

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

Darlei Rodrigo Ditz

**CONTRIBUIÇÕES PARA O PROJETO DE *LAYOUT* FABRIL ORIENTADO AO FLUXO EM
UM AMBIENTE DE MANUFATURA ENXUTA**

Florianópolis, Dezembro de 2010

Darlei Rodrigo Ditz

Contribuições para o Projeto de *Layout* Fabril Orientado ao Fluxo em um Ambiente de Manufatura Enxuta

Dissertação/Tese submetido(a) ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Mecânica
Orientador: Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D.

**Florianópolis,
2010**

D617c Ditz, Darlei Rodrigo
Contribuições para o projeto de layout fabril orientado
ao fluxo em um ambiente de manufatura enxuta [dissertação] /
Darlei Rodrigo Ditz ; orientador, Abelardo Alves de Queiroz. -
Florianópolis, SC, 2010.
74 p.: il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia mecânica. 2. Layout. 3. Manufatura enxuta.
4. Fluxo. I. Queiroz, Abelardo Alves de. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica. III. Título.

CDU 621

Darlei Rodrigo Ditz

**CONTRIBUIÇÕES PARA O PROJETO DE *LAYOUT* FABRIL ORIENTADO AO FLUXO EM
UM AMBIENTE DE MANUFATURA ENXUTA**

Esta tese ou dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D. - Orientador

Prof. Eduardo Alberto Fancello, D. Sc. - Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Prof. Lourival Boehs, Dr. Eng - Presidente

Prof. Carlos Fernando Martins, Dr. Eng. (Senai/CTAI)

Prof. Fernando Antonio Forcellini, Dr. Eng. (EPS)

“Quando se tem muito tempo para começar um trabalho, o primeiro esforço é mínimo. Quando o tempo se reduz a zero, o esforço beira as raias do infinito. Se não existissem os últimos minutos, nada nesse mundo seria realizado”.

Murphy

Aos meus pais, Adelar e Lenir, com muito amor e carinho...

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Adelar Luiz Ditz e Lenir Juliani Ditz por não medirem esforços para que eu tivesse uma vida digna e sempre acreditem em mim.

Aos meus irmãos pelos conselhos e por sempre me apoiarem.

A minha namorada Larissa Canali que nesses 3 anos mesmo distante sempre esteve presente para ouvir meus desabafos, me dando forças para que eu chegasse até aqui e pela compreensão.

Ao meu orientador Abelardo Alves de Queiroz pelas discussões, aprendizados e paciência que foram essenciais para que este trabalho pudesse ser desenvolvido.

Aos meus colegas de GETEQ, Jonathas, Luciano, Carlos, Fausto, Vanessa, Cintia, Lisiane e Juliana, companheiros dentro e fora da UFSC e que me possibilitaram muitas aprendizagens.

Aos colegas da empresa, em especial ao Ademir Silva que através das tantas discussões me deu idéias essenciais para a elaboração do trabalho.

Aos amigos de residência Douglas, Juliano, Hellinton, Alcides, Raphael e João Paulo.

Ao POSMEC pela oportunidade de fazer o mestrado e a CAPES pelo financiamento.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho o meu sincero obrigado.

SUMÁRIO

| | |
|---|-------------|
| LISTA DE FIGURAS..... | xi |
| LISTA DE TABELAS | xii |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | xiii |
| RESUMO..... | xiv |
| ABSTRACT | xv |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA..... | 1 |
| 1.2 QUESTÃO DA PESQUISA | 2 |
| 1.3 OBJETIVOS | 2 |
| 1.3.1 Objetivo Geral..... | 2 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 2 |
| 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA | 2 |
| 1.5.1 Classificação da Pesquisa..... | 3 |
| 1.5.2 O Processo da Pesquisa..... | 3 |
| 1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... | 3 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| 2.1 A MANUFATURA ENXUTA | 5 |
| 2.1.1 Os Princípios da Manufatura Enxuta..... | 6 |
| 2.1.2 Práticas e Ferramentas da Manufatura Enxuta | 7 |
| 2.3 TIPOS DE <i>LAYOUT</i> | 9 |
| 2.3.1 <i>Layout</i> Funcional (<i>Job Shop</i>)..... | 9 |
| 2.3.2 <i>Layout</i> em Linha (<i>Flow Shop</i>)..... | 10 |
| 2.3.3 <i>Layout</i> de Posição Fixa (<i>Project Shop</i>) | 11 |
| 2.3.4 <i>Layout</i> Celular..... | 11 |
| 2.3.5 A Questão Volume-Variedade e o Tipo de <i>Layout</i> | 12 |
| 2.4 NOVA GERAÇÃO DE <i>LAYOUTS</i> | 13 |
| 2.4.1 <i>Layouts</i> Distribuídos | 13 |
| 2.4.2 <i>Layouts</i> Modulares | 14 |
| 2.4.3 <i>Layouts</i> Reconfiguráveis | 14 |
| 2.4.4 <i>Layouts</i> Ágeis..... | 15 |
| 2.5 O PROJETO DO <i>LAYOUT</i> | 15 |
| 2.6 O <i>LAYOUT</i> E O FLUXO..... | 16 |
| 2.6.1 Os Três Fluxos | 17 |
| 2.6.2 O Fluxo de Materiais..... | 18 |
| 2.6.3 O Fluxo de Informações..... | 18 |
| 2.8 GESTÃO DE PROJETOS | 19 |
| 2.8.2 Definição..... | 19 |
| 2.8.1 O Planejamento do Projeto..... | 19 |
| 2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO 2 | 20 |
| 3 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA | 21 |
| 3.1 ESTRUTURA DA ABORDAGEM | 22 |
| 3.2 FASE 1 - PLANEJAMENTO DO PROJETO | 23 |
| 3.2.1 Atividade 1 - Definições Iniciais do Projeto | 24 |
| 3.2.2 Atividade 2 - Definir o Líder do Projeto | 24 |
| 3.2.3 Atividade 3 - Formar a Equipe do Projeto..... | 25 |
| 3.2.4 Atividade 4 - Definir Objetivos e Indicadores do Projeto | 25 |
| 3.2.5 Atividade 5 - Definir Premissas e Restrições | 26 |
| 3.2.6 Atividade 6 – Detalhar as Atividades do Projeto..... | 26 |
| 3.3 FASE 2 – O ESTADO ATUAL | 27 |
| 3.3.1 Atividade 1 – Mapear o Fluxo de Valor Porta-a-Porta..... | 27 |
| 3.3.2 Atividade 2 – Desenhar o <i>Layout</i> Macro..... | 27 |
| 3.3.3 Atividade 3 – Desenhar o <i>Layout</i> Micro | 28 |
| 3.3.4 Atividade 4 – Desenhar o Fluxo do Produto | 29 |
| 3.3.5 Atividade 5 – Levantar Dados Complementares | 29 |
| 3.4 FASE 3 – O ESTADO FUTURO | 30 |
| 3.4.1 Atividade 1 – Análise da Demanda Futura para os Produtos Afetados pelo Projeto..... | 31 |
| 3.4.2 Atividade 2 – Definir a Concepção das Linhas | 32 |
| 3.4.3 Atividade 3 – O Mapeamento do Fluxo de Valor – Estado Futuro | 32 |
| 3.4.4 Atividade 4 – Elaborar o <i>Layout</i> Macro..... | 32 |
| 3.4.5 Atividade 5 – Analisar o Fluxo do Produto..... | 34 |
| 3.4.6 Atividade 6 – Elaborar o <i>Layout</i> Micro..... | 35 |
| 3.4.7 Atividade 7 – Projetar a Logística Interna de Abastecimento e Retirada de Peças | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5 FASE 4 – A IMPLANTAÇÃO | 36 |
| 3.5.1 Atividade 1 – Definir o Plano de Implantação | 36 |
| 3.5.2 Atividade 2 – Movimentar as Máquinas e Estações | 37 |
| 3.5.3 Atividade 3 – Finalizar a Implantação..... | 37 |
| 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO 3 | 38 |
| 4 APLICAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA..... | 39 |
| 4.1 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO..... | 39 |
| 4.1.1 Atividade 1 – Definições Iniciais do Projeto..... | 39 |
| 4.1.2 Atividade 2 - Definir o Líder do Projeto | 40 |
| 4.1.3 Atividade 3 – Montar Equipe do Projeto..... | 40 |
| 4.1.4 Atividade 4 – Definir Objetivos e Indicadores | 40 |
| 4.1.5 Atividade 5 – Definir Premissas e Restrições | 40 |
| 4.1.6 Atividade 6 – Detalhar as Atividades do Projeto..... | 41 |
| 4.2 FASE 2 – O ESTADO ATUAL | 41 |
| 4.2.1 Atividade 1 – Mapear o Fluxo de Valor Porta-a-Porta..... | 41 |
| 4.2.2 Atividade 2 – Desenhar o <i>layout</i> Macro..... | 41 |
| 4.2.3 Atividade 3 – Desenhar o <i>Layout</i> Micro | 42 |
| 4.2.4 Atividade 4 – Desenhar o Fluxo do Produto | 42 |
| 4.2.5 Atividade 5 – Levantar Dados Complementares | 43 |
| 4.3 FASE 3 – O ESTADO FUTURO | 43 |
| 4.3.1 Atividade 1 – Análise da Demanda Futura para os Produtos Afetados pelo Projeto..... | 44 |
| 4.3.2 Atividade 2 – Definir a Concepção das Linhas | 46 |
| 4.3.3 Atividade 3 – O Mapeamento do Fluxo de Valor – Estado Futuro | 47 |
| 4.3.4 Atividade 4 – Elaborar o <i>Layout</i> Macro..... | 49 |
| 4.3.5 Atividade 5 – Analisar o Fluxo do Produto..... | 52 |
| 4.3.6 Atividade 6 – Elaborar o <i>Layout</i> Micro..... | 52 |
| 4.3.7 Atividade 7 – Projetar a Logística Interna de Abastecimento e Retirada de Peças | 54 |
| 4.4 FASE 4 – A IMPLANTAÇÃO..... | 55 |
| 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A APLICAÇÃO DA ABORDAGEM | 55 |
| 4.5.1 Estratégia Adotada e Problemas Encontrados | 55 |
| 4.5.2 Resultados Obtidos..... | 56 |
| 4.5.3 Próximos Passos..... | 57 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 58 |
| 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 59 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 60 |
| APÊNDICES..... | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – “Casa” do Sistema Toyota de Produção | 6 |
| Figura 2.2 – Exemplo de um <i>layout</i> funcional..... | 10 |
| Figura 2.3 – Exemplo de um <i>layout</i> em linha | 11 |
| Figura 2.4 - <i>Layout</i> celular..... | 12 |
| Figura 2.5 – Influência Volume-Variedade no tipo de <i>layout</i> | 13 |
| Figura 2.6 – <i>Layouts</i> com diferentes graus de distribuição..... | 14 |
| Figura 2.7 – Exemplos de <i>Layouts</i> Modulares..... | 15 |
| Figura 2.8 - WBS para a construção de uma casa..... | 20 |
| Figura 3.1 - Exemplo de mini-fabrica de produção | 22 |
| Figura 3.2 - Caixa que compõe o mapeamento de cada atividade | 23 |
| Figura 3.3 - Sequência de fases que compõe a abordagem..... | 23 |
| Figura 3.4 - Sequência de atividades para o planejamento do projeto | 26 |
| Figura 3.5 - Exemplo de Diagrama de Blocos | 28 |
| Figura 3.6 - Exemplo de Diagrama de Bolhas | 28 |
| Figura 3.7 - Exemplo de <i>Layout</i> Micro..... | 29 |
| Figura 3.8 - Exemplo de Diagrama Spaghetti..... | 29 |
| Figura 3.9 - Sequência de atividades para o Estado Atual | 30 |
| Figura 3.10 – Exemplo de <i>Layout</i> Macro atual e futuro | 33 |
| Figura 3.11 – Exemplo de Diagrama de Bolhas sem <i>pools</i> de máquina..... | 34 |
| Figura 3.12 - Sequência de atividades para a elaboração do Estado Futuro | 36 |
| Figura 3.13 - Sequência de atividades para a implantação do novo <i>layout</i> | 38 |
| Figura 4.1 – Agulha | 39 |
| Figura 4.2 – WBS do projeto | 41 |
| Figura 4.3 – Diagrama de Blocos atual..... | 42 |
| Figura 4.4 – Previsão de Demandas diárias para as famílias A e B..... | 43 |
| Figura 4.5 – Previsão de Takt para as Famílias A e B..... | 44 |
| Figura 4.6 – Capacidade das máquinas x demanda diária média..... | 46 |
| Figura 4.7 – Capacidade das máquinas x demanda diária média acrescida de 20% | 46 |
| Figura 4.8 – Capacidade das máquinas com 3º turno x demanda diária média acrescida de 20% | 47 |
| Figura 4.9 – Diagrama de Blocos futuro – proposta 1 | 50 |
| Figura 4.10 – Diagrama de Blocos futuro – proposta 2 | 51 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Os 7 tipos de desperdícios..... | 5 |
| Tabela 2 – Tipos de Projeto de <i>Layout</i> | 16 |
| Tabela 3 – Os Três Fluxos | 17 |
| Tabela 4 – Exemplo de matriz de decisão para avaliação das alternativas de <i>layout</i> propostas | 34 |
| Tabela 5 – Classificação ABC dos produtos das famílias A e B | 44 |
| Tabela 6 – Máquinas dedicadas para cada família..... | 52 |
| Tabela 7 – Tabela de avaliação das alternativas para <i>layout</i> micro | 53 |
| Tabela 8 – SNP atual em cada processo do fluxo de valor | 55 |
| Tabela 9 – Resultados finais do projeto | 56 |

LISTA DE ABREVIATURAS

FIFO – *First In First Out*
GM – *General Motors*
MIT – *Massachusetts Institute of Technology*
PFEP – *Plan For Every Part*
SLP – *Sistematic Layout Planning*
SNP – *Standard Number of Parts*
STP – *Sistema Toyota de Produção*
TPM – *Total Productive Maintenance*
WBS – *Work Breakdown Structure*
WIP – *Work in Process*

RESUMO

Nas últimas décadas, com a globalização e o desenvolvimento tecnológico, a competição entre as empresas tem se tornado mais acirrada, fazendo com que as mesmas intensifiquem a introdução de melhorias em todos os seus setores, principalmente no processo produtivo. Neste contexto, se destaca o *layout* fabril, que configura papel fundamental para concepção do fluxo de um produto. O foco no fluxo é fundamental para aumento da competitividade das empresas por meio da eliminação de desperdícios como o excesso de produção, deslocamentos desnecessários e estoques intermediários, em que a Manufatura Enxuta atua como instrumento chave para isto, fornecendo ferramentas desde a etapa de projeto do *layout* até durante sua operação. Além disso, é frequente em muitas empresas que, ao partirem para mudanças de *layout*, não utilizarem abordagens sistematizadas para esse fim, conduzindo a elaboração de alternativas longe das ideais. Partindo destas considerações, a presente dissertação foca na concepção de uma abordagem para implantação de *layouts* orientados ao fluxo, integrando manufatura e logística para a fabricação de um produto. A abordagem proposta define de forma lógica os passos para concepção do *layout*, sendo dividido em 4 fases: Planejamento do Projeto, Estado Atual, Estado Futuro e Implantação. Por meio de uma pesquisa-ação em uma empresa multinacional do setor metal mecânico, foi possível aplicar a abordagem proposta, bem como agregar mais conhecimento ao tema. A aplicação da abordagem resultou no ganho de *Lead Time* e produtividade no processo, redução nos estoques de produtos acabados e área utilizada. Destaca-se ainda o contato da equipe do projeto com a abordagem, que por meio de uma forma sistemática possibilitou um melhor aproveitamento de informações e recursos utilizados. Portanto, esta pesquisa contribui como fonte teórica e prática de conhecimentos em alteração de *layout* sob a ótica da Manufatura Enxuta, tanto para a comunidade acadêmica como para o meio empresarial.

Palavras Chave: *Layout*, Manufatura Enxuta, Fluxo.

ABSTRACT

Over the last decades, due to globalization and technological development, the competition among companies is becoming tougher, making them to intensify the insertion of improvements in all its departments, mainly with its production process. In this context, the production layout stands out, as a way to product flow conception. The focus on flow is fundamental to company's competitiveness increase through waste elimination as over production, unnecessary handling and intermediate stocks, where the lean manufacturing acts as key instrument for parts flow oriented layout, providing tools since the project phase until its operation. Moreover, it is common many companies do not use a systematic approach for layout changes, leading the development of alternatives far from ideal. Based on these considerations, this dissertation focus on the conception of an approach for implement materials and information flow oriented layout, integrating part manufacturing and logistics. The proposed approach defines a logical way the steps to the layout conception, being divided in 4 phases: 1) Project planning; 2) Current State; 3) Future State; 4) Implementation. Through an action-research, which took place in a multinational of mechanical sector, it was possible to apply the proposed approach, as well as understand better the research subject. The approach applying gave a decreasing in lead time, stock reduction of finished parts, reduction of used area and increasing in process productivity. The contact of the team with the systematic way the approach was created, stands out, which allowed better use of information and resources used. Therefore, this research contributes as a theoretic and practical source of knowledge on layout modifications with focus on lean manufacturing, both to academic community and industrial environment.

Key words: Layout, Lean Manufacturing, Flow.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Não é de hoje que se ouve dizer que é cada vez mais árdua a tarefa das empresas se manterem competitivas em um mercado com rápidos avanços tecnológicos e clientes cada vez mais exigentes. Para isso, as mesmas tem intensificado a implantação de melhorias em seus processos objetivando redução de custos, aumento de produtividade, qualidade e redução no tempo de entrega do produto ao cliente final. Isso, de maneira direta, tem provocado consideráveis alterações em seus modos de operar. Principalmente nos últimos tempos, somente aquelas com um robusto sistema de produção, que possibilitam a constante aprendizagem e melhoria contínua, conseguem obter e manter o sucesso.

Olhando para a história, um dos sistemas de produção que mais teve destaque foi, sem dúvida, a produção em massa, popularizado por Henry Ford. Segundo Womack *et al.*, (2004), este sistema possuía trabalhadores demasiadamente especializados, utilizava máquinas para tarefas únicas, com custos elevados para mudanças de produtos, fazendo com que o cliente, apesar de obter produtos a preços mais baixos, tivesse uma menor diversidade de produtos para escolha. Ford introduziu a idéia de fluxo, a partir do arranjo das máquinas em linha, conforme a sequência de operações necessárias para a produção do modelo T, que era o único produto que a Ford comercializava na época. (MARTINS, 2007).

Quando a General Motors (GM), através de Alfred Sloan, começou a oferecer produtos mais diversificados, buscando atender um mercado mais amplo (MARTINS, 2007), a produção em massa começou a adquirir o formato que está presente nos dias de hoje. A diversidade fez com que houvesse uma alteração no modo de operar do fluxo concebido por Ford. A idéia da separação da produção em departamentos por funções foi introduzida e estoques, tanto de produtos entre processos como acabados, começaram a ser gerados. Apesar de permitirem uma certa margem de segurança para a produção entregar o produto ao cliente final sem atrasos, caso haja quebras e paradas inesperadas, os estoques escondem os muitos desperdícios presentes na produção, tais como retrabalho, movimentação, transporte, além de constituírem em capital imobilizado e ocuparem espaço físico que poderia ser mais bem aproveitado.

