996.

FERNANDES, F.C.F. & GODINHO, M.F. **Planejamento e Controle da Produção dos Fundamentos ao Essencial**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

GALLAGHER, C.C. & KNIGHT, W.A.: **Group Technology Production Methods in Manufacture**. Ellis Horwood Ltd., Chichester (England), 1986.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. – **A Meta: um processo de melhoria continua**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

HARLAND, C., **Supply chain management: relationships, chains and networks**. *British Journal of Management*, 1996, 7, 63–80.

HARRIS, R.; HARRIS. C, WILSON, E. **Fazendo Fluir os Materiais**. São Paulo: Lean Intitute do Brasil, 2002.

HINES, P.& TAYLOR, D. **Guia para implementação da Manufatura Enxuta – “Lean Manufacturing”**. São Paulo: IMAM, 2000.

HORNBURG, S.; TUBINO, D. F.; LADEIRA, N. E.; THONERN, A.; RIFFEL, L. F. **A programação da produção puxada pelo cliente: estudo de caso na indústria têxtil**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

HYER, N. L. AND BROWN, K. A. “**The discipline of reall cells**”. *Journal of Operations*.

JOHANSSON, H. J. **Processos de negócios**. São Paulo: Pioneira, 1995.

JOHNSON, L.A. & MONTGOMERY, D.C.: **Operations Research in Production Planning, Scheduling and Inventory Control**. Wiley, New York, 1974.

JONES, D. T., HINES, P. and RICH, N.; **Lean logistics. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Vol. 27 No. 3/4, 1997, pp. 153-173.

KILIC, H. S. and DURMUSOGLU, M. B., **Design of kitting system in lean-based assembly, lines, Assembly Automation**, Vol. 32, 2012, Iss: 3 pp. 226 – 234.

KIYOHARA D.; ALMEIDA D. A. L. **Gerenciando o abastecimento de itens menores, via sistema Kanban em uma linha de montagem da Indústria Automobilística** – Estudo de caso e Recomendação de melhorias: análise de artigo publicado em periódicos acadêmicos em 2004. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, Itajubá, n.3 p. 1 – 14, 2004.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Brokman, 2005.

LU, J. C., YANG, T. and WANG, C.; **A lean pull system design analysed by value stream mapping and multiple criteria decision-making method under demand uncertainty**. International Journal of Computer Integrated Manufacturing. Vol. 24, No. 3, March 2011, 211–228.

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.

MARCONI, A. M.; LAKATOS, M. A. **Técnicas de Pesquisa**. 7. ed. Editora Atlas. 2008.

MASON-JONES, R., NAYLOR, B. and TOWILL, D.; **Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace**. Int. J. Prod. Res., 2000, Vol. 38, number 17, 4061-4070.

MONDEN, Y., **Produção sem estoques - Uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota**. São Paulo: IMAM, 1984.

MOURA, R. A. **Armazenagem: Do Recebimento à Expedição em Almoarifados ou Centros de Distribuição**. Volume 2. São Paulo: IMAM. 1997.

MOURA, R. A. **Kanban A Simplicidade do Controle da Produção**. São Paulo: IMAM. 1989.

MOURA, R. A. **Sistemas e técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais**. 7. ed. rev. – São Paulo: IMAM, 2010.

NAYLOR J.B.; NAIM, M.M.; BERRY, D. Legility: **Integrating the Lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain**. International Journal of Production Economics. Logistics Systems Dynamics Group, Department of Maritime Studies and International Transport, University of Wales Cardiw. Po Box 907. 1999, p. 107 – 118.

OHNO, Taichi. **O sistema Toyota de Produção**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Tradução Cristina Schumacher.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

OSTRENGA, M. R.; OZAN, T. R.; MCLLHATTAN, R. D. & HARWOOD, M.D. **Guia da Ernst & Young para Gestão Total dos Custos**, 1993.

PASSO, C. A.; FILHO, O. S. **Modelos analíticos para avaliação de sistemas flexíveis de manufatura.** *Revista Gestão da Produção*, São Carlos, São Paulo, 1994.

PAVNASKAR, S. J., GERSHENSON, J. K., JAMBEKAR, A. B, **Classification scheme for lean manufacturing tools**, *int. j. prod. res.*, 2003, vol. 41, no. 13, 3075–3090.

PIRES, S. **Gestão Estratégica da Produção.** 1ed. Piracicaba: Unimep., 1996.

REIS, P. M. G.; OEE System & Milk Run – **PCBA Bosch Security Systems Sistemas de Segurança S.A.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial. Universidade do Porto. 2006.

RENTES, A.F. **Lean production for enterprises with high variety of products. In: International conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing**, n.15. Bilbao. Proceedings... [S.l.:s.n.] v.1, p.334-339, 2005.

ROMANO, E., SANTILLO, L. C. and ZOPPOLI, P.; **Transformation of a production/assembly washing machine lines into a Lean Manufacturing System.** *WSEAS Transactions on SYSTEMS and Control*. Issue 2, Volume 4, February 2009.

ROTHER, M. SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: Lean Instituto do Brasil, 2003.

RUSSELL, R.S. AND TAYLOR, B.W., **Operations Management**, 2nd edn, 1999 (Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ).

SAKO, M., Price, Quality and Trust: **Inter-firm Relations in Britain and Japan**, 1992 (Cambridge University Press: Cambridge). Shingo and Ohno, (1992).

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, n 1, 2005 January, pp. 44 – 59.

SETHI, A.K. and SETHI, S.P., “**Flexibility in manufacturing: a survey**”, *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 2 No. 4, pp. 289-328. 1990.

SHAH, R. and WARD, P. (2003), “**Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance**”, *Journal of Operation Management*, Vol. 21 No. 2, pp. 129-49. 2003.

SHAW, M.J.: “**Dynamic Scheduling in Cellular Manufacturing Systems: A Framework for Networked Decision Making**”. *Journal of Manufacturing Systems*, 7 (2), p. 83-94, 1988.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção.** 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**, São Paulo ed. Atlas, 2010.

SPUR, G. & MERTINS, K.: “**Flexible Manufacturing Systems in Germany, Conditions and Development Trends**”. Proceedings of First International Conference on Flexible Manufacturing Systems, p. 37-47, 1982.

STRATON, R.; Warburton, R.D.H. **THE STRATEGIC INTEGRATION OF AGILE AND LEAN SUPPLY**, International Journal of Production Economics. School of Engineering Nottingham Trent University, Burton St. Nottingham. 2003, p. 183-198.

SUZAKI, K. **Novos Desafios da Manufatura: Técnica para melhoria contínua**. São Paulo: IMAM, 1996.