O Sistema Toyota de Produção (STP), que surgiu no Japão idealizado por Taichii Ohno e se popularizou no ocidente com o nome de *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta (WOMACK *et al.*, 2004), ataca exatamente os desperdícios da produção, priorizando a produção sem estoques. Segundo Ohno (1997), os desperdícios da produção são classificados em sete tipos e a eliminação ou redução desses desperdícios pode aumentar a eficiência da produção por uma longa margem. Ao mesmo tempo, a Manufatura Enxuta busca fluxo contínuo, em que os produtos fluem de forma suave ao longo do processo, sem interrupções, sendo produzido um a um. (MONDEN, 1997, WOMACK E JONES, 2004, LIKER, 2005). A idéia do fluxo contínuo é muito semelhante à idéia de Ford, porém, com uma diversidade maior que a da GM. O fluxo contínuo possibilita a não formação de estoques (de produtos acabados e intermediários), o aumento da flexibilidade, a visualização e resolução rápida de problemas, entre outros.

Dentro do escopo de todas essas mudanças, o *layout* configura um papel fundamental na concepção do fluxo e competitividade das empresas. Por definição de Slack (2002), o *layout* preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos (materiais, informações, máquinas, funcionários) envolvidos na produção e é parte essencial no desenvolvimento do fluxo contínuo. O *layout* determina como as pessoas, os materiais e as informações irão fluir pela produção e, para Borba (1998), fazer o *layout* de uma área qualquer é planejar e integrar os caminhos dos componentes de um produto, a fim de obter o relacionamento mais eficiente e econômico entre o pessoal, equipamentos e materiais que se movimentam. De acordo com Sha e Chen (1999) o *layout* tem sido amplamente reconhecido com uma característica importante nos modernos sistemas de manufatura e para Marujo *et. al.* (2010), o *layout* é a manifestação física da estratégia de produção da empresa.

Para Weller (2008), existe uma forte relação entre o *layout* do chão de fábrica e o fluxo de materiais, pessoas e informações que circulam na produção, sendo que o *layout* deve possibilitar a homogeneidade entre esses três fluxos, tendo em vista um fluxo contínuo e sem interrupções. (MONK, 1987 *apud* TREIN, 2001, ROTHER E HARRIS, 2002). Monden (1997) cita que, de acordo com o Sistema Toyota de Produção, o *layout* das máquinas deve ser arranjado para suavizar o fluxo de produção. Mesmo assim, Rother e Harris (2002) citam que ainda há muitas empresas que ao projetarem um *layout* se preocupam apenas com o arranjo de suas máquinas, não se atendo ao mais importante que é criar e manter o fluxo para fabricação da peça eficiente.

E um bom planejamento de *layout* deve levar em conta todos os parâmetros envolvidos na produção, tais como demanda do cliente, quantidade e variedade de produtos e capacidade das máquinas.

Ele é importante e recomendável a qualquer empresa, grande ou pequena. Na implantação de uma nova empresa, esse planejamento é imprescindível. Naquelas já montadas, uma mudança no processo de produção ou fluxo do serviço, introdução de novos produtos ou serviços, a necessidade de redução de custos ou a expansão de uma seção o planejamento também tem importância. Ele se torna essencial para o planejamento e controle da produção, sendo que *layouts* inadequados podem gerar perdas por excesso de produção, deslocamentos desnecessários, estoques intermediários e ineficiência produtiva. (COSTA, 2004). Sule (1994 *apud* SHA E CHEN, 1999) aponta que a problemática do *layout* é tida como algo de longo prazo e que um eficiente planejamento de *layout* pode reduzir custos e aumentar a produtividade. Entretanto, Luzzi (2004) comenta que por não terem abordagens sistematizadas as empresas acabam concebendo *layouts* que dificultam o fluxo, gerando uma série de perdas no processo produtivo. Luzzi (2004) ainda cita a pouca literatura sobre aplicação de abordagens de planejamento que levem em conta as características da empresa e os fatores que impactam em sua competitividade.

Diante desses argumentos, se justifica a concepção de uma abordagem que possibilite às empresas obterem a melhor alternativa para um *layout* que possua uma orientação para o fluxo da peça. Isso reduzirá desperdícios no projeto e aplicação do novo *layout*, bem como na operação do mesmo. E a Manufatura Enxuta tem se destacado como apoio para a concepção de *layouts* com foco no fluxo, fornecendo ferramentas desde seu projeto até a operação.

Busca-se, com este trabalho, obter uma abordagem para sistematizar o projeto do *layout* orientado ao fluxo, sob a óptica da Manufatura Enxuta.

1.2 QUESTÃO DA PESQUISA

Com base no contexto e justificativa apresentados, no qual se buscou destacar a importância do *layout* para a competitividade das empresas assim como uma abordagem estruturada para obtenção do mesmo, formula-se a seguinte pergunta: “Quais são as etapas e pressupostos necessários para implantar um *layout* orientado ao fluxo em um ambiente fabril?”

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

- Desenvolver uma abordagem para a implantação de um *layout* orientado ao fluxo em um ambiente de Manufatura Enxuta.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar e analisar as características fundamentais, entre elas ferramentas e conceitos da Manufatura Enxuta, que norteiam a concepção de um *layout* a partir de um *layout* existente;
- Definir uma abordagem que contenha uma sequência básica de atividades;
- Aplicar a abordagem em uma empresa, a fim de validar o mesmo;
- Analisar os resultados da aplicação da abordagem e apresentar as conclusões e recomendações para pesquisas futuras;
- Desenvolver um trabalho que possa servir de base para futuros trabalhos com foco em *layouts*.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa tem como foco a melhoria do *layout* porta-a-porta na empresa. O termo porta-a-porta se refere ao *layout* para a fabricação de um produto desde a chegada da matéria-prima à área de recebimento (*inbound*) até a entrega do produto final, pela linha de produção, ao cliente ou área de

expedição (*outbound*). Dessa forma, ficam de fora do escopo da pesquisa todos os processos que de alguma maneira são necessários a concepção do produto, mas não estão inseridos na visão porta-a-porta, tal como o *layout* do fornecedor ou a rota externa de entrega do produto acabado ao cliente.

Outro ponto importante é a consideração da logística como influência direta na obtenção do fluxo, e não apenas o rearranjo das máquinas. Rotas de abastecimento, por exemplo, tem papel fundamental no sistema. Com isso, a logística é também escopo da abordagem desenvolvida.

1.5 METODOLOGIA DA PESQUISA

1.5.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa pode ser classificada segundo formas de classificação propostas por Silva e Menezes (2005):

- quanto a natureza, a pesquisa pode ser considerada como aplicada já que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses aplicados. Logo, esta dissertação originou uma abordagem para implantar *layouts* com orientação ao fluxo do produto.
- quanto a abordagem do problema, a pesquisa é quantitativa, já que a interpretação do problema pode ser traduzida em números, opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.
- quanto aos seus objetivos, a pesquisa é considerada exploratória, já que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas torná-lo explícito ou a construir hipóteses. (GIL, 1991). Envolve levantamento bibliográfico e a análise de uma aplicação industrial.
- quanto aos procedimentos técnicos, por caracterizar como um trabalho que envolve a ação na pesquisa, tanto do pesquisador como de partes interessadas (GIL, 1991), este trabalho utiliza a metodologia de pesquisa-ação.

1.5.2 O Processo da Pesquisa

O processo da pesquisa foi estruturado de maneira a possibilitar maior discernimento sobre o assunto desta e a análise da abordagem proposta. Deste modo, o processo metodológico proposto nesta pesquisa foi estruturado segundo as 4 fases de metodologia de pesquisa-ação propostas por Thiollent (1997): fase exploratória, fase de aprofundamento, fase de ação e fase de avaliação. O desenvolvimento da pesquisa segundo a metodologia citada ficou o seguinte:

- fase exploratória – a empresa A e o autor identificaram um problema real da empresa, definindo a necessidade de elaboração de uma abordagem para implantar *layouts* com orientação ao fluxo do produto;
- fase de aprofundamento – para obter maior entendimento sobre o assunto o autor realizou uma revisão bibliográfica através de livros, artigos científicos, teses e dissertações, além de estudar práticas já utilizadas pela empresa A, destacando pontos importantes que contribuíssem para a elaboração da abordagem para implantar *layouts* com orientação ao fluxo do produto, proposto no capítulo 3;
- fase de ação – nessa etapa, aplicou-se a abordagem proposta para orientar um *layout* ao fluxo do produto, com o intuito de validar a abordagem proposta. O capítulo 4 descreve essa etapa;
- fase de avaliação – é realizada a avaliação final do projeto, com base nos resultados obtidos e o conhecimento adquirido durante a aplicação da abordagem proposta. Assim, observa-se a eficácia e abrangência da abordagem proposta e resultados obtidos, problemas encontrados e os próximos passos para o *layout* obtido. Essa dissertação formaliza essa fase.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação foi dividida em 5 capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução: São apresentados o contexto e justificativa da pesquisa, o objetivo geral e os específicos, bem como sua delimitação e metodologia;
- Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: Uma explanação sobre os conceitos básicos da Manufatura Enxuta, o fluxo e como os fluxos de materiais e informações impactam na obtenção do fluxo, os tipos de *layouts* mais comumente encontrados, os projetos de *layout* e uma explanação final sobre gestão de projetos;
- Capítulo 3 – Descrição da Abordagem Proposta: A abordagem proposta nessa dissertação é descrito através de fases e as atividades que compõem cada fase;
- Capítulo 4 – Aplicação da Abordagem Proposta: a aplicação da abordagem é demonstrada, em ambiente fabril, a fim de validar a mesma;
- Capítulo 5 – Conclusões: conclusões a cerca do trabalho e propostas para trabalhos futuros são citadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta o objetivo específico referente à elaboração da revisão bibliográfica. Inicia-se com uma explanação sobre Sistemas de Manufatura e os tipos de Processos de Manufatura. Em seguida, são apresentados conceitos sobre *layouts* e os tipos principais de *layouts* existentes, além dos *layouts* considerados como “da próxima geração”. Após, apresenta-se uma breve descrição sobre Projetos de *Layouts* e Fluxo, onde o Fluxo de Materiais e Informações são melhores descritos, por apresentarem maior relevância a pesquisa. Por fim, uma breve descrição sobre a Manufatura Enxuta, seus conceitos, princípios e ferramentas e uma explanação sobre Gestão de Projetos são realizadas.

2.1 A MANUFATURA ENXUTA

A Manufatura Enxuta surgiu no ocidente, na década de 50, na *Toyota Motor Corporation*, localizada no Japão, sob o nome de STP. Taichii Ohno, seu idealizador, diante da crise econômica da época e através de experiências na época com o sistema de produção, conhecido como “produção em massa”, desenvolveu um sistema para produzir baixas quantidades, com alta variedade, usando as mesmas economias de volume da produção em massa.

O termo Manufatura Enxuta foi criado depois que um grupo de jovens cientistas do M.I.T. – *Massachusetts Institute of Technology* – decidiu estudar a fundo o sistema de produção japonês. Dessa pesquisa, surgiu o livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, onde seus autores Jim Womack, Daniel Jones e Daniel Ross evidenciaram a superioridade da indústria automotiva japonesa frente à americana, com a utilização um sistema de produção simples, mas eficiente.

O objetivo principal do sistema é a incansável busca pela eliminação dos desperdícios da produção, alcançando, através disto, reduções de custos e aumentos de produtividade. A palavra desperdício significa qualquer atividade dentro da cadeia produtiva que não agregue valor ao produto e pode ser classificada em sete tipos principais, visualizados na Tabela 3.

Tabela 1 – Os 7 tipos de desperdícios

| DESPERDÍCIO | DESCRIÇÃO |
|---------------|--|
| Superprodução | Produzir itens além do que a demanda requer, gerando perda em excesso de pessoal e de estoque e custos de transporte devido ao estoque excessivo. |
| Espera | Funcionários apenas vigiam uma máquina que trabalha de forma automática, ou ficam esperando para executarem suas atividades, devido ao atraso de atividades anteriores, ou ainda que simplesmente não tem trabalho devido à falta de material, problemas no maquinário e gargalos de capacidade. |
| Transporte | Movimentar estoques por longas distâncias, criar sistemas de transportes ineficientes ou transportar matéria-prima, estoque em processo e produtos acabados de um estoque para o outro. |
| Processamento | Executar passos que não são necessários para produzir uma peça. Processar produtos defeituosos devido à má qualidade da ferramenta ou más condições da máquina. |
| Estoque | Excessivos estoques em processo, de produtos acabados ou matéria-prima, que causam tempos de atravessamento longos, obsolescência, produtos danificados, custos com estocagem e espaço físico ocupado desnecessariamente. |
| Movimento | Qualquer movimentação desnecessária que o operador tenha que fazer, tal como, procurar peças e ferramentas. |

| DESPERDÍCIO | DESCRIÇÃO |
|-------------|---|
| Retrabalho | Retrabalho de para concerto de produtos fabricados com qualidade abaixo da aceitável. |

Fonte: Adaptado de Ohno (1997).

Para operacionalizar isso, a Manufatura Enxuta se apóia em dois pilares: o *Just in Time* e a Autonomia. O primeiro significa a entrega de peças no momento e quantidade necessários. Os conceitos de fluxo contínuo, tempo *takt* (que dita o ritmo da produção através da demanda do cliente) e o sistema puxado, somente produzir o que e quando necessário, são utilizados na busca do *Just in Time*. Na autonomia, ou automação com toque humano, as máquinas detectam problemas de forma autônoma, segregando produtos defeituosos. Esse conceito pode também ser aplicado aos operadores, que podem parar a produção assim que identificarem um problema.

A “casa” do STP, que ilustra a estrutura da Manufatura Enxuta, pode ser visualizada na figura 2.1.

No “telhado” da casa estão os objetivos do sistema: a qualidade total dos produtos, com um baixo custo e um *lead time* reduzido. E na base o nivelamento da produção (*heijunka*), fazendo com que as flutuações da demanda sejam refletidas em produções com quantidades iguais e constantes, o trabalho padronizado, que busca a sistematização das atividades permitindo a visualização rápida de desperdícios, e o *Kaizen*, que expõe o conceito de melhoria contínua ou, em outras palavras, a busca pela perfeição.

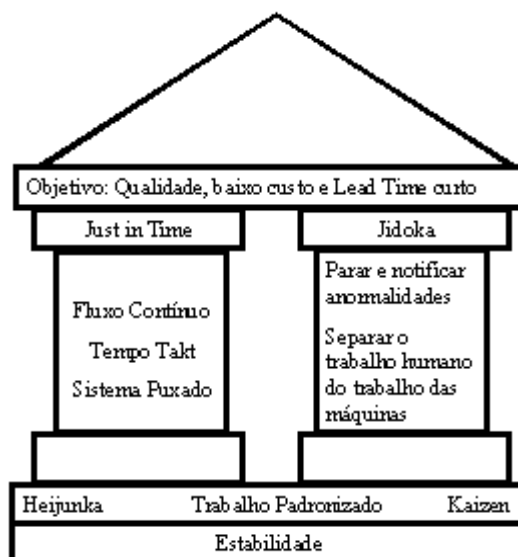


Figura 2.1 – “Casa” do Sistema Toyota de Produção.

Fonte: Léxico Lean (2007).

A Manufatura Enxuta é considerada o sistema de produ o mais eficiente da atualidade e acredita-se que v  ser o sistema de produ o mais utilizado no século XXI (TERESKO, 2001).

2.1.1 Os Princípios da Manufatura Enxuta

Womack e Jones (2004) definiram Manufatura Enxuta ou “mentalidade enxuta” como uma forma de especificar valor e alinhar a melhor sequência das a es que criam valor, realizando-as sem interrup es e de forma eficaz.   enxuta porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, equipamentos, tempos, espaço – aproximando-se cada vez mais do que o cliente define como valor.

Segundo Womack e Jones (2004), a Manufatura Enxuta pode ser resumida em cinco princípios:

1. **O Valor:** valor só pode ser definido pelo cliente final. Definem-se produtos específicos, com capacidades específicas, oferecidos a preços específicos, através do diálogo com clientes específicos. Deve-se repensar as empresas com base em uma linha de produtos com equipes de

produtos fortes, dedicadas e focadas no que realmente o cliente quer. Especificar o valor com precisão é o primeiro passo essencial para do pensamento enxuto. Oferecer um bem errado da forma certa é desperdício.

2. **Fluxo de valor:** fluxo de Valor é o conjunto de todas as etapas necessárias para se levar um produto específico (bem físico ou serviço), passando pela sua concepção, desenvolvimento e lançamento, pelo recebimento e processamento dos pedidos, pela fabricação e finalmente pela entrega dos produtos ao cliente final. Olhando para o conceito de fluxo de valor, busca-se otimizar o todo e não processos individuais. A análise do fluxo de valor geralmente mostra que podemos encontrar três tipos de ações ao longo de sua extensão: as ações que realmente criam valor e devem ser otimizadas, ações que não criam valor mas são necessárias e ações que realmente não criam valor e devem ser eliminadas.
3. **Fluxo:** o princípio Fluxo objetiva fazer com que as etapas que criam valor, desde a concepção do produto a entrega ao cliente final, fluam suavemente, sem interrupções. Devem-se eliminar departamentos onde as máquinas são agrupadas pela sua função, criando fluxos por processos. O objetivo principal é fazer com que a linha do tempo a qual corresponde o fluxo seja reduzida, atendendo aos desejos dos clientes mais rapidamente.
4. **Puxar:** neste princípio o objetivo é fazer com que o cliente requisiute ou “puxe” o produto somente quando necessário. Somente após o sinal que o cliente deseja o produto é recebido é que o fornecedor inicia a produção. As projeções de vendas podem ser deixadas em segundo plano quando a maturidade de atender o cliente no que ele deseja é alcançada. E isso faz com que estoques seja reduzidos, não gerando o pior dos desperdícios que é a superprodução.
5. **Perfeição:** quando os outros quatro princípios são introduzidos e começam a interagir entre si, o sistema expõe cada vez mais desperdícios e surge a necessidade de buscar o melhor. Constantemente a cadeia de valor deve ser revisada na busca de novas formas de criar valor. A transparência, onde todos os envolvidos na cadeia de valor possam ver tudo e assim facilitar a descoberta de melhores formas de criar valor, e *feedback* constantes, para os funcionários que realizam as melhorias, são fundamentais.

2.1.2 Práticas e Ferramentas da Manufatura Enxuta

A Manufatura Enxuta se apóia em algumas práticas e ferramentas. Essas precisam ser implantadas de forma conjunta, para que todos os benefícios da Manufatura Enxuta sejam alcançados, e não se tenham apenas melhorias pontuais no processo. Segundo Allen (2000), pular algum elemento fará com que o sistema seja ineficiente. As principais práticas estão listadas abaixo:

- **Kanban** – Segundo Ohno (1997), é a ferramenta utilizada para operar a Manufatura Enxuta. Como já citado anteriormente o *kanban* nada mais é do que um sinal para o processo, com objetivo de sincronizá-lo e controlá-lo.
- **Fluxo unitário de peças** – Produzir uma peça por vez. Isso evita que se criem estoques entre os processos e que os defeitos sejam rapidamente detectados e resolvidos, já que a etapa anterior não pode mandar uma peça defeituosa para a próxima posterior. Shingo (1996) cita que a adoção do fluxo unitário reduz consideravelmente o tempo de produção de uma peça.
- **Sistema à prova de erros (Poka-Yoke)** – Segundo Shingo (1996), o *Poka-yoke* possibilita a inspeção 100%, utilizando o controle físico ou mecânico. Com o *Poka-yoke* a identificação dos defeitos é rápida, eliminando a fabricação de produtos defeituosos.
- **Troca rápida de ferramentas** – A troca rápida de ferramentas surgiu para atender a necessidade de se produzir um mix maior de produtos. Segundo Shingo (1997), a convergência de *setup* interno, que são as atividades executadas apenas quando a máquina está parada, para *setup* externo, que são as atividades que podem ser executadas quando a máquina está operando, permite diminuir o tempo de troca consideravelmente. Outras técnicas também são utilizadas, entre elas a padronização das atividades envolvidas na troca.
- **Total Productive Maintenance (TPM)** – Conjunto de técnicas que busca reduzir as perdas relacionadas com a baixa disponibilidade de equipamentos. A confiabilidade precisa ser elevada e as quebras não existirem.
- **Quadros de informação (Andon)** – Shingo (1996) cita que o *Andon* é um controle visual que mostra informações importantes do processo e indica a necessidade de ação imediata por parte dos

supervisores de produção. Ohno (1997) aponta que o *Andon*, que fica pendurado acima da linha de produção, mostra rapidamente o local e a natureza das situações que estão com problemas.

- **Nivelamento da Produção (*Heijunka*)** – Para Liker (2005) o *Heijunka* é o nivelamento da produção, tanto em volume quanto e variedade de produtos. Não se fabricam os produtos de acordo com os pedidos dos clientes, que podem variar muito em certos períodos, mas se toma a quantidade de pedidos de um período e nivela-os para que se produza a mesma quantidade todos os dias.
- **Padronização do trabalho** – O trabalho precisa ser padronizado, para que todos executem as tarefas da mesma forma e impossibilitem a criação de desperdícios. Womack e Jones (2004) citam que cada aspecto da tarefa precisa ser analisado, otimizado e então ser executado sempre da mesma forma pela equipe de trabalho. Segundo Liker (2005) a tarefa crítica na padronização é indicar padrões rígidos para que os operadores sigam, mas permitindo que eles fiquem livres para inovar e ser criativos.
- **Operadores multifuncionais** – Os operadores, além de suas tarefas normais, recebem outras atribuições, como a manutenção das máquinas e assegurar a qualidade dos produtos. Além disso, com o uso de células de manufatura, os operadores precisam lidar com várias máquinas e processos diferentes.

2.2 A MANUFATURA ENXUTA E O LAYOUT

O *layout* preocupa-se com o posicionamento físico dos elementos do sistema envolvidos na produção, determinando, além de sua forma e aparência, como os recursos transformados – materiais, informações e clientes – irão fluir pela produção. (SLACK *et al.*, 2002). Seu projeto tem um significativo impacto no desempenho dos sistemas de manufatura e afeta diretamente os resultados da empresa, sendo decisivo para sua sobrevivência no mercado competitivo mundial. (CANEN E WILLIAMSON, 1998; DHONDT E BENDERS, 1998; YANG *et al.*, 2000). Para Marujo *et. al.* (2010), o layout de uma fábrica é produto de milhares de decisões, passadas e presentes e é a manifestação física da estratégia de produção da empresa. Tompkins (1996 *apud* NEUMANN, 2009) cita que devido as rápidas mudanças técnicas e ao surgimento de equipamentos novos poucas empresas serão capazes de conservar seus *layouts* sem prejudicar sua posição competitiva no mercado.

Na Manufatura Enxuta, o *layout* possui papel fundamental para o funcionamento do sistema. Nele estão concentrados três desperdícios encontrados na produção: o transporte e a movimentação desnecessários e o estoque de produto em processo e acabados.

Segundo Monden (1998), de acordo com STP (Sistema Toyota de Produção), o layout das instalações deve ser organizado de forma a suavizar o fluxo de produção e a otimização do *layout* possibilita eliminar perdas por movimentação e transporte, além de motivar os operadores e facilitar o feedback, melhorando os níveis de qualidade e produtividade. Neste item busca-se fazer uma síntese dos principais pontos correlatos entre a Manufatura Enxuta e o *layout*.

Shingo (1996) afirma que a melhoria do layout da planta é crucial para obtenção do fluxo de peças unitárias, fundamental para a Manufatura Enxuta. Para Shingo (1996), a melhoria no layout proporciona inúmeros benefícios, tais como eliminação das horas-homem para o transporte, redução de defeitos através do feedback referente à qualidade mais rápido, redução ou eliminação de esperas de lotes ou processo e redução do ciclo de produção.

Segundo Slack *et al.*, (2002) há algumas razões práticas pelas quais as decisões de *layout* são importantes na maioria dos tipos de produção:

- mudança de *layout* é frequentemente uma atividade difícil e de longa duração, devido às dimensões físicas dos recursos de transformação movidos;
- o rearranjo físico de uma operação existente pode interromper seu funcionamento suave, levando à insatisfação do cliente ou perdas na produção;
- se o *layout* está errado, pode levar a padrões de fluxo longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, inconveniências para os clientes, tempos de processamento longos, operações inflexíveis e altos custos.

Para Saurin (2006) a modificação de *layout* é uma oportunidade para otimizar os processos gerenciais, como o planejamento e controle da produção.

Para Shingo (1996), a melhoria do *layout* passa por várias etapas. Primeiramente as máquinas devem estar dispostas em correspondência ao fluxo de processamento do produto. Organizar a fábrica em seções de acordo com o tipo de máquina é uma medida que somente aumenta o transporte.

Para Lee (1998 *apud* LUZZI, 2004), o *layout* pode ser a essência da produção eficiente. Desde que seu projeto trate desde a localização global até as estações de trabalho, integrando pessoas, serviços, produtos, informações e tecnologia. Com isso, seu projeto deve emergir de planejamento estratégico macro.

Para Russel (2002), a alteração de um *layout* pode afetar uma organização, indo ao encontro de suas prioridades competitivas para:

- facilitar o fluxo de materiais e informações;
- aumentar a eficiência de utilização dos operadores e equipamentos;
- aumentar o conforto para clientes e espaço para vendas;
- reduzir os riscos para os empregados;
- mMelhorar a moral dos empregados;
- melhorar a comunicação.

Já para Slack *et al.* (2002), alguns objetivos devem ser focados no projeto de um *layout*:

- segurança inerente – todos os processos que podem representar algum perigo, tanto para a mão-de-obra como para os clientes não devem ser acessíveis a pessoas não autorizadas;
- extensão do fluxo – o fluxo de materiais, informações ou clientes deve ser canalizado pelo *layout*, de forma a atender aos objetivos da operação;
- clareza de fluxo – todo o fluxo de materiais e clientes deve ser sinalizado de forma clara e evidente para clientes e para a mão-de-obra;
- conforto da mão-de-obra – a mão-de-obra deve ser alocada em locais isentos de barulho excessivo ou não confortáveis ergonomicamente;
- coordenação gerencial – supervisão e coordenação devem ser facilitadas pela localização da mão-de-obra e dispositivos de comunicação;
- acesso – todas as máquinas e equipamentos devem estar acessíveis para permitir a adequada limpeza e manutenção;
- uso do espaço – todos os *layouts* devem permitir o adequado uso do espaço, minimizando sempre que possível;
- flexibilidade em longo prazo – o *layout* deve ser passível de mudança à medida que a operação necessitar.

Kerns (1999) cita que no *layout* futuro devem ser considerados alguns pontos importantes como instalações que possam atender plenamente as demandas dos clientes, algo que possa rapidamente se adaptar as mudanças no mercado e incorporar novos produtos, ser planejado no nível mais micro possível e criar uma rede mais sólida entre fornecedores, produção e clientes. Segundo Benjafaar *et al.* (2000), é essencial projetar *layouts* que possam suportar um aumento da necessidade do cliente através de curtos *lead times*, estoques reduzidos e alta customização de produtos.

Para Silva *et al.* (2002), além dos custos de movimentação, podem-se identificar outros custos que estão relacionados com o *layout* do setor produtivo e que impactam no produto final, como: custos de armazenagem, custos de WIP (*Work In Process*), custos com mão-de-obra desnecessária devido a existência de muitas atividades que não agregam valor, entre outros.

2.3 TIPOS DE LAYOUT

Os tipos mais comuns de *layouts* encontrados podem ser classificados em 4 tipos: funcional (*job shop*), em linha (*flow shop*), de posição fixa (*project shop*) e o *layout* celular.

2.3.1 Layout Funcional (Job Shop)

Black (1998, p. 46) descreve a seguir a evolução da estrutura funcional:

Na primeira revolução industrial, máquinas-ferramentas universais foram inventadas e desenvolvidas. Com elas vieram os primeiros passos para a mecanização e a automação.

Fábricas se desenvolveram com os processos de produção. Estas fábricas direcionaram os recursos (materiais, trabalhadores e processos) para os locais em que havia energia disponível. A energia da água era usada pela maioria, e então as primeiras fábricas se localizavam perto de riachos. O agrupamento de máquinas iguais que precisavam funcionar na mesma velocidade era lógico e conveniente. As fábricas eram, portanto, dispostas de maneira prática conforme o tipo de máquina usada.

Quando motores a vapor e, mais tarde, motores elétricos substituíram outros tipos de energia das máquinas, eles aumentaram grandemente a flexibilidade do sistema de produção; entretanto, a disposição funcional persistiu e ficou conhecida como *layout* funcional.

O *layout* funcional é o tipo mais comum de empregado na indústria e se caracteriza pelo agrupamento de máquinas similares, que executam a mesma operação (por exemplo injetoras em um departamento, extrusoras em outro, e assim por diante). Para Slack *et al.* (2002), o *layout* por processos (funcional) é assim chamado porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação dominam a decisão sobre o *layout*.

Segundo Black (1998), a vantagem deste *layout* é a sua capacidade de fazer uma grande variedade de produtos. Cada peça diferente que requer sua própria sequência de operações pode ser direcionada através dos respectivos departamentos na ordem apropriada. Por essa razão, o padrão de fluxo na operação poderá ser bastante complexo. (SLACK *et al.*, 2002).

A figura 2.2 mostra um exemplo de *layout* funcional. Pode-se visualizar a localização dos tornos, furadeiras, fresadoras e retíficas separadamente, já que executam operações diferentes. O material inicia o processo nos tornos, depois vai à furação e assim por diante.

Conforme vai agregando máquinas, o *layout* funcional torna-se mais difícil de administrar, resultando em longos *lead times* de produtos e altos níveis de estoque em processo. (BLACK, 1998). Além disso, a grande variedade de produtos processados ao mesmo tempo favorece a formação de estoques e a consequente utilização de um maior espaço fabril. Torna-se também complexo o planejamento e controle da produção, já que são processados simultaneamente vários produtos e cada um tem exigências particulares. (FATTOUCH, 1989, ALONÇO *et al.*, 2000, BORGES, 2001).

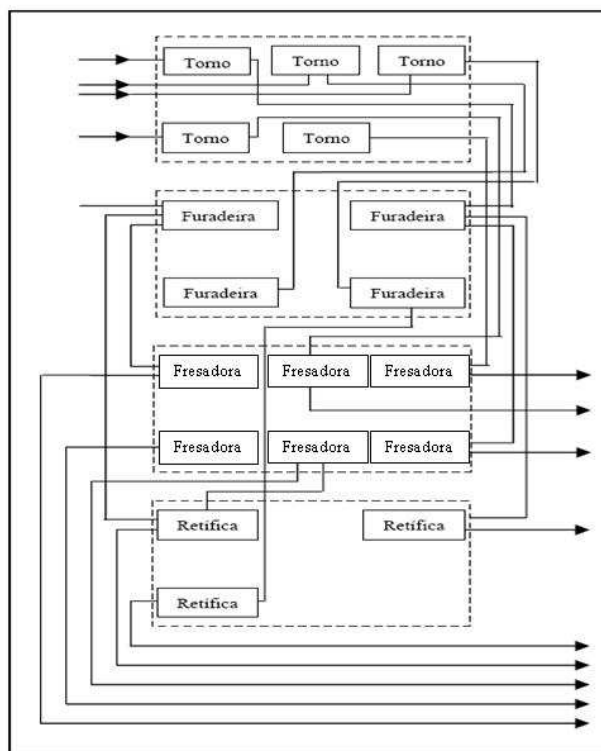


Figura 2.2 – Exemplo de um *layout* funcional

Fonte: Black (1998 *apud* LUZZI, 2004)

2.3.2 *Layout* em Linha (*Flow Shop*)

O *layout* em linha tem a disposição das máquinas de acordo com a melhor conveniência ao recurso que está sendo transformado. Atualmente, é o *layout* mais utilizado nas montadoras de automóveis. (DHONDT E BENDERS, 1998, SLACK *et al.*, 2000). A figura 2.3 mostra um exemplo de um *layout* em linha.

No *layout* em linha, cada produto, elemento de informação ou cliente segue um roteiro predefinido no qual a sequência de atividades requerida coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente. O fluxo de produtos, informações ou clientes é muito mais claro e previsível do que nos outros tipos de *layouts*, o que o torna um *layout* relativamente fácil de controlar. (SLACK *et al.*, 2000). Segundo Fattouch (1989), o *layout* em linha minimiza o custo de trabalho e facilita o treinamento do operador devido à divisão do trabalho e ao emprego de máquinas especializadas, reduz o tempo de processamento total já que armazenamentos e transportes são reduzidos e canaliza o fluxo de materiais e de trabalho pois reduz o refluxo e mecaniza o transporte.

Henry Ford foi o precursor da idéia do *layout* em linha. Na montagem do Ford T ele alinhou todas as máquinas e processos necessários, reduzindo em cerca de 90% o esforço necessário e aumentando significativamente a produtividade. (WOMACK e JONES, 2004).

Muitas habilidades de produção são transferidas do operador para as máquinas, resultando em menores níveis de habilidade manual, quando comparado ao *layout* funcional. Normalmente, os tempos de *set-up* para mudar um produto são longos e complicados já que envolvem a linha inteira. Fattouch (1989) cita como desvantagens principais o alto custo inicial, devido aos equipamentos especializados, e a vulnerabilidade da linha de produção, onde a quebra de alguma máquina interrompe o fluxo de produção. Para Black (1998) os custos com investimentos em máquinas e ferramentas especializadas são altos, como também os riscos.

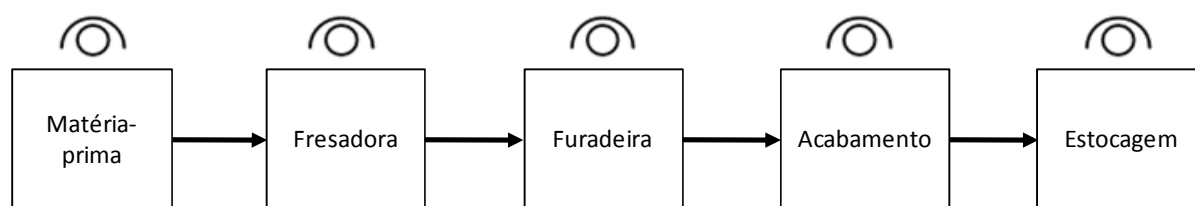


Figura 2.3 – Exemplo de um *layout* em linha
Fonte: Black (1998)

2.3.3 *Layout* de Posição Fixa (Project Shop)

No *layout* de posição fixa os recursos que são transformados ficam parados e os recursos transformadores se deslocam, na medida do necessário. Geralmente, a escolha desse tipo de *layout* se deve ao tamanho do produto a ser fabricado como, por exemplo, aviões e navios ou pelo produto ser muito delicado para ser movido. O *layout* de posição fixa é também usado para a construção de rodovias, pontes e prédios. (BLACK, 1998, SLACK *et al.*, 2000).

2.3.4 *Layout* Celular

A célula é o tipo de *layout* popularizado pela Manufatura Enxuta. Para Liker (2005), a célula consiste numa detalhada organização de pessoas, máquinas ou estações de trabalho, de acordo com a sequência de processamento. Segundo Black (1998), a célula muitas vezes é configurada em forma de “U”, permitindo maior mobilidade aos trabalhadores para movimentarem-se de uma máquina para outra, carregando e descarregando peças. Essa disposição se parece com o *layout* em linha, mas é projetada para ter flexibilidade. A figura 2.4 mostra um exemplo de um *layout* celular.

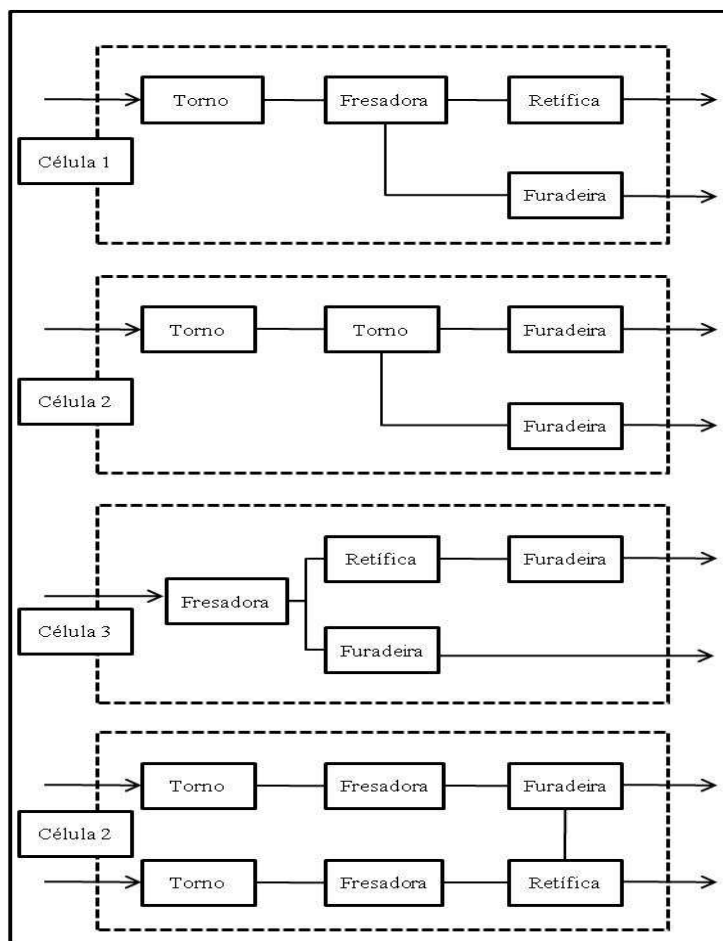


Figura 2.4 - Layout celular

Fonte: Black (1998)

A célula permite a concepção do fluxo contínuo, essencial para a Manufatura Enxuta. Através da fabricação de uma peça por vez (*one piece flow*), muitos benefícios são alcançados, tais como a eliminação de estoques entre processos, maior flexibilidade para atender as variações a demanda e redução no tempo de produção.

A qualidade é controlada dentro da célula e as máquinas são verificadas constantemente, ambas atividades executadas pelo operador, enriquecendo o trabalho do mesmo. (BLACK, 1998).

Para Marsh *et al.* (1997 *apud* LUZZI, 2002), o projeto do *layout* celular é feito com uma fotografia instantânea de demanda, capacidade e produtos atribuídos, porém todos estes fatores sofrerão mudanças com o passar do tempo. Estas mudanças deterioram o desempenho das células de manufatura e alterações em seus *layouts* são necessárias, marcando assim o final de seu ciclo de vida. Algumas características denunciam o final do ciclo de vida de uma célula: dificuldade em encontrar um balanceamento que mantenha todos os trabalhadores ocupados, dificuldade em manter os equipamentos com uma boa taxa de utilização, compartilhamento de máquinas-chave entre células e uma gradual perda de disciplina no fluxo dos materiais.

2.3.5 A Questão Volume-Variedade e o Tipo de *Layout*

A importância do fluxo para um *layout* vai depender em que contexto de volume-variedade o mesmo está inserido. Em alguns casos, o fluxo não se torna essencial, já que os produtos vão fluir muito pouco pela operação. Já com volumes maiores e variedades menores o fluxo dos recursos transformados se torna importante e deve ser levado em conta na decisão do *layout*. (SLACK *et al.*, 2002).