TARDIN, G. G.; LIMA, P. C. **O papel de um quadro de nivelamento de produção na produção puxada: um estudo de caso**. XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, São Paulo, São Paulo, 2000.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 17. Ed. – São Paulo: Cortez, 2009.

TOWILL, D.R., **Simplicity wins: twelve rules for designing effective supply chains**. Institute of Operations Management Control Journal, 1999, 25, 9–13.

VONDEREMBSE, M. A., UPPAL, M., HUANG, S. H. and DISMUKES, J. P.; **Designing supply chains: Towards theory development**. Int. J. Production Economics 100 (2006) 223–238.

WEE, H. M. and WU, S.; **Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company**. Supply Chain Management: An International Journal 14/5 (2009) 335–341.

WOMACK, J.P. and JONES, D.T., **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation**, Simon & Schuster, New York, NY. 1998.

WOMACK, J.P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 11. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ARN, E.A.: **Group Technology**. Springer-Verlag, New York, 1975.

DORMAM. S. S. L; PRESTON. U. **Production Systems Without MRP: A Lean time based design**. Omega, Int. J. Mgmi Sci. Vol. 22, n. 4. P. 349-360, 1994.

DREIKORN, M.J. **The Synergy of One**. Project Editor: Paul O' Mara. United States of America, 2004.

FIORIOILLI, C. J. **Simulação de sistemas de estoques em cadeia de abastecimento**, ENEGEP 2004, XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Florianópolis. Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004. p. 02 – 08.

FIORIOILLI, J. C.; FOGIATTO, F. S. **Otimização de sistemas hierárquicos de estoques**, ENEGEP 2002, XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Curitiba. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia, 2002. p. 01 – 09.

GIL, A. C. **Gestão de Pessoas** – Enfoque nos Papéis profissionais. São Paulo: Atlas, 2001.

LAMMING, R., **Beyond Partnership: Strategies for Innovation and Lean Supply**, 1993 (Prentice-Hall: NewYork).

LAMMING, R., JOHNSEN, T., ZHENG, J. AND HARLAND, C., **An initial classification of supply networks**. International Journal of Operations and Production Management, 2000, 20, 675–691.

LEMOS, A. M. G., **Aplicação do Sistema de Coordenação de Ordens de Produção PBC - Period Batch Control em uma célula de manufatura semirrepetitiva**. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário de Araraquara. Mestrado Profissional em Engenharia de Produção. 2011.

LEMOS, F. O., ANZANELLO, M. J., GUIMARÃES. L. B., WELTER. A. F.; ABECH, M. P. **Eliminação de perdas produtivas pela implantação de manufatura celular**. ENEGEP 2005. XXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Porto Alegre. Anais do XXV encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2005. p. 02 – 06.

LYON, A.; COLEMAN, J.; KEHOE, D.; CORONADO, A. **Performance Observation and Analysis of an information Re-engineered Supply Chain: A case study of an Automotive Firm**. At the University of Liverpool Management School, Chatham Building, Liverpool, UK. Vol. 104, number 8. 2004, p. 658-666.

MACBETH, D. AND FERGUSON, N., **Partnership Sourcing: An Integrated Supply Chain Approach**, 1994 (Pitman: London).

MAGALHÃES, L. S. **Abastecimento de estoques por Robô microcontrolado**. 2008. Análise de artigo publicado em periódicos em 2008. CONIC Anuário da Produção de iniciação Científica Discente. Valinhos, p. 01-11, 2008.

MARCHESINI M. M.; ALCÂNTARA R. L. **Sistema de medição de desempenho logístico: um estudo exploratório**. SIMPEP 2006, Bauru. Anais do XIII Encontro Simpep, 2006, p. 01 – 08.

MERCALDI, R. S., SOARES, H. F.; PEREIRA, N. A. **Análise de melhoria do abastecimento de matéria-prima em fabricas de lavadoras de roupas: um estudo de caso**. ENEGEP 2006. XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza. Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006. Páginas 01 - 09.

NASCIMENTO, J. B.; **Desenvolvimento de um Modelo para Implementação de um Sistema de Produção Lean**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial. Universidade do Porto. 2009.

RIGATTO, C. E.; VILLANOVA, G. R. **Experiência de implantação de conceitos de lean manufacturing em um almoxarifado fabril**. ENEGEP 2006, XXVI ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza. Anais do XXVI Encontro nacional de Engenharia de Produção 2006. P. 03 – 10.

SAURIN, T.; TORRES, M. **Reprojeto de lay out e implantação de um sistema puxado sequenciado em uma fábrica de ar-condicionado para ônibus**. ENEGEP 2006. XXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Fortaleza. Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2006. p. 03 – 08.

SILVA, A. L., GANGA. G.M.; JUNQUEIRA R. P. **Como determinar os sistemas de controle da produção a partir da lei de pareto**. ENEGEP 2004, XXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Florianópolis. Anais do XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007. 9. 04 – 08.

SILVA, A. L.; GANGA, M. G. **A importância da logística num ambiente de lean production**. Disponível em [www.hominiss.com.br](http://www.hominiss.com.br) acesso em 29/05/2010 as 16h00min horas.

SINHA, R.K. & HOLLIER, R.H.: **“A Review of Production Control Problems in Cellular Manufacture”**. Int. J. of Production Research, 22 (5), p. 773-789, 1984.

STALK, G. H. AND HOUT, T. M., **Competing Against Time :How Time Based Competition is Reshaping Global Markets**, 1990. (Free Press: New York).

TOWILL, D.R., FORRIDGE – **principles of good practice in material flow**. Production Planning & Control, 1997, 8, 622–632.

TOWILL, D.R., **Time compression and supply chain management– a guided tour**. Supply Chain Management, 1996, 1, 15–27.

VOSS. C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH. M. **Case Research in Operations Management. International Journal of Operations e Production Mangement.** Vol. 22, 2002.

WITTROCK, R.J.: “**Scheduling Algorithms for Flexible Flow Lines**”. IBM J. Res. Develop., 29 (4), p. 401-412, 1985.

YIN, K. ROBERT. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. BARNES, R. M. Estudo de movimentos e de tempos. São Paulo: Edgard Blücher, 6ª ed., 1982.

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

## **Matriz de Prioridade**

Figura A1 – Matriz de Prioridade.