De acordo com a figura 2.5, pode-se identificar o efeito volume-variedade em cada tipo de *layout*. A importância de se gerenciar bem o fluxo aumenta com um maior volume. A redução na variedade viabiliza um *layout* baseado em um fluxo evidente e regular.

Para Weller (2008) o *layout* normalmente é definido pelo fluxo de materiais devido a sua complexidade e intensidade de movimentações de peças na fábrica. Dessa forma, se a fábrica produz uma grande quantidade de peças de um mesmo produto, o *layout* mais adequado é o em linha. Caso contrário, com pouca quantidade de peças de muitos produtos, o *layout* em fluxo se torna ineficiente e o *layout* funcional é o mais adequado (se as operações forem semelhantes entre si).

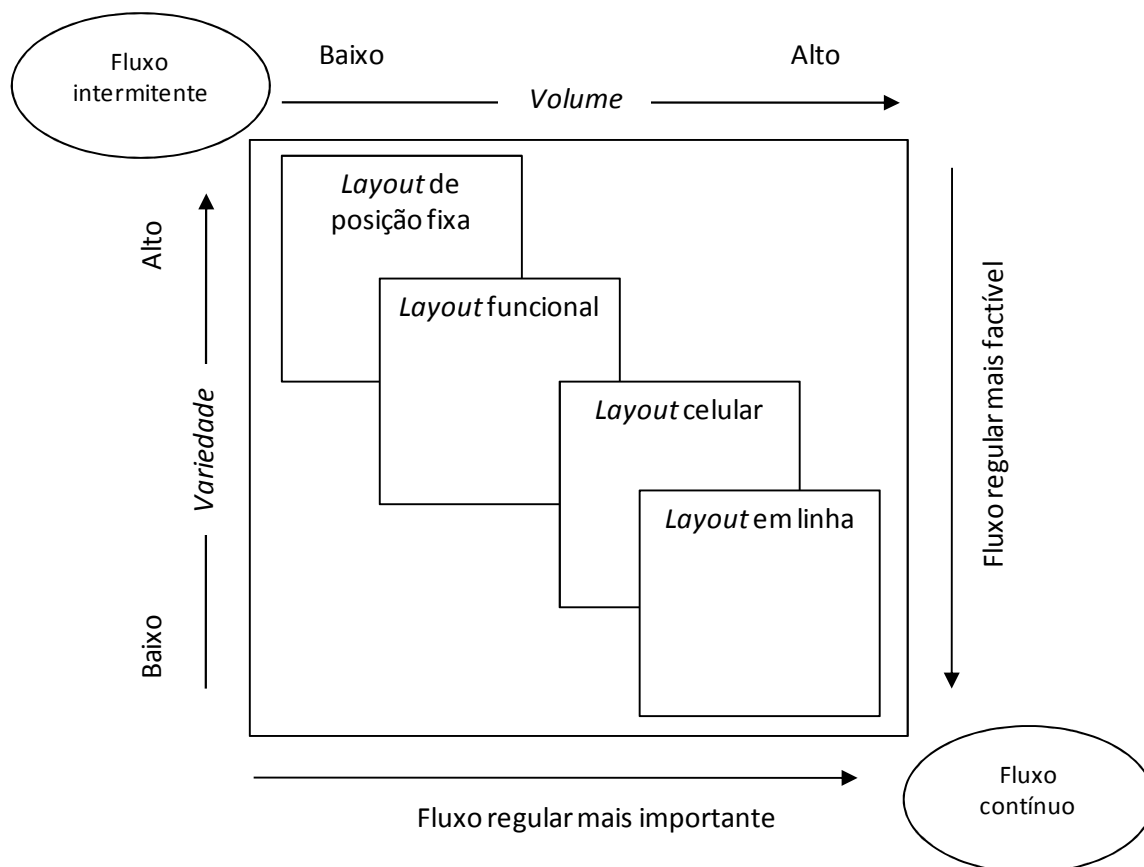


Figura 2.5 – Influência Volume-Variedade no tipo de *layout*

Fonte: SLACK et.al. (2002).

2.4 NOVA GERAÇÃO DE LAYOUTS

Muitos autores vêm enfatizando que os *layouts* atuais já não atendem as necessidades de uma empresa que detém uma gama grande de produtos e que há uma necessidade para uma nova geração de *layouts* que são mais flexíveis, modulares e mais facilmente reconfiguráveis. (MONTREUIL, 1991 e 1999, ASKIN, 1997, YANG, 1998, KOCHHAR, 1999, BENJAFAR, 2000, IRANI, 2000, NORMAN, 2000, WHEATLEY, 2000 e *apud* BENJAFAR *et al.*, 2000).

Seguindo essa idéia, Benjafaar *et al.*, (2000) lista 4 tipos de novos *layouts* que considera como uma nova geração de *layouts*.

2.4.1 Layouts Distribuídos

O conceito de *layout* distribuído é baseado na idéia de desagregar grandes departamentos com localização fixa, presentes nos *layouts* funcionais, em pequenos sub-departamentos e distribuí-los por todo o chão de fábrica. Desagregar não significa comprar máquinas novas, mas sim separar as máquinas em quantidades menores. Essa duplicação dos departamentos, que podem ser alocados estrategicamente pelo *layout*, possibilita à empresa lidar com variações das demandas futuras. A grande vantagem desse tipo de

layout é que a acessibilidade a estes departamentos fica facilitada de diferentes regiões do *layout*. Isso melhora o manuseio de materiais pelo chão de fábrica e permite encontrar mais facilmente fluxos eficientes em cenários com alto volume e *mix* de produtos. Na figura 2.6 pode-se visualizar um exemplo de *layouts* distribuídos.

2.4.2 Layouts Modulares

Os *layouts* modulares focam na construção do *layout* como uma rede de módulos básicos. Entendem-se módulos como um agrupamento de máquinas para executar diferentes operações. O uso de módulos é motivado pelo fato de que nenhuma das atuais configurações de *layouts* (funcional, em linha, celular) consegue individualmente descrever a complexa rede de fluxo de material em uma empresa com uma quantidade grande de diferentes produtos. A vantagem nesse tipo de *layout* é que com a mudança de *mix* de produtos e demanda alguns módulos podem ser eliminados e outros adicionados. A figura 2.7 mostra exemplos de *layouts* modulares.

2.4.3 Layouts Reconfiguráveis

Os recursos podem ser facilmente movidos pelo *layout*, tornando possível a frequente realocação dos departamentos. Em ambientes com demanda e *mix* de produtos bastante variáveis, o frequente *re-layout* simplifica o problema do projeto de *layout*, já que esse precisaria mudar constantemente. Torna-se possível focar somente no *mix* e demandas imediatas. No entanto, deve-se considerar o alto custo para movimentar os recursos (que pode ser reduzido se o projeto inicial da fábrica contemplar o *re-layout*) e a perda de capacidade durante a mudança.

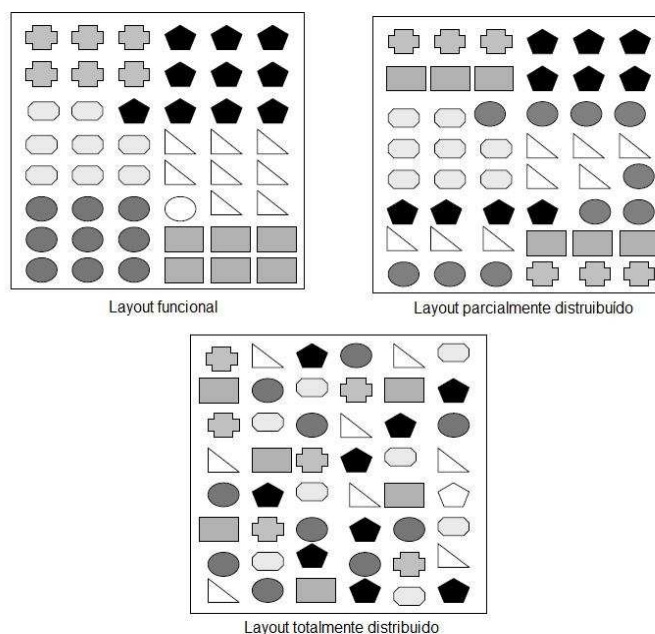


Figura 2.6 – Layouts com diferentes graus de distribuição
Fonte: BENJAFAR *et.al.* (2000).

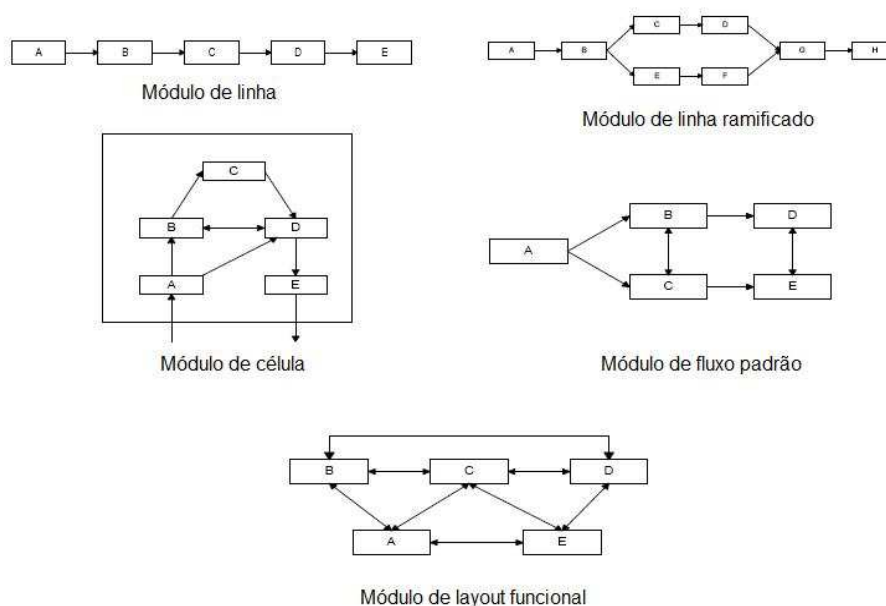


Figura 2.7 – Exemplos de *Layouts* Modulares

Fonte: BENJAFAR *et.al.* (2000).

2.4.4 *Layouts* Ágeis

O foco deve ser na movimentação de materiais. As distâncias percorridas pelos materiais são definidas pelo *layout*. Realocações dos departamentos podem reduzir as corridas de movimentadores vazios e aumentar as de cheios, reduzindo o grau de ocupação do sistema de movimentação de materiais. Com isso, tem-se uma diminuição do *WIP* e *lead time*, por exemplo.

2.5 O PROJETO DO *LAYOUT*

A seguir uma citação de Muther (1978, p. 1) que descreve a evolução do projeto do *layout*:

O arranjo das áreas de trabalho nasceu com o comércio e artesanato, com a execução de trabalhos produtivos. Com o desenvolvimento do sistema produtivo, maior atenção passou a ser dada à utilização do espaço. Devemos uma série de desenvolvimentos no planejamento de arranjos físicos a engenheiros químicos e de mineração alemães, a enlatadores de carne em Chicago, a produtores de vagões canadenses, a produtores de automóveis de Detroit e a construtores de navios britânicos. Os arquitetos industriais aprenderam a relacionar suas estruturas às necessidades funcionais, adaptando-as ao espaço necessário dentro delas. E engenheiros industriais, como Taylor, os Gilbreth, Barnes, Maynard e Mogensen, nos trouxeram uma série de conceitos de eficiência e técnicas de visualização de processos que puderam ser utilizados como base para elaboração do *layout* industrial. Porém os especialistas em *layout*, mesmo os conhecedores das reduções de custo resultante de um planejamento cuidadoso, não desenvolveram um procedimento geral para o tratamento do problema.

O projeto do *layout* determina como arranjar as várias máquinas e departamentos para reduzir o *lead time* de produção, reduzir *work in process* e maximizar a entrega de produtos ao cliente final (DJASSEMI, 2007). É uma etapa muito importante, que permite que todas as modificações interajam entre si, além de facilitar as mesmas. No projeto sempre existe a preocupação de tornar mais fácil e uniforme o trabalho através do sistema (COSTA, 2004).

Os métodos para desenvolvimento de *layout* são classificados de acordo com seu ponto de partida: construção ou melhoria (TOMPIKINS, 2003 *apud* TOMELIN, 2008). A construção consiste no

desenvolvimento de um *layout* à partir de um rascunho ou idéia. A melhoria trabalha com um *layout* já existente e visa melhorar a disposição das máquinas e do fluxo do produto.

Segundo Moreira (2001) *apud* Silva *et al.* [s.d.], podem ser citados três motivos que tornam importantes as decisões sobre *layout*:

- afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações, onde uma mudança adequada no *layout* pode muitas vezes aumentar a produção que se processa dentro da instalação, utilizando os mesmos recursos que antes;
- mudanças no *layout* podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro;
- as mudanças podem ser difíceis de serem revertidas e ainda provocar interrupções no fluxo.

Luzzi (2004) cita quatro tipos de projetos, descritos na tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de Projeto de *Layout*

| Tipo de Projeto | Descrição |
|-------------------------------|---|
| Baseado na experiência | Formação de equipes em que especialistas de diferentes áreas interagem para desenvolver propostas baseados em sua experiência e criatividade. Todas as soluções possíveis são avaliadas de acordo com critérios pré-definidos e a melhor, de acordo com os participantes, é selecionada. |
| Com algoritmos computacionais | Existem dois tipos básicos: método de melhoramentos, que parte de um <i>layout</i> inicial e os resultados avaliados segundo os efeitos nas localizações das estações de trabalho, e o método de construção, que parte de um esboço e cada estação de trabalho é alocada gerando apenas uma solução que está, muitas vezes, longe do ideal. |
| Sistemático | Podendo incorporar aspectos qualitativos e quantitativos, este método é dividido em etapas, que são executadas sequencialmente. No SLP – <i>Systematic Layout Planning</i> – que é um dos tipos de planejamento sistemático, existem seis passos: construção do diagrama de relações, estabelecimento das necessidades de espaço, relacionamento das atividades, desenho do <i>layout</i> e das relações de espaço, avaliação dos arranjos e detalhamento dos <i>layouts</i> selecionado. |
| Integral | Leva em conta dois aspectos: a eficiência organizacional e a qualidade de vida no trabalho. Tem como elementos principais a criação de estrutura de fluxo orientado, a instalação de grupos de trabalho e o projeto de estruturas de controle descentralizadas. |

Fonte: Adaptado de LUZZI (2004)

A análise e as melhorias de *layout* permitem reduzir o tempo de processo e a movimentação da matéria-prima dentro do processo produtivo, de forma que o fluxo da produção transcorra de forma mais linear possível, sem grandes e desnecessários deslocamentos (TREIN, 2001). Elas estão sendo cada vez mais empregadas nas empresas no intuito de otimizar processos produtivos, minimizar investimentos e aproveitar os recursos de forma eficiente e segura (MONKS, 1987 *apud* COSTA, 2004, TREIN, 2001).

2.6 O LAYOUT E O FLUXO

O fluxo é definido como “O movimento progressivo de um produto através dos recursos de produção, desde o recebimento de materiais até a expedição do produto acabado, sem paradas devido à quebra de máquinas ou outros atrasos da produção” (SUZAKI, 1987; TOMPKINS, 1996). E o *layout* apresenta papel fundamental na concepção do fluxo do produto, sendo que dependendo da configuração utilizada, para o mesmo grupo de máquinas, o fluxo muda radicalmente.

Historicamente, o *layout* sempre mostrou grande importância na definição do fluxo e consequentemente na estratégia das empresas. Quando Henry Ford disponibilizou as máquinas em linha, conforme a sequência das operações necessárias para a produção do modelo T (MARTINS, 2007), a primeira idéia de fluxo foi introduzida na indústria. Com isso, obteve ganhos excelentes em produtividade. Womack e Jones (2004) citam que Henry Ford e seus sócios foram os primeiros a perceber totalmente o potencial do fluxo. Ford reduziu em 90% a quantidade de esforço para transportar as peças que compunham o modelo T, adotando a idéia de fluxo contínuo na sua linha de montagem. Segundo Liker (2005), Ford pregava a importância de se utilizar um fluxo contínuo de peças no decorrer da produção e a eliminação de perdas. Só que nem sempre isso era utilizado na prática. E o grande problema de Ford é que a sua empresa não tinha variedade de produtos, produzindo apenas o modelo T. Isso acarretaria, mais tarde, na perda de uma grande parcela do mercado automobilístico para a concorrência.

Quando a GM, por meio de seu presidente Alfred Sloan, começou a introduzir uma variedade de modelos para atender um mercado cada vez mais exigente por produtos sofisticados e diferenciados, o fluxo na produção ficou mais complicado (MARTINS, 2007). O *layout* foi diretamente afetado, pois com uma variedade maior o *layout* em linha já não se mostrava vantajoso. Isso conduziu ao surgimento dos departamentos de produção, que agrupavam as máquinas por funções, e devido à preocupação com a produtividade produzia-se em larga escala, o que acabava gerando estoques tanto de produtos entre processos quanto de produtos acabados.

Taichii Ohno, buscando melhorias no seu processo produtivo, analisou o sistema utilizado na época e viu que havia muitos desperdícios, principalmente nos *layouts* empregados onde se via excesso de produção, transportes e movimentação desnecessária. Segundo Liker (2005), a Toyota não podia se dar o luxo de criar perdas, não dispunha de depósitos, nem espaço nas fábricas e não produzia grandes volumes de mesmas unidades. Para Ohno e seus colaboradores o grande desafio era mesmo alcançar o fluxo contínuo na produção de pequenos lotes, com centenas de produtos e não com milhões de produtos como era na produção em massa (WOMACK E JONES, 2004). Dessa forma, Ohno buscou eliminar os desperdícios do sistema em massa e obteve o fluxo contínuo, na maioria dos casos sem linhas de montagem, dimensionando corretamente as máquinas para que as etapas de processamento de diferentes tipos pudessem ser realizadas imediatamente adjacentes umas das outras, enquanto o objeto em produção era mantido em fluxo contínuo (WOMACK E JONES, 2004).

Segundo Liker (2005), o fluxo está no centro da mensagem enxuta de que a redução no intervalo de tempo entre a matéria prima até o produto acabado leva a uma melhor qualidade, menor custo e um menor prazo para a entrega ao cliente.

2.6.1 Os Três Fluxos

Num ambiente produtivo, materiais, informações e pessoas fluem pela produção. Isso precisa acontecer de forma harmoniosa, para que os níveis de qualidade e produtividade estejam sempre altos. A tabela 3 mostra algumas questões envolvidas na concepção de cada fluxo, segundo Rother e Harris (2002).

Para Weller (2008), existe uma forte relação entre o *layout* do chão de fábrica e o fluxo de materiais, pessoas e informações que circulam na produção, como pode ser visto nos arranjos por produto, onde existe uma forte correspondência entre sequência de processos e a posição das máquinas que os realizam.

Tabela 3 – Os Três Fluxos

| Fluxo | Questões envolvidas |
|-------|---------------------|
|-------|---------------------|

| | |
|---------------|--|
| De informação | <ul style="list-style-type: none"> - Todos conhecem a meta de produção por hora? - Com que rapidez os problemas e as anormalidades são percebidas? - O que acontece quando existem problemas e anormalidades? |
| De materiais | <ul style="list-style-type: none"> - A peça em processo se movimenta de uma etapa que agrega valor diretamente para outra que também agrega valor? |
| De pessoas | <ul style="list-style-type: none"> - O trabalho do operador é repetível e consistente dentro de cada ciclo? - O operador pode ir de maneira eficiente de uma etapa que agrega valor até a seguinte? |

Fonte: Adaptado de Rother e Harris (2002)

A abordagem que será descrita no capítulo 3 tem um maior foco em 2 dos 3 fluxos: materiais e informações. Dessa forma, esses dois serão tratados com mais detalhes a seguir.

2.6.2 O Fluxo de Materiais

O Fluxo de materiais tem influência direta na orientação de um *layout*. Basicamente, é nele que são focadas as primeiras melhorias quando um novo *layout* é planejado. Segundo Lorenzatto e Ribeiro (2007), o fluxo de materiais impacta diretamente nas dimensões flexibilidade, custo, qualidade e atendimento. E se eficaz consegue atender às mudanças de demanda e aos prazos de entrega. Para Silva *et.al.* (2002), o principal motivo para o planejamento do *layout* no setor produtivo é o interesse em se reduzir custos de movimentação e facilitar o gerenciamento do processo e para isso busca-se minimizar o tamanho do fluxo de materiais.

Baseado nisso, alguns requisitos do *layout* são importantes no ponto de vista de fluxo de materiais:

- o fluxo entre consecutivos pares de operações precisa ter uma distância pequena;
- o fluxo precisa ser unidirecional com um mínimo de retorno ou cruzamento de dois fluxos em uma mesma máquina;
- o fluxo dentro dos setores produtivos precisa ter um perfil não muito complicado.

O fluxo deve permitir que o material se movimente progressivamente durante o processo, sem retornos, desvios, cruzamentos, etc. Toda vez que o fluxo de materiais for preponderante para o *layout* a análise do fluxo de materiais será a base para o planejamento do *layout* (MUTHER, 1978).

A Manufatura Enxuta busca o fluxo contínuo, através do fluxo unitário de materiais (MONDEN, 1997; WOMACK E JONES, 2004; HARRIS, R. *et al.*, 2004; LIKER, 2005). Isso significa obter um fluxo sem restrições, suave ao longo da linha do tempo (*Lead Time*), onde as peças fluem uma a uma.

2.6.3 O Fluxo de Informações

Da mesma forma que o fluxo de materiais, o fluxo de informações também exerce papel fundamental para a orientação ao fluxo. Dentro do *layout*, as informações devem fluir de tal forma que o material esteja sempre no local certo, na hora certa e na quantidade correta. Informações desencontradas podem fazer com que o sistema se transforme em um caos.

Um grande facilitador para a criação do fluxo suave ao longo das operações é o cartão *Kanban*. Ele operacionaliza o sistema de produção puxado, controlando a transferência de materiais entre os processos. Monden (1998) classifica o *Kanban* em dois tipos: *Kanban* de retirada, que autoriza o cliente a retirar um produto do estoque do fornecedor, e o *Kanban* de produção, que autoriza o fornecedor fabricar produtos para abastecer o estoque e repor a quantia retirada do cliente. O *kanban*, além de possibilitar que

a informação do que produzir flua de maneira rápida, reduz consideravelmente os estoques, já que evita a produção além do necessário para atender o cliente.

Outro tipo de informação que é imprescindível para o correto funcionamento do sistema é o alerta para a existência de problemas, tanto em máquinas e estações quanto em produtos em processamento. Por isso a necessidade de sinalizações como, por exemplo, *Andons* (explicado adiante), que deixam claro a existência de problemas na hora que acontecem e permitem a rápida correção dos mesmos.

2.8 GESTÃO DE PROJETOS

O objetivo dessa seção é apontar brevemente conceitos da Gestão de Projetos. Algumas ferramentas da Gestão de Projetos foram inseridas na abordagem proposta.

2.8.2 Definição

A gestão de projetos é a aplicação de técnicas e ferramentas objetivando o sucesso de um projeto, planejando e guiando a sua realização. Segundo Keelling (2002), a sistemática e os conceitos que envolvem a conclusão de um projeto, ou seja, a visão objetiva e completa do trabalho a realizar, focada em resultados e com preocupação na gestão dos recursos por meio do trabalho em times, acaba servindo e auxiliando todo o conjunto de atividades que tem rígidos objetivos de prazos, controle de custos e qualidade obtida a partir do trabalho com integração de times multidisciplinares.

Dada a complexidade e grandiosidade de muitos projetos, a gestão de projetos torna-se essencial. Para Menezes (2007), a necessidade de dominar os princípios e técnicas da gestão de projetos tem se tornado um imperativo nos dias de hoje, dada a grande quantidade e frequência de projetos internos na maioria das empresas. As empresas devem estar capacitadas para conseguir qualidade de resultados e cumprimento de todas as metas.

Keelling (2002) cita algumas características da gestão de projetos, dentre as quais se destacam:

- simplicidade de propósito – O projeto possui metas e objetivos facilmente entendidos;
- clareza de propósito e escopo – O projeto pode ser descrito claramente em poucos termos: objetivos, escopo, limitações, recursos e assim por diante;
- facilidade de medição – O andamento do projeto pode ser medido por meio de sua comparação com metas e padrões definidos de desempenho;
- útil ao desenvolvimento individual – Trabalhar com uma equipe de projeto eficiente favorece o desenvolvimento acelerado e a capacitação pessoal.

2.8.1 O Planejamento do Projeto

O planejamento do Projeto é o processo de integrar o tempo e recursos disponíveis ao projeto. De uma forma geral, o resultado do planejamento é um plano com atividades definidas, que irão nortear o projeto. Para Menezes (2007), a definição do que deve ser feito num projeto é crucial. Ela está ligada à definição de seu objetivo e seu desdobramento impacta profundamente a duração e orçamento do projeto. Segundo Keelling (2002) a grande parcela do planejamento se dá antes da implantação, mas é comum haver constantes revisões no planejamento já que novas oportunidades e situações exigem isso.

Algumas ferramentas comumente utilizadas para a fase do planejamento:

- Análise de riscos – avalia a probabilidade de uma falha vir acontecer no projeto, definindo ações para minimizar o mesmo;
- WBS (*Work Breakdown Structure*) – é uma representação do projeto, evidenciando componentes e atividades necessárias a sua conclusão. Essa ferramenta é utilizada num procedimento “de cima para baixo”, o que minimiza o esquecimento de atividades, mesmo que o projeto contenha elevado nível de informação (MENEZES, 2007). A figura 2.8 ilustra um exemplo do uso do WBS;

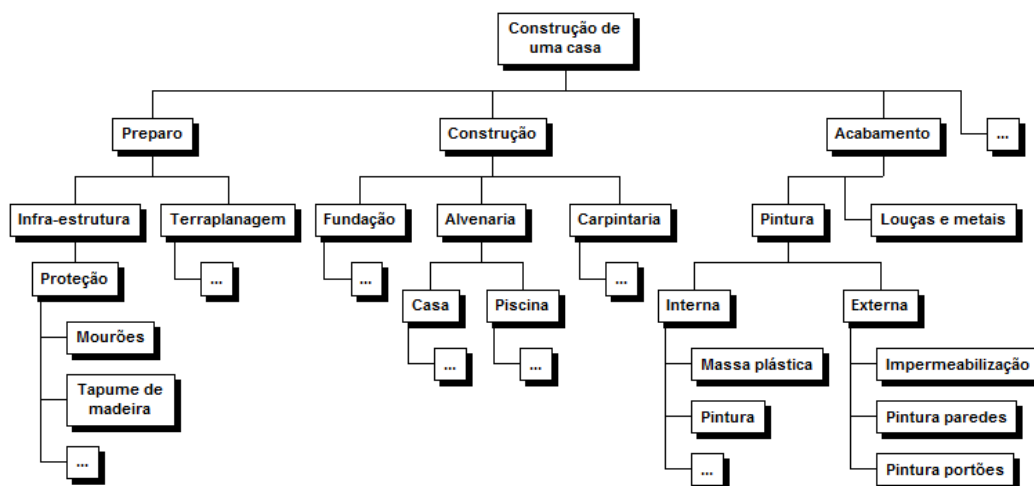


Figura 2.8 - WBS para a construção de uma casa

Fonte: Adaptado de Apostila de Treinamento Básico em Gerenciamento de Projetos – Empresa A (2010)

- Cálculos de duração;
- Tabelas de procedência – Define a sequência das atividades (o que é necessário vir antes e depois);
- Gráfico de Gantt – Mostra a sequência de atividades e quando cada uma está programada para acontecer;

2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO 2

Este capítulo apresentou os fundamentos teóricos necessários ao entendimento dos elementos que cercam o termo *layout*, partindo dos objetivos da Manufatura Enxuta, bem como as suas características principais e elementos teóricos.

Após, procurou-se situar o *layout* no contexto da Manufatura Enxuta, em que o *layout* configura como característica fundamental para o sistema, onde o mesmo deve ser orientado para suavizar o fluxo da peça e permitir a eliminação de desperdícios como transporte e movimentação desnecessários e estoque de produtos em processo e acabados.

Foram apresentados os tipos de *layouts* mais utilizados: *layout* funcional, em linha, de posição fixa e celular. Foi também apresentado o que é tido como uma nova geração de *layouts*, que busca atender as necessidades atuais do mercado por flexibilidade cada vez maior e reconfigurações do *layout* mais rápidas.

A seguir, descreveu-se brevemente sobre o projeto de *layout*, citando a importância do mesmo para a obtenção de *layouts* otimizados. Apresentou-se também alguns tipos de projeto de *layout*: baseado na experiência, com algoritmos computacionais, sistemático e integral.

Descreveu-se então o fluxo e o *layout*, apresentando um contexto histórico do fluxo na indústria. Foram descritos brevemente os três fluxos existentes, dando uma ênfase maior ao fluxo de materiais e informações, por serem mais relevantes para esta dissertação.

Por fim, foram apontados conceitos da Gestão de Projetos, que se faz presente na abordagem que será apresentada no Capítulo 3.

Realizado a fundamentação bibliográfica sobre os assuntos pertinentes à pesquisa, será apresentada em maiores detalhes no capítulo 3 a abordagem proposta para a implantação de um *layout* orientado ao fluxo.

3 DESCRIÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA

Este capítulo apresenta a descrição de uma abordagem para o projeto de *layout* orientado ao fluxo. A abordagem foi desenvolvida em parceria entre pesquisador, orientador e uma empresa multinacional do setor metal-mecânico, denominada aqui como Empresa A, localizada na cidade de Curitiba-PR. A parceria possibilitou uma maior visão do ambiente fabril e suas implicações para o projeto, além de possibilitar o contato do pesquisador com as sólidas práticas e conhecimentos que a empresa possui.

A elaboração da abordagem partiu de uma necessidade da empresa A, que não possuía uma ferramenta definida para alterações de *layout* no contexto “porta-a-porta”. Havia ferramentas para definição de *layouts* no nível micro (células de máquinas, por exemplo), mas que não se adequavam quando era necessário modificar o *layout* de todos os processos da cadeia produtiva ao mesmo tempo, desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto acabado. Com isso, após uma pesquisa bibliográfica extensa de outras abordagens para concepção de *layouts*, com o objetivo de fornecer uma base teórica para construção da abordagem, e também o estudo das práticas utilizadas pela Empresa A, elaborou-se a proposta.

A abordagem tem como objetivo fornecer uma diretriz para a concepção de um *layout* orientado ao fluxo. O público alvo são pesquisadores e profissionais, além de empresas que estão planejando alterações em seus *layouts*.

A abordagem tem como principais características:

- abordagem no fluxo de valor porta-a-porta da empresa, desde a entrada da matéria prima na área de recebimento (*Inbound*) até a saída do produto acabado na área de expedição (*Outbound*);
- a integração de logística e manufatura no projeto do *layout*;
- fornecer uma visão sistêmica para o projeto de *layout* orientado ao fluxo, desde o macro até o micro *layout*;
- sequencia lógica de atividades;
- está dividido em fases e atividades;
- leva em conta aspectos quantitativos e qualitativos, não dependendo exclusivamente da experiência da equipe que ira utilizá-lo;
- permitir o alcance de uma maior maturidade no conceito *lean* nas empresas que utilizarão a abordagem.

A escolha pela abrangência porta-a-porta se deve por dois motivos: a pouca quantidade de abordagens, assim estruturadas, existentes na bibliografia e a necessidade da empresa A em utilizar uma abordagem prática e lógica para concepções de *layouts* porta-a-porta.

A integração da logística e manufatura é outro ponto importante na abordagem, já que a logística tem o mesmo peso que a orientação das máquinas e estações para o fluxo contínuo.

É importante salientar que a presente abordagem tem sua aplicação voltada para alterações em *layouts* já existentes. Silveira (1998 *apud* TREIN, 2001) chama isso de metodologia de re-*layout*, que é dividida em 3 fases. Na fase I, denominada Preparação, delimita-se a área a ser estudada, forma-se o time de trabalho e definem-se os objetivos pretendidos com a prática, focalizando precisamente o processo escolhido, ou parte deste. Na fase II, denominada Definição, realiza-se uma coleta específica de dados, trabalha-se com esses dados de acordo com as técnicas de análise escolhidas e por fim, dimensionam-se de forma conceitual e real as melhorias propostas. Na fase III, denominada Instalação, prepara-se a planta para as mudanças propostas, se gerencia as mesmas e retomam-se as fases iniciais de uma nova avaliação. De qualquer modo, mesmo na concepção de um novo *layout* deve-se sempre buscar a orientação ao fluxo do mesmo. A grande vantagem de conceber um novo *layout* já orientado ao fluxo é ter os custos futuros com mudanças reduzidos.

Outro ponto bastante importante é que a abordagem se torna melhor aplicável em empresas que já trabalham com um sistema de gestão baseado em modelos de negócios ou no conceito de mini-fábricas. Cada produto que uma dada empresa fabrica é tratado de uma forma separada, como se a estrutura envolvida para cada produto fosse uma pequena empresa. Dessa forma, nessa concepção o rearranjo do *layout* já está focado para um grupo de produtos que sofre operações específicas (a Figura 3.1 mostra um exemplo de mini fábrica).

A aplicação efetiva da abordagem proposta depende do conhecimento prévio da equipe nas práticas da Manufatura Enxuta. Ferramentas como o Mapeamento do Fluxo de Valor exercem papel fundamental para a execução do projeto.

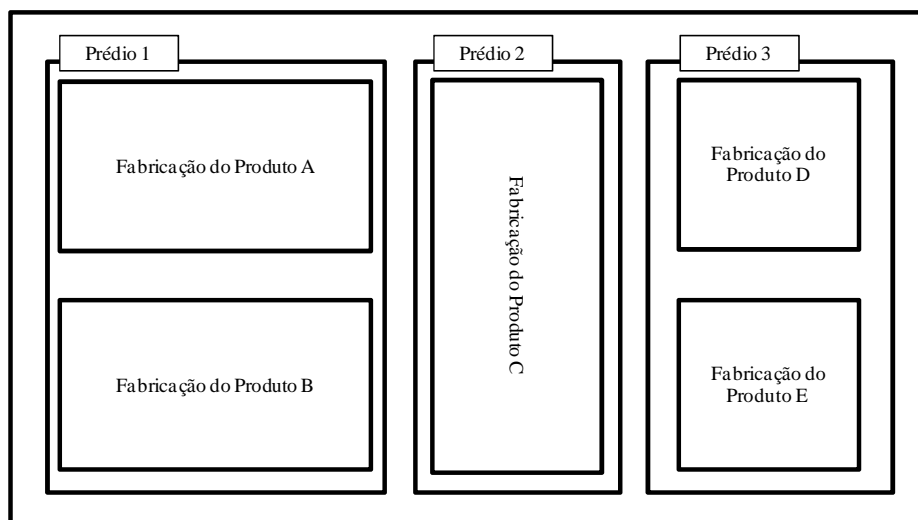


Figura 3.1 - Exemplo de mini-fábrica de produção

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

Ainda, a formação de uma equipe multidisciplinar também se faz importante, já que são necessários conhecimentos em logística, manufatura, qualidade e engenharia de produto, por exemplo.

A metodologia de projeto, que foi utilizada para concepção da abordagem e que foi inserida na abordagem tem como objetivo promover uma melhor organização das etapas, fazendo com que seja despendido um maior tempo para o planejamento do projeto, reduzindo a probabilidade de possíveis retrabalhos durante e após a execução do mesmo.

A abordagem tem como principal objetivo a concepção de um *layout* orientado ao fluxo da peça, com foco em:

- reduzir o lead time do fluxo de valor porta-a-porta;
- garantir as menores quantidades de transferências entre e dentro dos processos;
- reduzir os desperdícios no fornecimento de material: rotas padronizadas, distâncias de transporte reduzidas e supermercados calculados;
- minimizar áreas de estoque (que não agregam valor);
- aumentar a flexibilidade dos processos de fabricação;
- comunicação rápida entre os processos;
- transparência, especialmente para os colaboradores no chão de fábrica.

Um ponto importante é que a abordagem é adequada a ambientes que possuem pouca variedade de produtos com altos volumes de fabricação. Como comentado no item 2.3.5, nesses casos o fluxo se torna importante e o *layout* deve ser orientado para o fluxo. Nos casos onde há grande variedade de produtos com baixos volumes, o fluxo se torna ineficiente e o *layout* obtém melhores resultados se orientado pela funcionalidade de máquinas (*job shop*).

3.1 ESTRUTURA DA ABORDAGEM

A abordagem proposta está dividida em quatro fases e cada fase é composta de um conjunto de atividades. Para facilitar a visualização de cada fase e as atividades que a compõe, um mapeamento de atividades para cada fase foi elaborado. O mapeamento é composto basicamente por entradas, processos e saídas. As Entradas indicam o que é necessário para começar a fase em questão, os Processos são todas as etapas necessárias para executar a fase e as Saídas mostram qual é o resultado da fase.

No mapeamento, são utilizadas caixas como o modelo da figura 3.2. A caixa possui três campos para preenchimento. O campo “O que?” especifica qual é a atividade correspondente, O campo “Quem?” especifica quem será envolvido na atividade e o campo “como?” especifica, de forma resumida, como a atividade será executada.

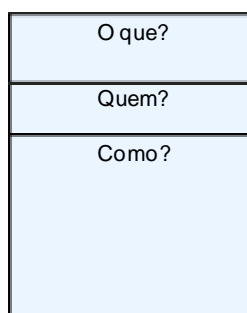


Figura 3.2 - Caixa que compõe o mapeamento de cada atividade

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

A abordagem possui quatro fases. A fase 1 consiste no planejamento do projeto. Na fase 2, o estado atual é desenhado, desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto acabado. Na fase 3, o estado futuro é definido e avaliado e na fase 4 o *layout* é implementado. O mapeamento com as etapas da abordagem pode ser visto na figura 3.3.