<b>CÉLULA</b>	<b>Mix de Produtos</b>	<b>Mix de componentes</b>	<b>Tamanho médio de lote.</b>	<b>Capacidade média do contenedor</b>	<b>Volume de caixas por abastecimento</b>	<b>Consumo por hora de Caixas e cestos</b>	<b>Frequencia média de Set-up por turno</b>	<b>Frequencia de abastecimento</b>	<b>Total</b>
<b>PESO</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	
DGM02	2	5	4	3	4	4	5	5	<b>159</b>
DGM3-Lev	3	3	2	1	2	4	4	5	<b>119</b>
DGM3-Pes	2	3	2	1	2	4	4	5	<b>118</b>
DPM4	2	3	2	2	1	2	4	5	<b>108</b>
DPM3	1	2	2	3	4	5	2	2	<b>94</b>
PGUM5	3	4	2	4	3	1	2	2	<b>88</b>
PGUM6	3	4	2	4	3	1	2	2	<b>88</b>
PGUM3	4	3	2	4	3	1	2	2	<b>85</b>
DPM2	1	2	2	3	4	4	1	2	<b>84</b>
PPUM6	3	3	2	2	3	2	2	2	<b>83</b>
PPUM8	3	3	2	2	3	2	2	2	<b>83</b>
PGUM7	4	5	2	3	2	2	1	2	<b>81</b>
PPUM4	1	3	2	2	3	2	2	2	<b>81</b>
PPUM5	1	3	2	2	3	2	2	2	<b>81</b>
PPUM7	1	1	2	3	3	4	2	1	<b>73</b>

**LEGENDA**

<b>1</b>								<b>A FAVOR</b>
<b>5</b>								<b>CONTRA</b>

Fonte: ZF Sachs.

**ANEXO B**

**Padronização**

**Lista de Materiais**

Figura B1 – Lista de Materiais referência – Disco &amp; Platô. Padronização – Lista de Materiais.

DISCO			PLATÔ		
1	rebite da guarnição	1817104125	1	ANEL DE ARTICULACAO	003018074003
2	Guarnição	S188TT	2	ANEL DE DEBREAGEM	003403000010
3	Disco de Torção	1847784302	3	ANEL DE FIXACAO	003418043325
4	Pino Distanciador	9810175106	4	ANEL DE RETENCAO	001831000119
5	Anel de Atrito	1831335114	5	ANEL ONDULADO	001818102001
6	Anel Autocentrante	1831654800	6	ARRUELA	003431005025
7	Disco de Torção (PA)	1847035101	7	CARCACA	003032000381
8	Mola de Torção (PA)	1830977025	8	CHAPA LIMITADORA	009420008000
9	Mola de Torção (PA)	1830689325	9	CONJ. MANCAL KZISZ-5	343151000305
10	Disco Intermediário (PA)	9819279900	10	GRAMPO	003020000095
11	Anel de Atrito (Nano Peças)	1831575000	11	GRAXA CONF NS 9952003	001826109092
12	Disco de Retenção (PA)	1843086002	12	MOLA DE RETROCESSO	009030004000
13	Mola de Guarnição	1825000715	13	MOLA MEMBRANA	009027008000
14	Anel espaçador ondulado	1818000020	14	MOLA PRATO	001827000122
15	Cubo Niquelado	1829001876	15	PARAFUSO	009415003000
16	Anel de Atrito	1831509025	16	PINO ELASTICO 12x40	009410040100
17	Rebite	1817120091	17	PLACA DE PRESSÃO	009002009000
18	Flange	1829001875	18	REBITE	009017005000
19	Mola Prato	1827167303	19	REBITE 8X25	001817000001
20	Anel de Pressão	1831644226	20	REBITE COM CABEÇA PLANA 8X15,5	003417000005
21	Anel de Atrito	1831000008	21	REBITE DA MOLA MEMBRANA	009010001000
22	Mola de Torção	1825000752	22	REBITE DE BALANCEAMENTO 5,8X7,5	003010121025
23	Mola de Torção	1825000753	23	SJ ANEL DE DEBREAGEM	003475005125
24	Disco de Retenção	1843443225			

Fonte: ZF Sachs.