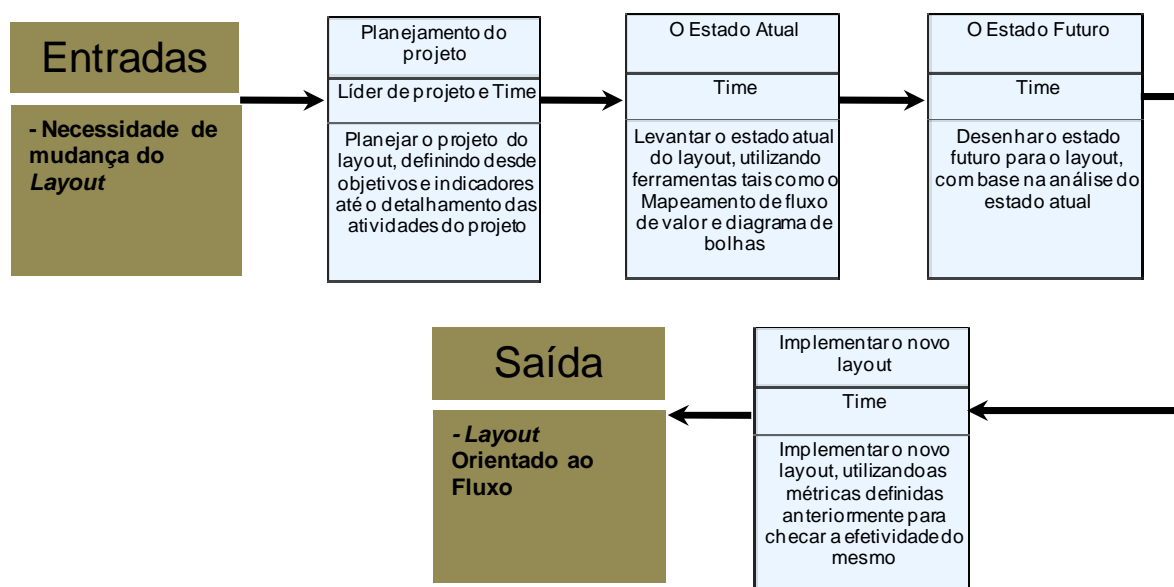


Figura 3.3 - Sequência de fases que compõe a abordagem

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

3.2 FASE 1 - PLANEJAMENTO DO PROJETO

O planejamento do projeto se constitui em uma das fases mais importantes de um projeto. Quando bem elaborado, o planejamento reduz a ocorrência ou até mesmo evita que surpresas desagradáveis ocorram durante o projeto, tais como atrasos, gastos desnecessários e retrabalhos. Para Menezes (2007), poucos projetos podem sobreviver a um plano inadequado ou imperfeito e são inúmeros os registros de fracassos atribuíveis a falhas de planejamento. Segundo Keeling (2002), um projeto mal definido e mal gerenciado pode se tornar um pesadelo para todos os envolvidos, resultar em desastre financeiro e prejudicar muitas carreiras promissoras.

Segundo Muther (1978), o tempo despendido no planejamento da modificação do *layout* evita que as perdas assumam grandes proporções e permite a todas as modificações se integrem segundo um programa global e coerente, que permite o estabelecimento de uma sequência lógica para as mudanças, além de facilitá-las.

O planejamento está dividido nas atividades a seguir.

3.2.1 Atividade 1 - Definições Iniciais do Projeto

O projeto inicia com a definição de qual área irá passar pela modificação do *layout*. Aqui talvez seja um dos momentos mais cruciais do projeto, já que a empresa precisa possuir razões claras para iniciar uma modificação de *layout*. Muitas vezes é preciso olhar para a base e ver se realmente tudo o que é feito é suficiente ou é preciso fazer algo a mais antes de iniciar uma transformação dessa magnitude. Essa avaliação é importante, pois caso contrário o *layout* futuro se tornará apenas um conjunto de máquinas melhor organizadas, não alcançando os reais benefícios que se busca com um *layout* orientado ao fluxo. Para Borba (1998), alguns itens devem ser verificados para avaliar se um *layout* necessita ou não de alterações:

- Obsolescência das Instalações
 - Novos produtos exigirão modificações na sequência das operações, fluxo de materiais ou equipamentos empregados?
 - Haverá utilização de novas áreas de estocagem?
- Redução dos Custos de Produção
 - Haverá corte de pessoal e/ou paradas de equipamentos e diminuição de movimentação de materiais?
- Variação na Demanda
 - A produção atual satisfaz as estimativas de vendas?
 - Os equipamentos de transporte e manuseio serão suficientes?

- Manuseio Excessivo

- Os materiais percorrem longas distâncias ao serem transportados pela fábrica?

Trein (2001) cita algumas das situações mais comuns que surgem no contexto de *layout*:

- Mudanças no *design* de produtos existentes, a eliminação de antigos produtos e a introdução de novos;
- Mudanças na sequência do processo de produtos existentes, substituição de equipamentos existentes e alterações em equipamentos gerais e especiais;
- Mudanças nas quantidades de produção associadas às necessidades agendadas, resultando em alterações de capacidades;
- Mudanças na estrutura organizacional, assim como nas filosofias gerenciais assumindo estratégias de produção, como conceitos de *Just-in-Time*, Gerenciamento pela Qualidade Total, etc.

É necessário entender realmente quais os ganhos desejados e a forma de alcançá-los. Em muitos casos o erro vem de acreditar que a alteração do *layout* é simplesmente movimentar equipamentos em uma área até achar uma configuração necessária e crer que isso trará resultados. Segundo Muther (1978), para a indústria esse procedimento significaria certamente perda de tempo, ociosidade de equipamento e interrupção no trabalho dos empregados. Além disso, pode acarretar sérios erros na utilização de espaço físico, altos custos com a modificação e demolição de estruturas que ainda poderiam ser utilizadas.

A área a ser que irá passar pela alteração do *layout* precisa estar preparada para não sofrer consequências indesejadas durante ou ao término do projeto (pode ser necessário um estoque pulmão para evitar atrasos nos pedidos dos clientes, por exemplo).

Uma descrição sobre a área escolhida pode ser elaborada. Informações como quantidade de turnos trabalhados, quantidade de colaboradores e capacidade do processo podem ser listadas.

A alta liderança deve apoiar desde o início o projeto. Somente com isso será possível validá-lo projeto e executar as mudanças. O apoio da alta liderança também encoraja e motiva a equipe de projeto.

3.2.2 Atividade 2 - Definir o Líder do Projeto

O líder do projeto possui participação decisiva para o projeto. É ele que, juntamente com a alta liderança, alinha as expectativas da empresa e define a equipe do projeto. É recomendado que o líder tenha dedicação exclusiva, no seu turno de trabalho, durante o projeto. Geralmente, alterações de *layouts* no

âmbito “porta-a-porta” demandam um tempo elevado e a participação integral do líder é fundamental para o andamento das atividades dentro do planejado.

Segundo Rother e Shook (2003), é mandatório que o líder de projeto possua conhecimento em Manufatura Enxuta e que consiga enxergar além das fronteiras departamentais. Outros pontos importantes na visão de líder de projeto são:

- pertencer ao setor que seja foco do projeto;
- rever objetivos, metas e resultados constantemente;
- fazer relatórios contínuos sobre o andamento do projeto à equipe;
- saber trabalhar em time;
- estar em contato direto com a liderança da empresa para reporte do projeto e apoio constante nas mudanças planejadas.

O líder do projeto assume o papel de agente da mudança e deve possuir um conhecimento prévio da área que será afetada pelo projeto.

O conhecimento básico em metodologia de projetos pelo líder do projeto se julga necessária, já que a equipe precisa conhecer e saber utilizar as ferramentas, obtendo assim o melhor proveito das mesmas.

3.2.3 Atividade 3 - Formar a Equipe do Projeto

Uma equipe de projeto bem formada e qualificada é essencial para o projeto. A sua formação é constituída por pequenos passos dados ao longo do desenvolvimento do projeto, que garantirão a consistência do trabalho da equipe e seu envolvimento gradativo para posterior comprometimento com relação aos resultados (MENEZES, 2007). Para Keeling (2002), quatro considerações são importantes na escolha da equipe:

- Sensibilidade – a equipe reflete mais intensamente os estilos e atitudes do líder do projeto;
- Capacidade individual – é essencial que cada participante seja plenamente capaz de contribuir para sua área de responsabilidade e esteja igualmente preparado para integrar suas contribuições às dos demais membros da equipe.
- Trabalho de equipe e cooperação – é necessária iniciativa e liderança por parte de todos os participantes, contribuindo para o sucesso da equipe;
- Compatibilidade, empatia e respeito mútuo – visto que os participantes da equipe terão diferenças de atitude e experiência.

É recomendado reunir pessoas de diversas áreas, tais como produção, logística, engenharia, qualidade e compras. Essa diversidade de conhecimentos é importante, já que o projeto busca a eliminação de desperdícios na concepção do novo *layout* e desperdícios existem em todas as áreas, desde o projeto até a manufatura do produto.

Um ponto importante é a presença dos colaboradores do chão de fábrica, principalmente operadores de máquina. São eles que realmente agregam valor ao produto e que vão colocar em prática boa parte do que for desenvolvido no projeto. Além disso, projetos executados na Empresa A com um número maior de operadores tiveram uma aceitação por parte do chão de fábrica e efetividade maiores.

Após o planejamento do projeto, é fundamental reunir a equipe e alinhar as expectativas do projeto.

3.2.4 Atividade 4 - Definir Objetivos e Indicadores do Projeto

O líder do projeto alinha os objetivos do projeto com as expectativas da empresa em relação aos resultados esperados com a alteração do *layout* escolhido. Os objetivos devem ser claros e alguns de possível alcance num curto espaço de tempo. Isso, além de permitir visualizar melhorias rapidamente, é importante para a equipe do projeto, já que encoraja e motiva a equipe do projeto a buscar a melhoria contínua. Alguns objetivos podem ser:

- Reduzir o *lead time* dos produtos A e B;
- Reduzir a área ocupada;
- Reduzir a movimentação interna dos materiais.

A correta definição dos indicadores é importante, pois os resultados precisam ser mensurados de uma forma que rapidamente a equipe consiga visualizar os ganhos/perdas para então tomar decisões, sem comprometer o andamento do projeto.

3.2.5 Atividade 5 - Definir Premissas e Restrições

As premissas são fatores tomados como verdadeiros durante o projeto. Elas oferecem um grau de risco para o projeto e devem ser constantemente revisadas, pois uma premissa que foi identificada no início do projeto pode não se aplicar nas fases finais. No projeto de um *layout* de uma empresa, a inclusão do *layout* de seus fornecedores no projeto pode ser considerada uma premissa.

Restrições são fatores que irão afetar diretamente o andamento do projeto e maneira como uma determinada atividade será executada, limitando as opções da equipe em quantidade de horas diárias dedicadas e prazo para entrega do projeto, por exemplo. Aqui é interessante deixar claro, principalmente, a abrangência do projeto no que diz respeito às áreas que vão ser afetadas e os produtos que vão ser considerados no projeto.

3.2.6 Atividade 6 – Detalhar as Atividades do Projeto

O detalhamento das atividades é importante, pois permite ao grupo a rápida visualização da sequência de atividades que compõe o projeto. O *Work Breakdown Structure (WBS)* é uma ferramenta que possibilita isso. Ele é a estrutura analítica do projeto e é composto de entregas e sub-entregas, dispostas de forma alinhadas e em níveis. Cada elemento da WBS é uma entrega ou sub-entrega do projeto.

Ao final da fase de planejamento, o líder do projeto valida o processo com a alta liderança da empresa. Um documento para formalizar o planejamento do projeto deve ser criado, com assinaturas do líder do projeto e da alta liderança.

O mapeamento com as atividades do Planejamento do Projeto pode ser visualizado na figura 3.4.

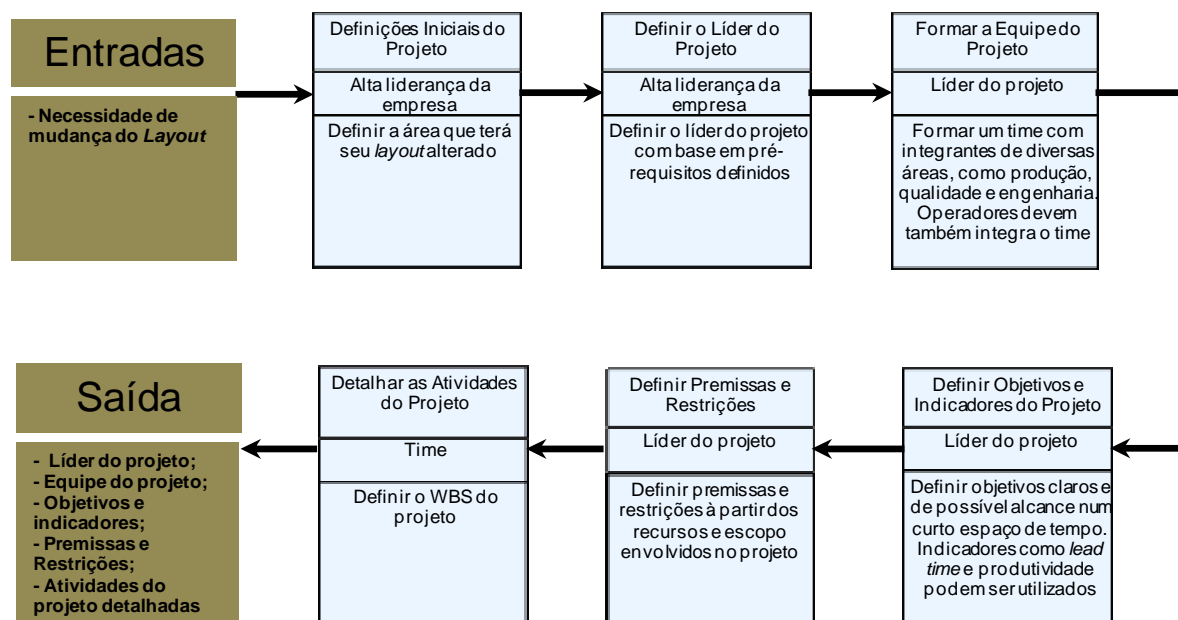


Figura 3.4 - Sequência de atividades para o planejamento do projeto

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

3.3 FASE 2 – O ESTADO ATUAL

O objetivo da fase 2 é mostrar o estado atual do *layout* que será modificado. Ferramentas como o Mapeamento do Fluxo de Valor e o Diagrama de Blocos serão utilizadas para dar a equipe uma visão geral do *layout* e possibilitar a identificação dos desperdícios presentes no mesmo.

A equipe deverá coletar todas as informações necessárias para o projeto, diretamente no *Gemba* (termo japonês que se refere ao local que acontece o trabalho que agrega valor ao produto). Recomenda-se uma reunião rápida antes de cada encontro para repassar o que foi realizado no encontro anterior e quais as próximas atividades.

Toda informação adicional que a equipe julgue relevante para o projeto deve ser incluída. Aqui entra a necessidade de se ter uma equipe do projeto multifuncional, já que cada integrante de uma dada área da empresa poderá ter um *feeling* maior para identificar informações adicionais de seu processo e de que forma elas irão impactar no projeto.

Essa fase é dividida em cinco atividades.

3.3.1 Atividade 1 – Mapear o Fluxo de Valor Porta-a-Porta

O mapeamento do fluxo de valor porta-a-porta é uma das etapas mais importantes do projeto. Não só por propiciar à equipe a completa visão do fluxo de valor, mas também por reunir uma quantidade grande de informações relevantes ao projeto. Segundo Rother e Shook (2003), o mapeamento é importante pois:

- ajuda a visualizar o fluxo, não somente processos individuais;
- ajuda identificar mais do que desperdícios, mas as fontes de desperdícios;
- mostra a relação entre o fluxo de materiais e de informações no sistema de manufatura;
- assiste na melhoria do sistema como um todo e não apenas de uma de suas partes.

Para elaborar o mapa de fluxo de valor, a equipe deve se reunir e caminhar pelo fluxo de valor, desde a saída do produto acabado até a chegada da matéria-prima na empresa, mapeando todas as atividades necessárias para fabricação dos produtos, identificando desperdícios e possíveis potenciais de otimização no *layout* atual. As conexões entre os processos e a forma como as informações e materiais fluem pelo processo são também pontos importantes no mapeamento.

O mapeamento permite identificar desperdícios no fluxo de valor de um produto. Os desperdícios de um modo geral se concentram:

- na existência de estoques elevados entre as operações;
- no tempo de ciclo elevado de algumas operações;
- no tempo elevado de *set-up's*;
- na quantidade grande de peças processadas de uma única vez.

O indicador para um fluxo de valor enxuto é o *lead time*. O objetivo é reduzi-lo ao máximo, atendendo assim o cliente de uma forma mais rápida e sem desperdícios.

Ao final dessa atividade a equipe terá uma boa visão sistêmica do fluxo de valor da empresa, possibilitando uma análise mais crítica e focada na redução de desperdícios existentes no *layout* atual.

3.3.2 Atividade 2 – Desenhar o *Layout* Macro

Um dos objetivos da abordagem proposta é propiciar a análise do *layout* a partir da visão macro para a visão micro. Dessa forma, de modo a elaborar o *layout* macro são utilizadas duas ferramentas: o Diagrama de Blocos e o Diagrama de Bolhas.

O primeiro passo é desenhar o **Diagrama de Blocos**, onde cada processo no fluxo de valor é convertido em um bloco, dando uma visão espacial de como estão dispostos os processos no estado atual. A grande vantagem é a visualização mais clara da cadeia, permitindo rearranjar os processos na busca de um fluxo contínuo, sem contra-fluxos. O diagrama de blocos não considera o *layout* no detalhe, mas sim os processos como grandes blocos. Por exemplo, *inbound*, retífica, soldagem, montagem e *outbound* seriam, cada um, blocos no diagrama. A figura 3.5 mostra um exemplo de Diagrama de Blocos.

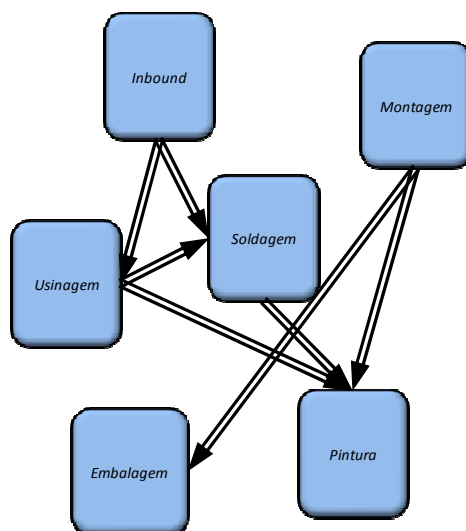


Figura 3.5 - Exemplo de Diagrama de Blocos

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

O **Diagrama de Bolhas** permite visualizar as interações “cliente-fornecedor” entre as máquinas existentes na linha de produção. Com ele é possível identificar opções de combinações e elevar o grau de orientação ao fluxo do processo, verificando se existem *pools* de máquinas (máquinas com a mesma função agrupadas em mesmo local). O objetivo é ter um fluxo homogêneo, simples e sem restrições, onde para cada “máquina fornecedora” exista apenas uma “máquina cliente”. Para elaborar o Diagrama de Bolhas, deve-se levantar todas as máquinas existentes em cada etapa do processo e indicar, através de setas, para quais máquinas uma determinada máquina “fornece” peças. Na figura 3.6 pode-se visualizar um exemplo de Diagrama de Bolhas.

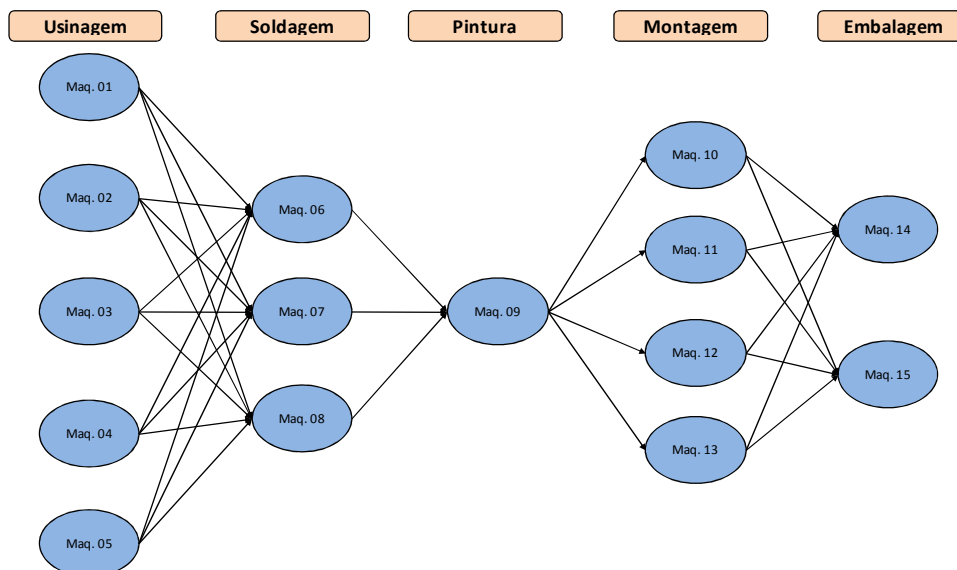


Figura 3.6 - Exemplo de Diagrama de Bolhas

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

3.3.3 Atividade 3 – Desenhar o *Layout* Micro

O *layout* micro mostra a posição de cada máquina fisicamente. O posicionamento das máquinas é importante, pois impacta diretamente no fluxo das peças. A figura 3.7 mostra um exemplo de *layout* micro.

Outras informações que podem estar presentes são a posição do abastecimento de peças, a localização de estoques de produtos e a quantidade de operadores no chão de fábrica.

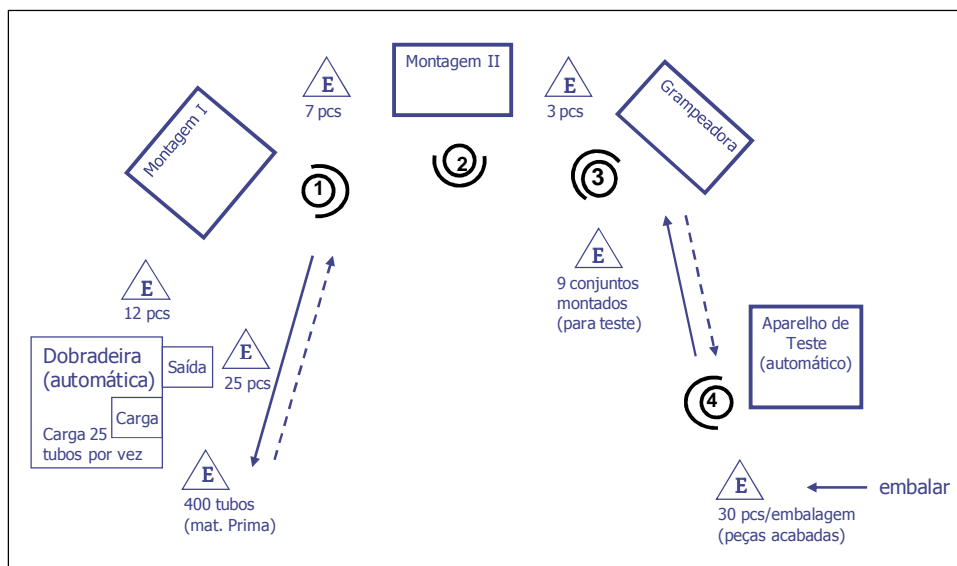


Figura 3.7 - Exemplo de *Layout Micro*
 Fonte: Adaptado de Rother e Harris (2002)

3.3.4 Atividade 4 – Desenhar o Fluxo do Produto

Para visualizar o caminho por todos as etapas do processo que um ou mais produtos, produzidos no *layout* que será modificado, percorrem é utilizado o **Diagrama Spaghetti**. (HEINÄVAARA, 2010). Uma linha é traçada sobre o *layout* seguindo o real caminho percorrido pelo produto. O objetivo é identificar desperdícios na movimentação dos materiais no processo. Um exemplo de Diagrama *Spaghetti* pode ser visualizado na figura 3.8. Para facilitar a representação, o fluxo pode ser desenhado por família de produtos, se um ou mais produtos percorrerem o mesmo caminho.

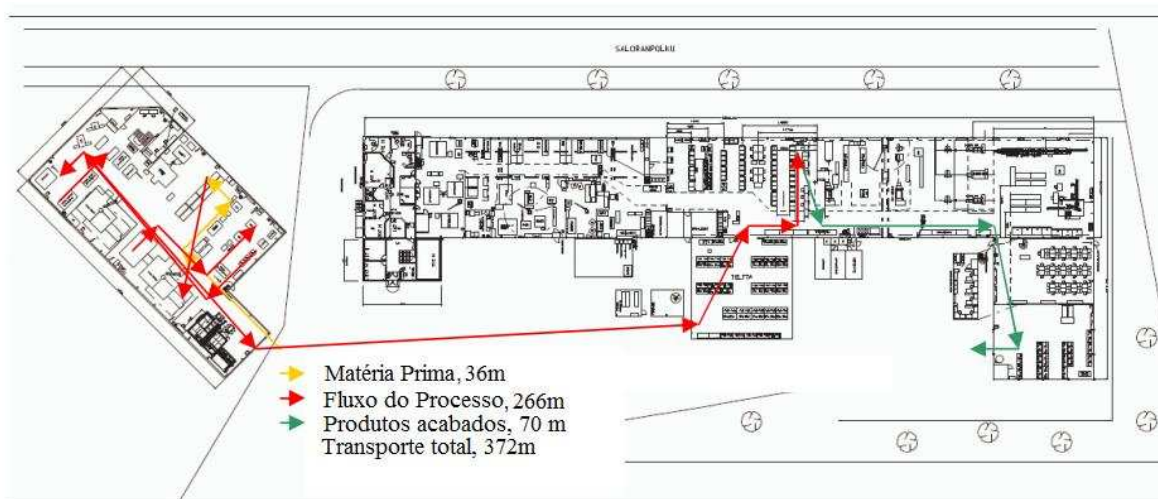


Figura 3.8 - Exemplo de Diagrama Spaghetti
 Fonte: Heinävaara (2010)

3.3.5 Atividade 5 – Levantar Dados Complementares

Aqui, outros dados necessários ao projeto devem ser listados. Alguns exemplos:

- lista com todos os produtos fabricados no *layout* que será modificado. Recomenda-se dividir os produtos em relação ao volume que representam na demanda total. Em média, 30% dos produtos representam 70% da demanda. Estes são classificados em alto volume (A). Os outros 70% dos produtos representam os 30% restantes da demanda e são classificados em médio (B) e baixo volume (C);
- demanda atual e futura dos produtos afetados pelo projeto – deve-se levantar as previsões de demanda para os próximos anos. Qualquer aumento ou redução na demanda deve ser levado em conta no projeto do *layout* futuro;
- capacidades de máquinas – Se houver aumento na demanda futura essa deve ser atendida. A capacidade das máquinas é um dos requisitos chave para isso. Se novas máquinas forem necessárias, elas devem entrar no projeto do novo *layout*.

Após finalizar a atividade 5, a fase 2 – Estado Atual é concluída. Na figura 3.9, está o mapeamento com as atividades que compõe esta fase.

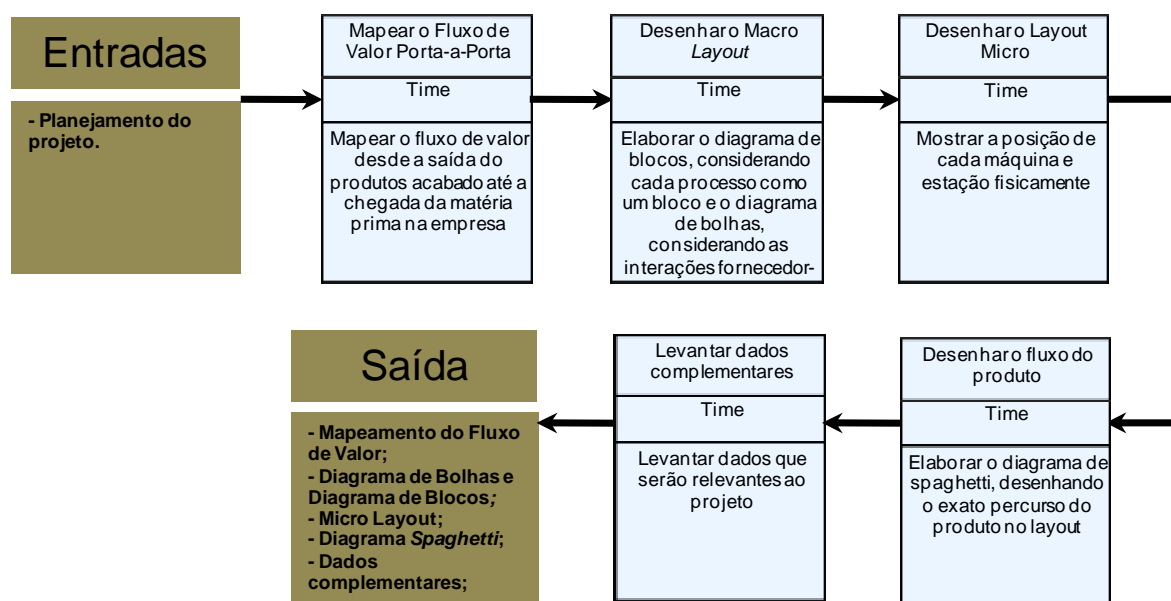


Figura 3.9 - Sequência de atividades para o Estado Atual

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

3.4 FASE 3 – O ESTADO FUTURO

Com o estado atual concluído, o estado futuro pode ser iniciado. Como citado anteriormente, o estado futuro deve ser dividido em atividades que possam ser concluídas em um curto espaço de tempo (seis meses, por exemplo, e que geralmente são executadas utilizando os recursos disponíveis) e atividades que demandem um tempo maior para implantação (como a compra de novas máquinas). Essa divisão é importante, pois alguns resultados podem ser visualizados rapidamente, trazendo benefícios para a empresa e para a equipe de projeto, que vê o resultado de seu esforço e se motiva para buscar a melhoria contínua.

A equipe se reúne para avaliar os dados e identificar possíveis desperdícios e ressaltar potenciais para o novo *layout*. O líder faz um apanhado geral das informações e se alguma informação adicional for necessária o grupo deve buscá-la diretamente no *Gemba*.

Nesta fase, dois pontos merecem destaque. O planejamento deve partir do nível macro para o nível micro. Isso possibilita no início enxergar o todo, onde as linhas são concebidas e se tem uma visão ampla da ligação entre as células de produção, bem como o sentido do fluxo principal da peça no *layout*. Se segue então para o nível micro, onde o planejamento detalhado das células, com rearranjo de máquinas e do fluxo de materiais e informações é executado. O segundo ponto é sempre trabalhar com diferentes concepções

para o novo *layout* durante as definições dos *layouts* macro e micro, facilitando a escolha do mais adequado pela equipe de projeto através de critérios quantitativos e qualitativos que devem estar conectados aos objetivos do projeto definidos na Fase 1.

O estado futuro está dividido em sete atividades.

3.4.1 Atividade 1 – Análise da Demanda Futura para os Produtos Afetados pelo Projeto

O *takt time* é o ritmo no qual os clientes solicitam um produto acabado e é determinado pela divisão do tempo disponível pela demanda do cliente. Ele será calculado e servirá como uma das bases para a concepção do *layout* futuro. Aumentos ou reduções consideráveis no *takt time* devem ser avaliados cuidadosamente. Se, por exemplo, uma redução no *takt time* não for levada em conta e após a finalização do projeto essa redução acontecer, novas modificações de *layout* podem se julgar necessárias, demandando novos investimentos. O contrário, um aumento do *takt time*, pode gerar capacidade ociosa e espaço ocupado desnecessariamente.

Como exemplo, tem-se a seguinte situação: uma empresa produz o produto A em duas células de produção, operando 24 horas por dia, sete dias por semana. A demanda mensal para o produto A é de 300.000 peças. Dessa forma, seu *takt* é

$$\begin{aligned} \mathbf{Takt} &= \mathbf{Tempo\ disponível / Demanda} \\ \mathbf{Takt} &= 7 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} \times 60 \text{ segundos} / 300.000 \text{ peças} \\ \mathbf{Takt} &= 2.592.000 \text{ segundos} / 300.000 \text{ peças} \\ \mathbf{Takt} &= 8,64 \text{ segundos/peça} \end{aligned}$$

Dois células produzem o produto A. Cada uma produz 1 peça em um tempo de ciclo de 12 segundos.

$$\begin{aligned} \mathbf{Tempo\ Médio\ de\ Ciclo} &= \mathbf{\sum Tempos\ de\ ciclos/n^\circ\ de\ células\ que\ produzem} \\ \mathbf{Tempo\ Médio\ de\ Ciclo} &= 12 \text{ segundos}/2 \\ \mathbf{Tempo\ Médio\ de\ Ciclo} &= 6 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Ou seja, uma peça é fornecida pelas células a cada 6 segundos. Dessa forma as 2 células atendem o *takt* pois

$$\begin{aligned} \mathbf{Takt} &\leq \mathbf{Tempo\ Médio\ de\ Ciclo} \\ 8,64 \text{ segundos} &< 6 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Caso no ano seguinte a demanda aumente para 500000 peças, o novo *takt* será

$$\begin{aligned} \mathbf{Takt} &= 2.592.000 \text{ segundos} / 500000 \text{ peças} \\ \mathbf{Takt} &= 5,18 \text{ segundos/peças} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Takt} &\leq \mathbf{Tempo\ Médio\ de\ Ciclo} \\ 5,18 \text{ segundos} &> 6 \text{ segundos} \end{aligned}$$

Com a redução do *takt*, apenas as duas células existentes não atenderão a demanda. Dessa forma, novos investimentos em equipamentos ou até mesmo uma nova célula poderão ser necessários¹.

Por isso, é interessante que essa informação seja clara e precisa e que a equipe a use durante todo o projeto. Recomenda-se avaliar os anos seguintes ao ano corrente. Prognoses e previsões são válidas, já que é muito difícil haver uma certeza em um horizonte de anos.

Em um mundo onde as máquinas não são completamente capazes ou disponíveis e a demanda muda, é melhor estabelecer uma meta em não mais que 80% do menor *takt time*. Isto assegura que o operador não tenha que esperar a máquina encerrar o ciclo de trabalho e fornece um pouco de capacidade

¹ No exemplo, a empresa não tinha disponibilidade para horas extras. Quando possível, horas extras podem atender a demanda sem a necessidade da compra de novos equipamentos.

extra para absorver algum aumento de demanda, sem a necessidade de investir em equipamentos ou pagar por uma grande quantia de horas extras. (ROTHER E HARRIS, 2002).

Caso as máquinas não consigam cumprir a folga de 20% no *takt time*, Rother e Harris (2002) sugere:

- *kaizen* de processo de carga, início e descarga;
- eliminar o desperdício do próprio ciclo da máquina;
- repartir algumas tarefas da máquina gargalo e usar mais do que uma máquina para fazê-las;
- instalar duas máquinas do mesmo tipo e alternar a produção entre elas;
- aumentar o número de linhas.

3.4.2 Atividade 2 – Definir a Concepção das Linhas

Nessa etapa, a tabela contendo todos os produtos fabricados e a classificação ABC deve ser utilizada. Dessa forma, a decisão sobre a utilização de linhas de produção dedicadas ou não pode ser tomada.

Um meio para concepção das linhas pode ser separá-las em altos e baixos volumes. A divisão então fica entre linhas que produzirão apenas os produtos classificados como A e linhas que produzirão os produtos B e C. Com isto, foca-se na flexibilidade das linhas com os produtos B e C, com curtos tempos de *setup*, para atender a produção de muitos tipos. E busca-se a robustez para as linhas com os produtos A, já que as mesmas irão produzir grandes quantidades com uma gama menor de produtos, tendo número reduzido de paradas por *setup*.

Outro ponto importante na questão de linhas dedicadas é o conceito *First In First Out* - FIFO. Desde que um ponto de decisão se cria em uma etapa do processo, o FIFO fica prejudicado. Dessa forma, uma separação física de máquinas e o conseqüente direcionamento do fluxo pode se julgar mais vantajoso.

Segundo Rother e Harris (2002), em certos momentos a demanda é suficientemente alta para permitir que cada célula/linha seja dedicada para um único produto. No entanto, se a demanda girar entre os diferentes produtos e for possível manter o tempo de troca curto, será melhor compartilhar os modelos de produtos entre as células/linhas. Nesse caso, a habilidade de cada processo em acomodar as mudanças da demanda de produtos é muito maior no segundo caso.

3.4.3 Atividade 3 – O Mapeamento do Fluxo de Valor – Estado Futuro

O Mapeamento do Fluxo de Valor para o estado futuro deve ser elaborado buscando eliminar os desperdícios encontrados no mapeamento do estado atual.

Pontos importantes:

- defina um estado futuro que seja alcançado num período de tempo de seis meses à um ano;
- foque na robustez do processo, já que processos problemáticos impedem o fluxo contínuo;
- busque reduzir o tempo de ciclo das operações e dos *set-up's*, garantindo assim maior flexibilidade para a linha;
- o fluxo de informação é um ponto muito importante na concepção do *layout* orientado ao fluxo. Informações claras e precisas permitem que o material vá de um processo a outro sem desperdícios. O objetivo é projetar um fluxo de informações simples, mas robusto. O início é pelo nivelamento da demanda do cliente (*Heijunka*). Em geral, o cliente compra de uma forma desordenada e sem previsões. Busca-se então nivelar essa demanda, fazendo com que a variação não afete a produção;
- o *Kanban* é uma ferramenta que facilita o gerenciamento da produção. Através de cartões de compra e produção a linha produz apenas o que o cliente quer, evitando desperdícios;
- projete estoques, quando necessários, através de supermercados que são calculados e controlados através do *kanban*. Estoques não calculados escondem muitos desperdícios no processo, como a superprodução, e devem ser eliminados.

3.4.4 Atividade 4 – Elaborar o *Layout* Macro

Nesta fase inicia a avaliação do nível macro do *Layout*. Segundo Muther (1978), na fase de projeto do *layout* macro a posição relativa entre as diversas operações é estabelecida e os modelos de fluxo e as áreas são trabalhados em conjunto de forma que as inter-relações e a configuração geral da área sejam definidas no nível macro.

A orientação geral da linha parte da elaboração do Diagrama de Blocos. O fluxo deve seguir uma direção principal.

Alguns pontos importantes:

- projete o *layout* para que o material siga um fluxo principal;
- evite contra fluxos;
- todos os estágios da produção devem estar diretamente conectados (usinagem, pintura, pré-montagem, montagem, por exemplo).

A figura 3.10 mostra um exemplo de um *layout* macro atual e futuro.

Para facilitar a escolha da melhor *layout*, deve ser concebida mais que uma alternativa de *layout* macro, as quais serão julgadas pela equipe posteriormente com o auxílio de dois tipos de avaliação:

- Avaliação quantitativa – algumas métricas interessantes são: produtividade/área, custos com transporte e tempo de atravessamento da peça;
- Avaliação qualitativa – podem ser utilizadas métricas como: flexibilidade e orientação ao fluxo de materiais.