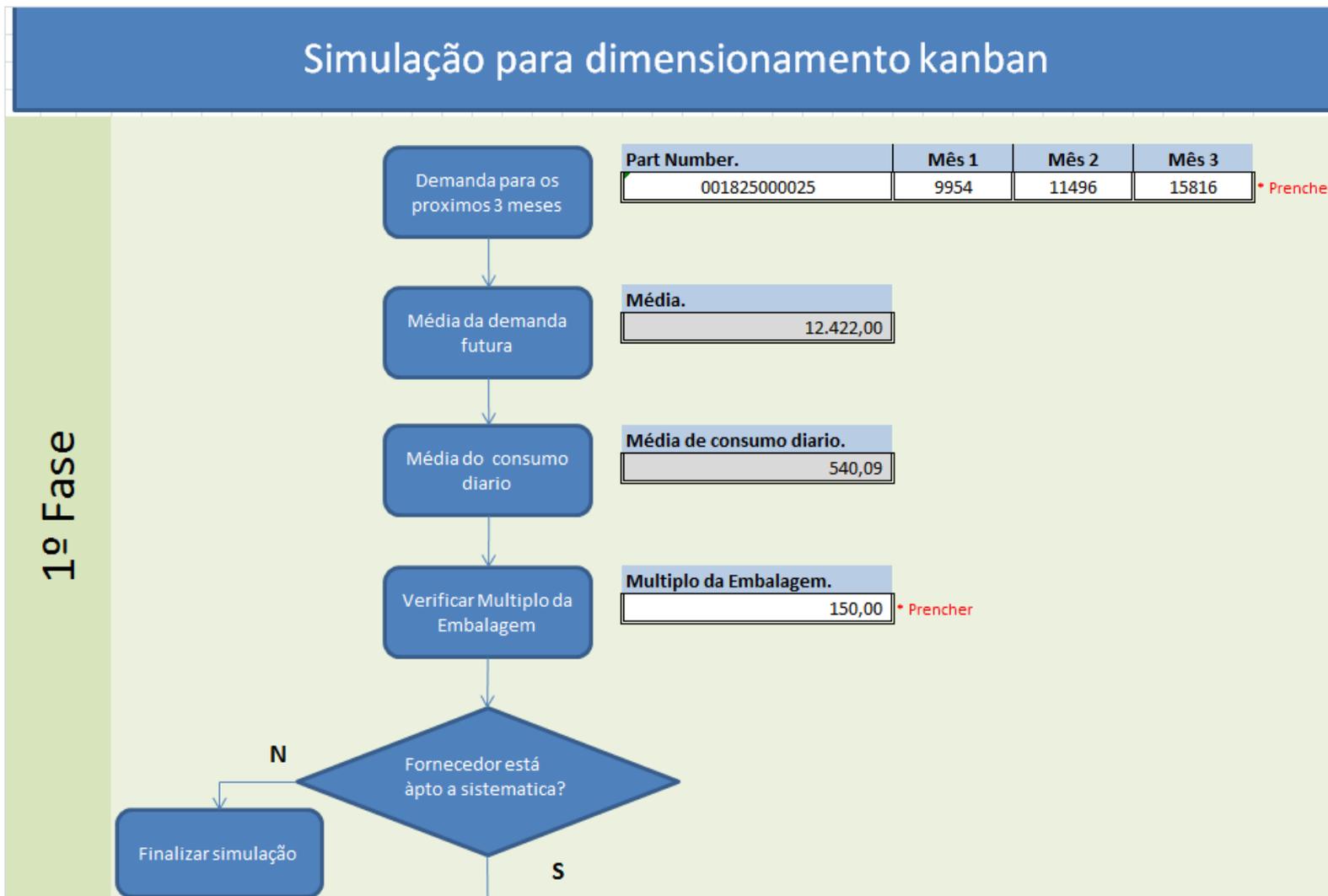


**ANEXO C**

**Dimensionamento**

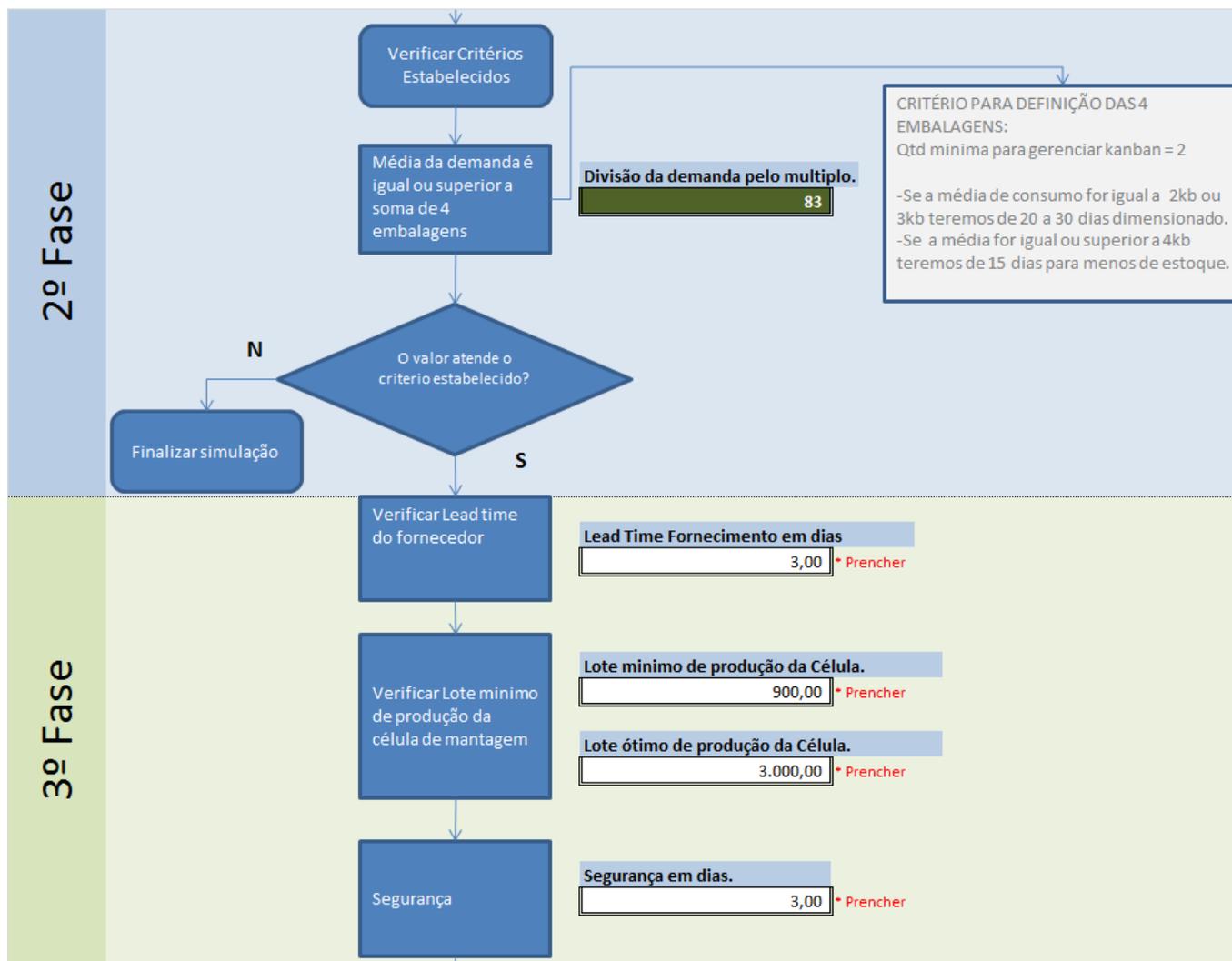
**Supermercado**

Figura C1 – Dimensionamento Supermercado.



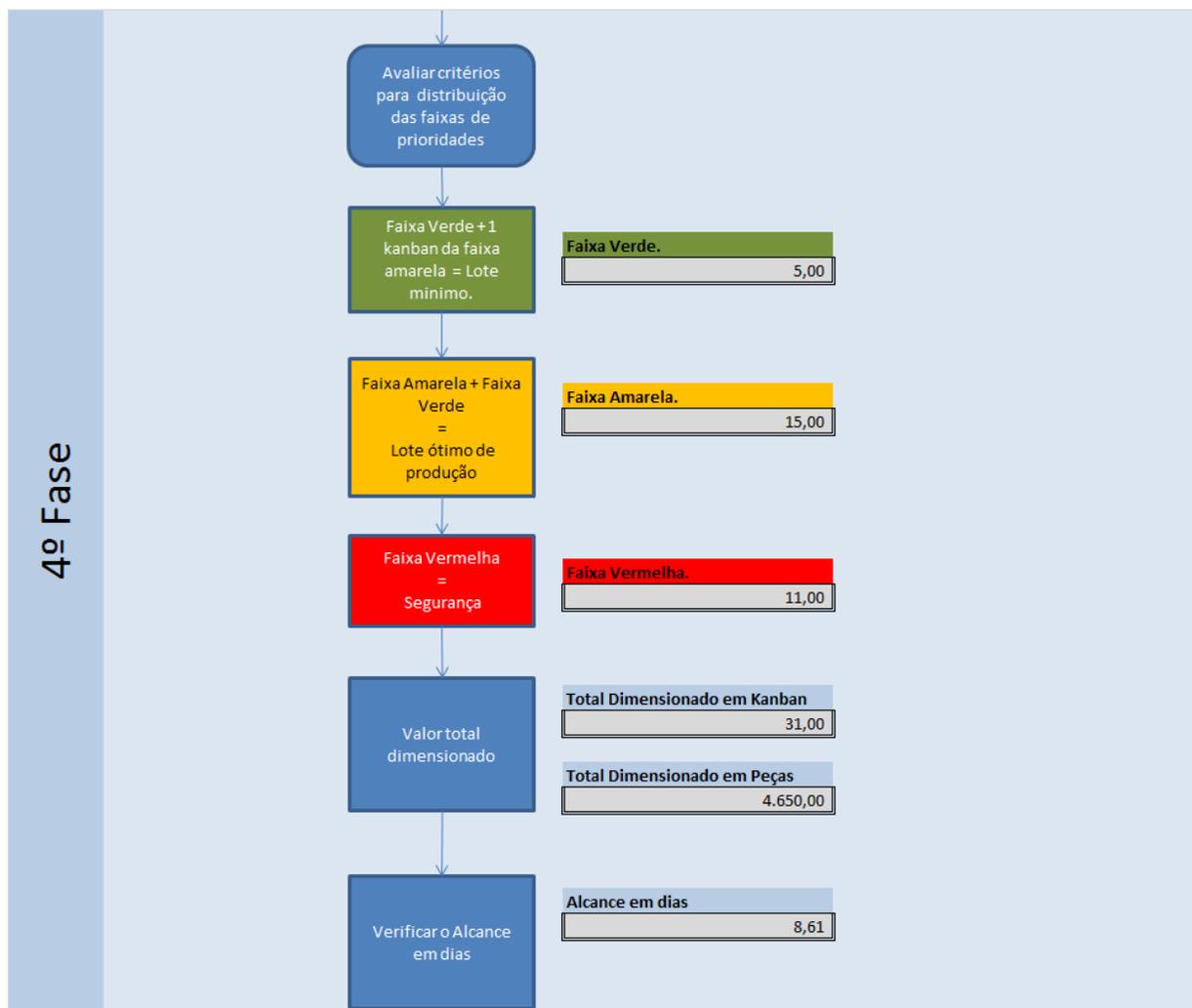
Fonte: ZF Sachs

Figura C2 – Dimensionamento Supermercado.



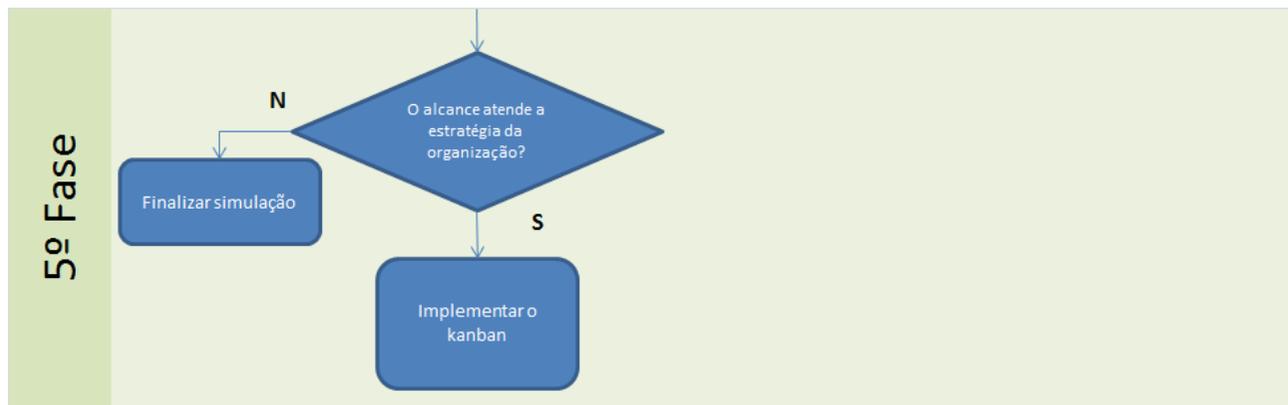
Fonte: ZF Sachs

Figura C3 – Dimensionamento Supermercado.



Fonte: ZF Sachs

Figura C4 – Dimensionamento Supermercado.



Fonte: ZF Sachs

Figura C5 – Dimensionamento Supermercado.

Exemplo da planilha de dimensionamento e redimensionamento utilizada atualmente																																							
Fornecedor	Dep.	Cód. Material	Texto Material	MP/Mes -3	MP/Mes -2	MP/Mes -1	MP/Média	Nec./300	Nec./600	Média Nec.	Entr./300	Entr./600	Média Entr	CE	LPE	Atual					Sugestão do Sistema					Sugestão ARA													
																DA/VM	DA/AM	DA/VE	Total Cart.	Total Dim.	Cons. Dia	Alcance	Estoque	Est.de Seg.	ND/VM	ND/AM	ND/VE	Total Cart.	Total Dim.	Cons. Dia	Alc. Dias	Est. de Seg.	Arredond.	Total KB	Total Dim.	Sugestão	Cons. Dia	Alc. Dias	LF
ASSOCIATED SPRING	4431	001830620125	MOLA DE TORCAO	1.032	2.528	680	1.413	4.976	2.320	3.648	1.500	3.150	2.325	150	150	10	0	0	10	1.500	110	14	2.026	0,000	2	2	0	4	600	6	0	0	6	6	900	770	110	8	4
ASSOCIATED SPRING	4431	001830905025	MOLA DE TORCAO	6.600	4.824	3.568	4.997	11.664	7.568	9.616	8.600	7.700	8.150	350	350	4	0	0	4	1.400	318	4	3.265	0,000	3	2	0	5	1.750	6	0	0	7	6	2.100	2.224	318	7	4
ASSOCIATED SPRING	4432	001830000002	MOLA DE TORCAO	257.466	253.438	258.578	256.494	455.878	434.962	445.420	380.800	464.000	422.400	8.000	8.000	9	0	0	9	72.000	15259	5	88.651	0,000	7	4	0	11	88.000	14	0	0	14	14	112.000	106.813	15.259	7	4
ASSOCIATED SPRING	4432	001830560025	MOLA DE TORCAO	680	4.204	812	1.899	9.000	2.824	5.912	6.400	2.800	4.600	200	200	8	0	0	8	1.600	170	9	1.768	0,000	4	3	0	7	1.400	7	0	0	7	7	1.400	1.358	170	8	5
ASSOCIATED SPRING	4432	001830797025	MOLA DE TORCAO	1.956	3.076	1.486	2.173	9.734	2.090	5.912	5.400	3.000	4.200	300	300	6	0	0	6	1.800	176	10	1.960	0,000	2	2	0	4	1.200	5	0	0	5	5	1.500	1.230	176	9	4
ASSOCIATED SPRING	4432	001830812025	MOLA DE TORCAO	1.956	3.076	1.486	2.173	9.734	2.090	5.912	5.700	2.700	4.200	300	300	6	0	0	6	1.800	176	10	1.673	0,000	2	2	0	5	1.500	5	0	0	5	5	1.500	1.406	176	9	5
ASSOCIATED SPRING	4432	001830813025	MOLA DE TORCAO	1.956	3.076	1.486	2.173	9.734	2.090	5.912	5.600	4.000	4.800	800	-	3	0	0	3	2.400	176	14	1.984	0,000	1	1	1	1	800	2	0	0	2	2	1.600	1.055	176	9	3
ASSOCIATED SPRING	4431	001825000026	MOLA DE TORCAO	22.518	20.882	15.574	19.658	27.812	30.714	29.263	22.400	28.800	25.600	400	-	14	0	0	14	5.600	1064	5	7.001	0,000	9	5	1	12	4.800	14	0	0	19	14	5.600	7.445	1.064	5	4
ASSOCIATED SPRING	4431	001825000076	MOLA DE TORCAO	34.347	30.783	27.768	30.966	32.151	34.848	33.500	24.000	36.000	30.000	2.400	-	5	0	0	5	12.000	1401	9	9.175	0,000	2	2	1	3	7.200	5	0	0	5	5	12.000	11.211	1.401	9	5
ASSOCIATED SPRING	4431	001825164025	MOLA DE TORCAO	2.298	5.346	1.884	3.176	4.908	3.588	4.248	1.400	5.800	3.600	200	-	5	0	0	5	1.000	161	6	1.342	0,000	3	2	1	5	1.000	6	0	0	6	6	1.200	1.130	161	7	4
ASSOCIATED SPRING	4431	001825180025	MOLA DE TORCAO	6.453	7.794	4.404	6.217	5.142	5.514	5.328	2.100	5.400	3.750	300	300	7	0	0	7	2.100	251	8	982	0,000	3	2	0	5	1.500	6	0	0	6	6	1.800	1.757	251	7	4
ASSOCIATED SPRING	4431	001825198025	MOLA DE TORCAO	4.200	2.892	2.898	3.330	6.708	7.170	6.939	5.100	1	2.551	1.200	1.200	2	0	0	2	2.400	223	11	2.216	0,000	1	1	0	2	2.400	2	0	0	2	2	2.400	1.563	223	11	4
ASSOCIATED SPRING	4431	001825199025	MOLA DE TORCAO	7.312	5.232	4.400	5.648	14.512	9.328	11.920	6.000	14.000	10.000	2.000	2.000	2	0	0	2	4.000	382	10	5.699	0,000	1	1	0	2	4.000	2	0	0	2	2	4.000	3.055	382	10	5
ASSOCIATED SPRING	4431	001825209025	MOLA DE TORCAO	11.204	10.708	7.238	9.717	14.888	14.594	14.741	14.000	12.000	13.000	2.000	2.000	2	0	0	2	4.000	532	8	3.370	0,000	1	1	0	2	4.000	2	0	0	2	2	4.000	3.722	532	8	4
ASSOCIATED SPRING	4431	001825216025	MOLA DE TORCAO	5.504	6.772	4.164	5.480	4.244	5.352	4.798	1	6.000	3.001	2.000	2.000	2	0	0	2	4.000	223	18	4.380	0,000	1	1	0	2	4.000	1	0	0	1	1	2.000	1.787	223	9	5
ASSOCIATED SPRING	4431	001825244525	MOLA DE TORCAO	16.575	15.669	16.374	16.206	24.519	24.849	24.684	19.200	24.000	21.600	2.400	-	2	0	0	2	4.800	889	5	6.245	0,000	1	2	1	2	4.800	3	0	0	3	3	7.200	7.111	889	8	5
ASSOCIATED SPRING	4431	009825179000	MOLA DE TORCAO	8.256	10.158	6.246	8.220	6.366	8.028	7.197	4.080	6.120	5.100	2.040	2.040	2	0	0	2	4.080	335	12	4.673	0,000	1	1	0	2	4.080	2	0	0	2	2	4.080	3.352	335	12	7
ASSOCIATED SPRING	4431	009825197000	MOLA DE TORCAO	4.200	2.892	2.898	3.330	6.708	7.170	6.939	7.280	5.200	6.240	1.040	1.040	2	0	0	2	2.080	223	9	994	0,000	1	2	0	3	3.120	2	0	0	3	2	2.080	2.232	223	9	7
ASSOCIATED SPRING	4431	009830049100	MOLA DE TORCAO	1.372	1.152	1.148	1.224	1.308	840	1.074	1	1	1	100	-	0	0	0	6	600	50	12	6.766	0,000	2	2	1	3	300	4	0	0	4	4	400	400	50	8	5
ASSOCIATED SPRING	4431	009830904000	MOLA DE TORCAO	6.600	4.824	3.568	4.997	11.664	7.568	9.616	7.840	6.272	7.056	1.568	1.568	-	0	0	2	3.136	318	10	5.156	0,000	1	1	0	3	4.704	2	0	0	3	2	3.136	3.177	318	10	7
ASSOCIATED SPRING	4432	009825254200	MOLA DE TORCAO	175.668	223.692	250.420	216.593	398.656	337.280	367.968	288.000	368.000	10.000	-	8	0	0	8	80.000	12708	6	41.603	0,000	5	3	1	8	80.000	11	0	0	11	11	110.000	101.663	12.708	9	5	
ASSOCIATED SPRING	4432	009825254300	MOLA DE TORCAO	119.716	135.184	151.406	135.435	242.886	221.352	232.119	201.500	176.000	188.750	16.000	-	3	0	0	3	48.000	7990	6	107.905	0,000	2	2	1	3	48.000	4	0	0	4	4	64.000	63.922	7.990	8	5
ASSOCIATED SPRING	4432	009830011000	MOLA DE TORCAO	42.916	24.068	20.860	29.281	52.936	72.080	62.508	43.200	64.800	54.000	7.200	7.200	3	0	0	3	21.600	1995	11	18.570	0,000	1	1	0	2	14.400	3	0	0	2	3	21.600	13.968	1.995	11	4
ASSOCIATED SPRING	4432	001825195025	MOLA DE TORCAO	1.352	118	16	495	5.072	1.480	3.276	3.300	1.500	2.400	300	300	3	0	0	3	900	82	11	1.976	0,000	1	1	0	3	900	3	0	0	2	3	900	574	82	11	4
ASSOCIATED SPRING	4432	001825227025	MOLA DE TORCAO	6.698	9.132	1.624	5.818	18.236	7.928	13.082	9.200	11.600	10.400	800	-	5	0	0	5	4.000	411	10	4.427	0,000	2	2	1	3	2.400	5	0	0	5	5	4.000	3.287	411	10	5
ASSOCIATED SPRING	4432	001830689325	MOLA DE TORCAO	139.260	123.458	120.474	127.731	90.286	103.240	96.763	54.000	36.000	45.000	6.000	6.000	8	0	0	8	48.000	4880	10	83.892	0,000	3	2	0	5	30.000	6	0	0	6	6	36.000	34.162	4.880	7	4
ASSOCIATED SPRING	4432	009830012000	MOLA DE TORCAO	3.906	4.990	3.096	3.864	4.920	6.282	5.601	4.900	4.900	4.900	350	350	6	0	0	6	2.100	206	10	1.168	0,000	2	2	0	4	1.400	5	0	0	5	5	1.750	1.646	206	9	5
ASSOCIATED SPRING	4432	009830030000	MOLA DE TORCAO	2.168	1.172	724	1.355	5.768	2.960	4.364	3.000	2.500	2.750	500	500	3	0	0	3	1.500	124	12	2.760	0,000	1	1	0	2	1.000	3	0	0	2	3	1.500	870	124	12	4
ASSOCIATED SPRING	4432	009830065000	MOLA DE TORCAO	3.697	3.163	1.494	2.785	5.984	5.300	5.642	3.000	4.800	3.900	600	-	6	0	0	6	3.600	183	20	3.693	0,000	1	2	1	2	1.200	3	0	0	3	3	1.800	1.466	183	10	5
ASSOCIATED SPRING	4432	009830121000	MOLA DE TORCAO	11.210	9.590	8.640	9.813	12.790	16.250	14.520	9.100	13.300	11.200	700	-	12	0	0	12	8.400	529	16	6.967	0,000	3	2	1	4	2.800	7	0	0	7	7	4.900	4.232	529	9	5
ASSOCIATED SPRING	4432	009830128001	MOLA DE TORCAO	23.112	12.736	11.008	15.619	27.022	38.110	32.566	23.000	36.00																											

# ANEXO D

## Mapa do Fluxo de Valor

### Família 430 WGTZ

Figura D1 – Mapa do Fluxo de Valor Família 430 WGTZ. Mapa Atual.



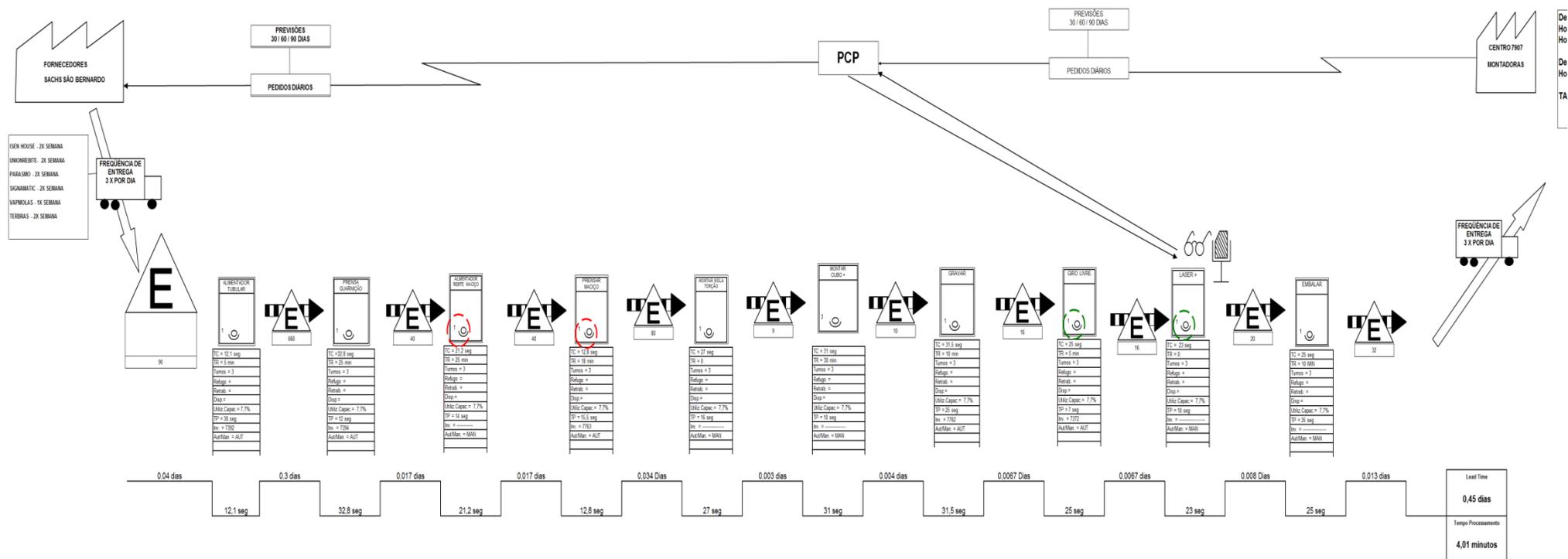
Mapeamento do Fluxo de Valor

Estado Atual     Estado Futuro

Família de Produto: 491878001485C1\_430\_WGTZ

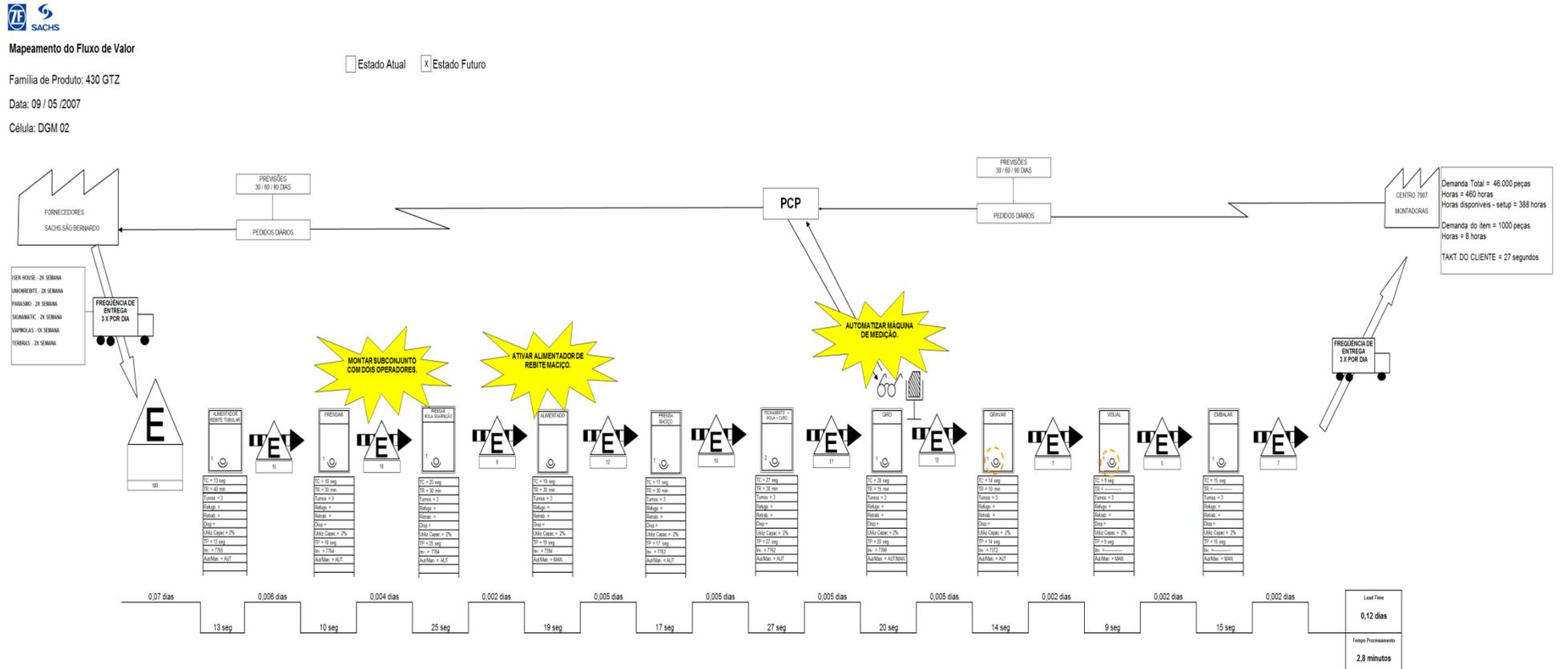
Data: 11/06/2010

CÉLULA: DGM 02



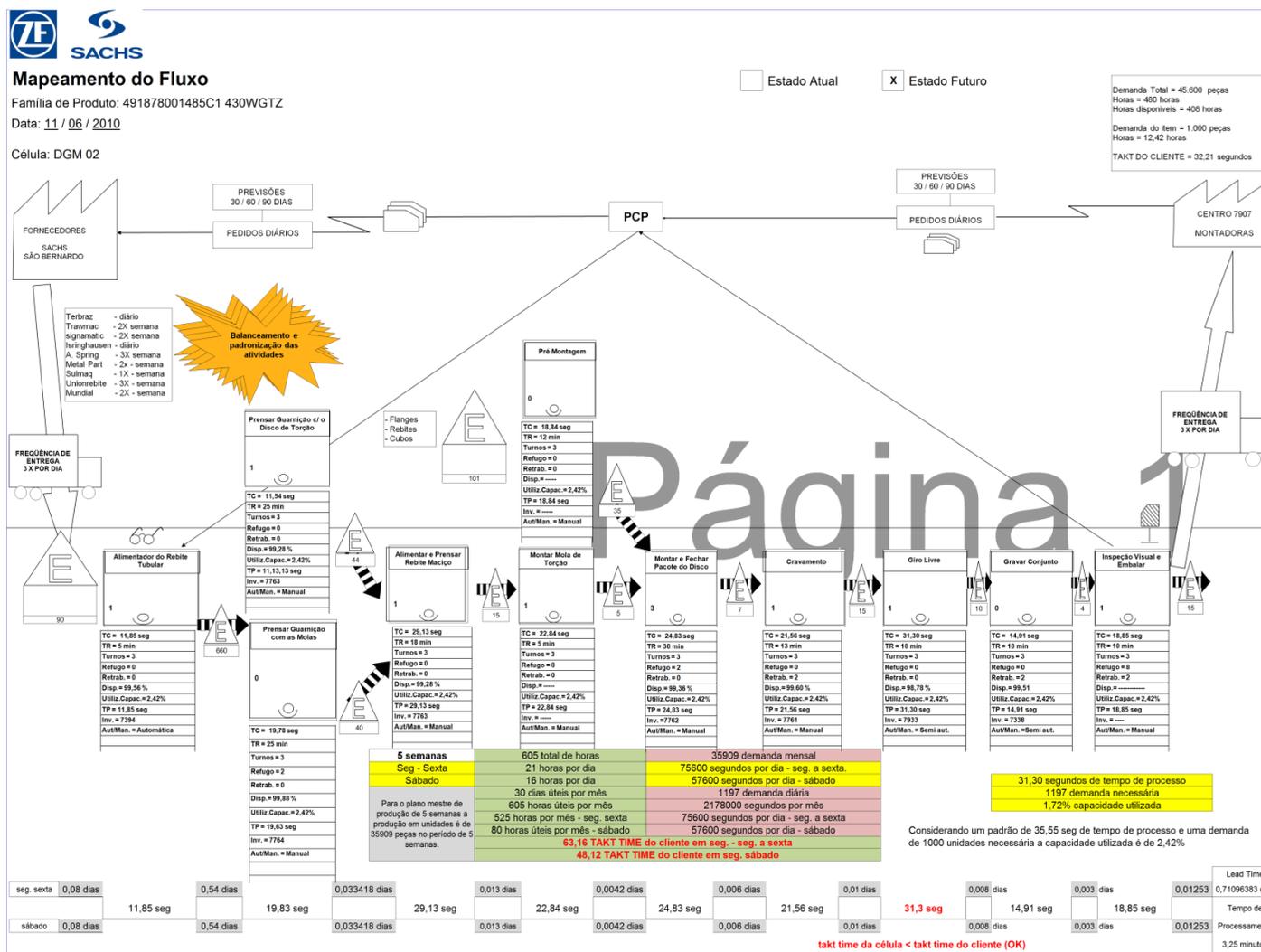
Fonte: ZF Sachs.

Figura D2 – Mapa do Fluxo de Valor Família 430 GTZ. Mapa Futuro.



Fonte: ZF Sachs.

Figura D3 – Mapa do Fluxo de Valor Família 430 WGTZ. Mapa Futuro.



Fonte: ZF Sachs.

## **ANEXO E**

# ***Layout* – Armazenamento das Embalagens**



Figura E2 – Localização das Embalagens.



Fonte: ZF Sachs.