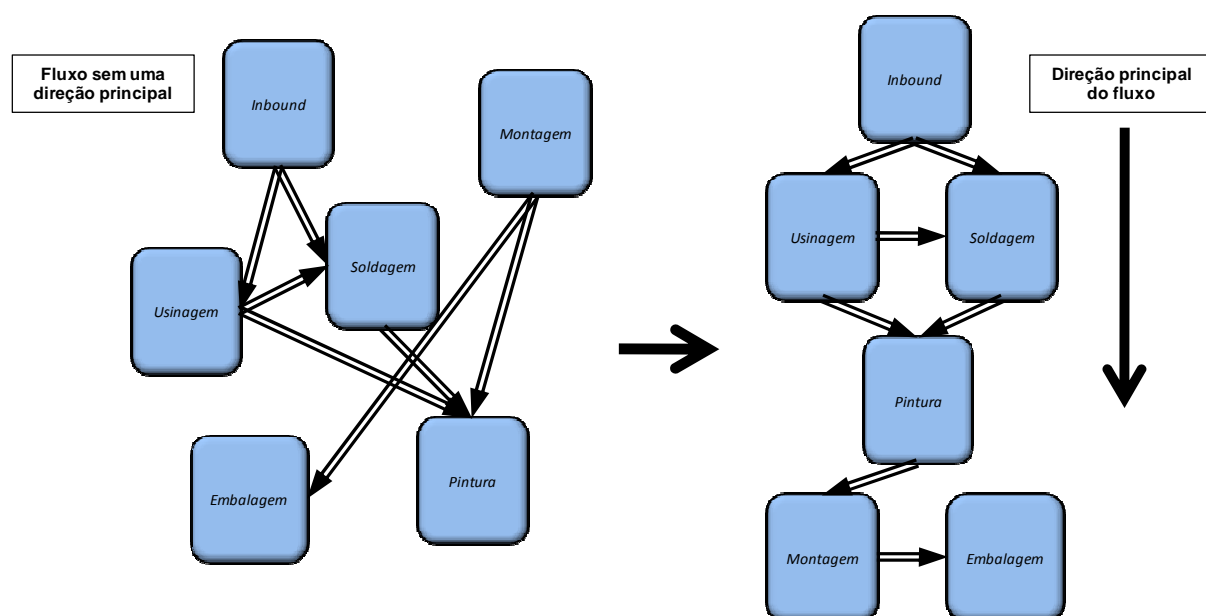


Figura 3.10 – Exemplo de *Layout* Macro atual e futuro

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

Recomenda-se fazer uma tabela colocando os critérios de decisão para escolha da alternativa (que podem ser baseados nos objetivos do projeto) e as alternativas concebidas, pontuando cada uma das alternativas seguindo, por exemplo, critérios como atende (3), atende parcialmente (2) e não atende (1). A tabela 4 mostra um exemplo de matriz de decisão.

Dada a importância da escolha da melhor alternativa do *layout* macro, é interessante a participação da alta liderança da empresa nesta etapa. A escolha da alternativa do *layout* macro irá afetar diretamente o negócio e a opinião de pessoas com uma visão ampla da empresa irá agregar valor ao projeto e a consequente escolha da melhor alternativa.

O Diagrama de Bolhas é a segunda ferramenta para definir o *layout* macro e, como citado anteriormente, ilustra a interação “fornecedor-cliente” em termos de máquinas e estações. Aqui se deve buscar eliminar o *pool* de máquinas. Ele se caracteriza pelo conjunto de máquinas que executam a mesma operação. Muitas vezes, o *pool* de máquinas é proveniente do *layout* funcional. O objetivo é que o *pool* seja eliminado e que se tenham máquinas dedicadas para a produção de determinado produto. A vantagem disso é a dedicação das máquinas para determinados produtos ou família de produtos, facilitando a gestão da linha de produção.

Tabela 4 – Exemplo de matriz de decisão para avaliação das alternativas de *layout* propostas

| Critérios de decisão | Grau de impacto | | |
|----------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| Flexibilidade | 1 | 1 | 2 |
| Orientação ao fluxo de materiais | 3 | 2 | 3 |
| Custos com transporte | 2 | 3 | 3 |
| Produtividade/área | 3 | 1 | 2 |
| <i>Lead time</i> | 2 | 2 | 2 |
| Soma | 11 | 9 | 12 |



Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

A eliminação do *pool* de máquinas é essencial para a concepção do fluxo contínuo, do FIFO e para uma maior flexibilidade da linha. A figura 3.11 mostra um exemplo de Diagrama de Bolhas sem *pools* de máquina.

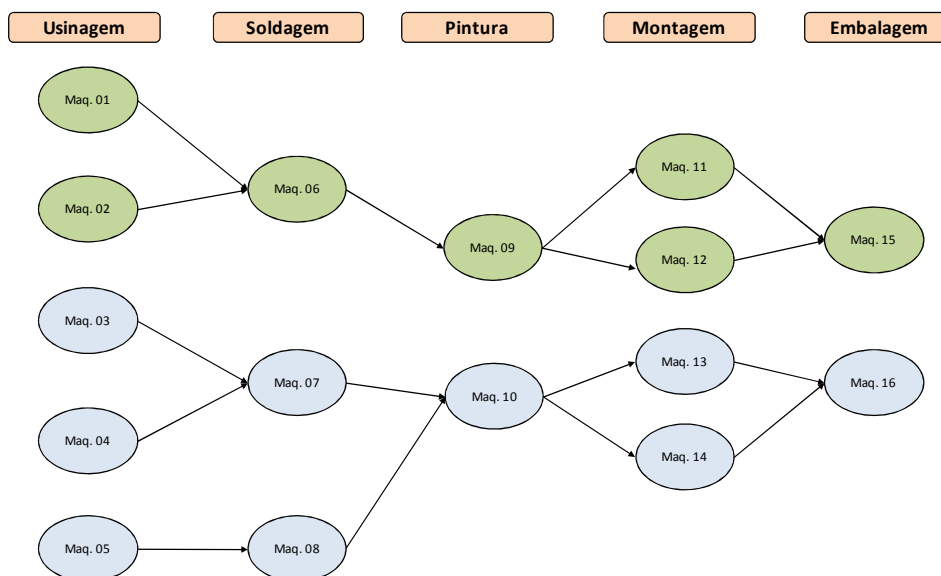


Figura 3.11 – Exemplo de Diagrama de Bolhas sem *pools* de máquina

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

3.4.5 Atividade 5 – Analisar o Fluxo do Produto

A definição do *layout* Micro inicia a partir do Diagrama *Spaghetti*. No *layout* micro a localização de cada máquina e equipamento é estabelecida e o resultado dessa fase é comumente uma folha ou uma maquete com os modelos de cada máquina individual ou equipamento. (MUTHER, 1978).

O Diagrama *Spaghetti*, como descrito anteriormente, é uma representação gráfica do caminho que a peça percorre pelo processo. Quanto mais a linha que representa esse caminho for sinuosa e possuir cruzamentos, mais problemático é o fluxo.

Quando o foco é um *layout* orientado ao fluxo, objetiva-se a não existência de contra fluxos ou fluxos confusos. Eles são uma barreira para o fluxo contínuo e dificultam o gerenciamento da produção. Dessa forma, o arranjo das máquinas que será realizado no estado futuro deve levar em conta um fluxo claro e limpo.

3.4.6 Atividade 6 – Elaborar o *Layout* Micro

Com a análise do Diagrama *Spaghetti* parte-se para o arranjo das máquinas e estações, definindo o *layout* micro de forma a garantir o fluxo contínuo e suave da peça no *layout*.

Algumas recomendações ao projetar o *layout* micro:

- alimentação do *layout* em “U” pode ser feita por fora da estação de trabalho e no *layout* em “linha” pelo lado da máquina;
- as máquinas e estações podem ser arranjadas de acordo com a sequência das operações;
- pontos de entrada e saída de materiais, orientados pela rota de abastecimento e coleta. As peças devem ser entregues ao alcance do operador;
- alternativa para processos que produzem em lotes (tratamento térmico, por exemplo) podem ser escolhidas, utilizando equipamentos menores diretamente nas linhas.
- bancadas e máquinas podem ser aproximadas, reduzindo o espaço necessário e aumentando a flexibilidade da mão-de-obra;
- mantenha local de trabalho apropriado ergonomicamente;
- coloque, quando possível, certas instalações (como painéis de máquinas) no teto para facilitar o ajuste do *layout*;

Aqui também é interessante conceber mais que uma alternativa para auxiliar a equipe encontrar a melhor solução. Da mesma forma que o *layout* macro, essas alternativas também devem ser avaliadas. A mesma lógica de definição, quantitativa ou qualitativa, pode ser seguida.

3.4.7 Atividade 7 – Projetar a Logística Interna de Abastecimento e Retirada de Peças

A logística de materiais exerce grande importância no fluxo da peça durante o seu processamento. Um bom sistema de abastecimento de materiais faz com que a peça flua de uma forma contínua e suave ao longo do *layout*, processo a processo, sem desperdícios. Um sistema logístico bem planejado e gerenciado é a maneira mais eficiente de transportar materiais e informações ao longo da planta porque (HARRIS *et. al.*, 2004):

- reduz e controla os níveis de estoque;
- atende múltiplos clientes internos continuamente;
- facilita a entrega de peças e retirada de embalagens vazias, sendo que a informação ocorre simultaneamente pelo mesmo movimentador de materiais;
- libera espaços para a produção;
- maximiza a eficiência do fluxo contínuo de materiais, assegurando que as quantidades certas das peças certas estarão sempre à disposição;

Alguns pontos importantes devem ser observados no projeto da logística interna:

- utilize rotas de fornecimento e coleta com processos padronizados e ciclos determinados. O objetivo é reduzir estoques com fornecimentos frequentes, além de aumentar a flexibilidade da linha. Esse tipo de abastecimento é conhecido como *Milk Run*;
- evite armazenamentos centrais de estoque. Prefira estoques descentralizados nos processos pois facilita a gestão dos estoques;

- o tamanho dos lotes transferidos (SNP – *Standard Number of Parts*) deve ser pequeno e constante através do fluxo de valor. Dessa forma se evita que grandes estoques sejam formados, escondendo desperdícios;
- itens de grande volume devem ser entregues diretamente da rota de abastecimento para o posto de trabalho. Estoque de itens grandes ocupa muito espaço;
- busque o *Ship to line* (entrega diretamente na linha). As peças dos fornecedores são entregues diretamente no posto de trabalho pela rota, sem armazenamentos intermediários. Isso evita a formação de estoques e permite a redução do *lead time*.
- utilize o PFEP – *Plan For Every Part* (Plano para Cada Peça) – O PFEP é importante, pois concentra todas as informações da logística dos materiais (fornecedores, frequência de compra, embalagens, pontos de uso) numa única base de dados. Além disso, permite a visualização de desperdícios na logística dos materiais.

Com isso se finaliza a fase 3 – Estado futuro. As atividades que compõem essa fase são visualizadas na figura 3.12.

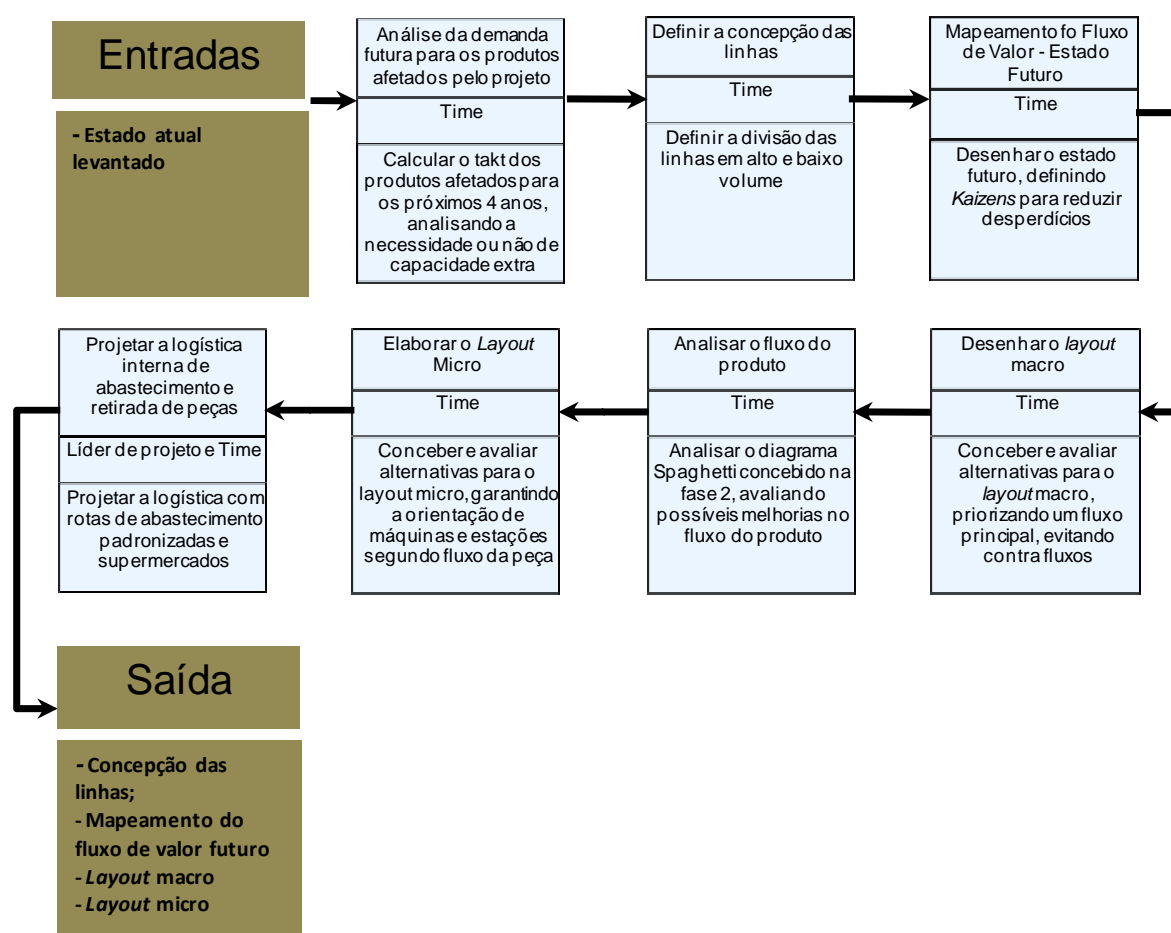


Figura 3.12 - Sequência de atividades para a elaboração do Estado Futuro

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

3.5 FASE 4 – A IMPLANTAÇÃO

Depois de projetado o novo *layout*, se parte para a fase de implantação. O objetivo desta fase é por em prática todo o plano que foi definido na fase 3 e realizar a movimentação física das máquinas, concebendo o novo *layout*.

3.5.1 Atividade 1 – Definir o Plano de Implantação

Um plano de implantação para a mudança deve ser elaborado, com prazos e responsáveis definidos. E deve ser revisado em períodos curtos (quinzenalmente, por exemplo), para garantir que os prazos acordados para implantação sigam conforme planejado. Segundo Rother e Harris (2002), um plano de implantação deve conter as razões para as melhorias do processo, um resumo das condições atuais e futuras, um programa de implantação e um lugar para registrar as metas e os resultados.

Rother e Harris (2002) citam que o mais importante de um plano de implantação não é criá-lo, mas sim usá-lo regularmente para medir o progresso da implantação e apontar problemas. É importante a participação da alta liderança e que esta:

- saiba os objetivos e metas;
- reveja o processo regularmente para avaliar os problemas que afetam o cumprimento das metas;
- responda rapidamente a esses problemas para manter a implantação no rumo certo.

3.5.2 Atividade 2 – Movimentar as Máquinas e Estações

As máquinas e estações devem ser movimentadas, segundo o *layout* selecionado. Um estoque de produtos acabados poderá ser necessário, já que a mudança do *layout* pode levar semanas. Nesse caso, a equipe avalia o estoque atual, compara as demandas para os próximos meses. Podem ser necessárias horas extras ou até mesmo renegociação de pedidos com os clientes para compensar a parada.

É recomendado também movimentar máquinas e estações em etapas, onde se movimentam as máquinas de uma operação para o novo local e então se inicia a produção com as mesmas. Depois se faz o mesmo com as máquinas da próxima operação e assim sucessivamente. Dessa forma, pode-se melhor planejar o fornecimento de produtos da linha de produção e assim não afetar ou afetar em menor grau o cliente final. Nesse caso, uma operação deve fazer um estoque suficiente para que ela possa ser parada e então movimentada e não afete a operação posterior.

Rother e Harris (2002) citam a utilização da etapa de remoção de problemas. Isso é feito durante a movimentação das máquinas e busca apontar a existência de problemas no novo *layout*, para reduzir ou mesmo eliminar estes problemas.

3.5.3 Atividade 3 – Finalizar a Implantação

A documentação para o novo *layout*, como roteiros com atividades a serem executadas pelos operadores, pode ser feita em paralelo a movimentação de máquinas e bancadas.

Rother e Harris (2002) apontam também o estabelecimento de rotinas diárias, semanais e mensais no novo *layout*, após a movimentação de máquinas, como forma de garantir que as melhorias sejam mantidas. O foco deve ser no fluxo do produto pelo *layout*, se atentando a estoques entre processos, fluxo de *kanbans*, rotas de abastecimento de peças, movimentação de operadores, entre outros.

É interessante elaborar um documento com as lições aprendidas no projeto do *layout*. Isso auxilia em muito nos projetos futuros, conforme constatado na Empresa A, já que erros cometidos podem ser evitados e práticas que trouxeram bons resultados utilizadas novamente.

A figura 3.13 mostra as atividades que estão inseridas na fase 4.

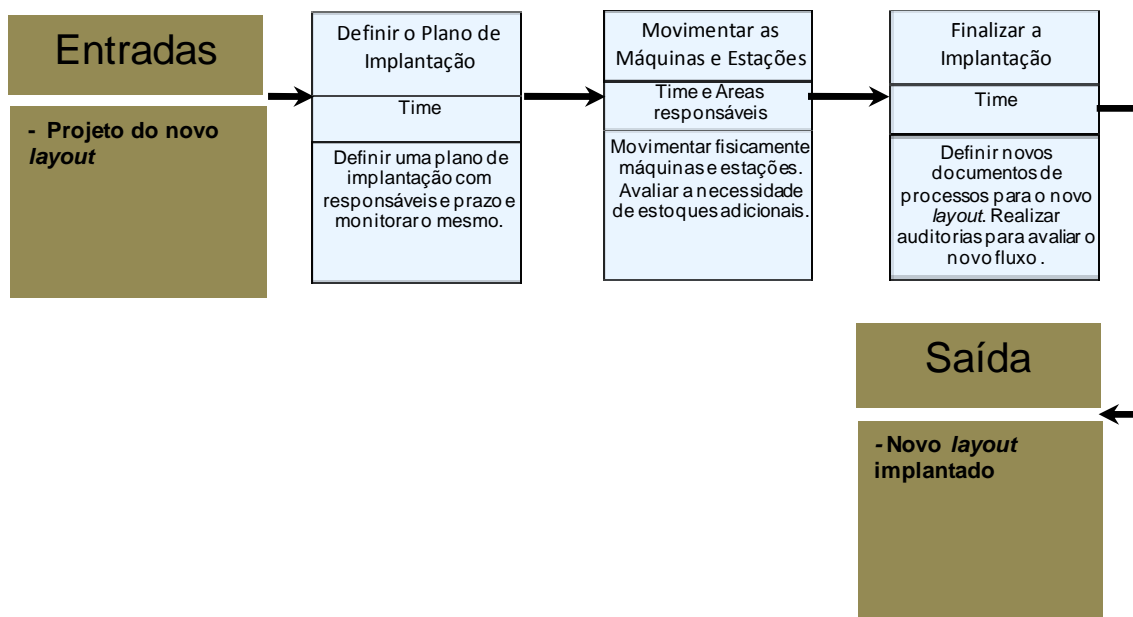


Figura 3.13 - Sequência de atividades para a implantação do novo layout

Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO 3

Este capítulo apresentou a abordagem para o projeto de *layout* orientado ao fluxo, elaborada em conjunto entre pesquisador, orientador e uma empresa do ramo metal-mecânico de Curitiba-PR. Foi explanado inicialmente a real necessidade que motivou a elaboração da abordagem, assim como suas principais características, pontos relevantes e objetivos.

Após, descreveu-se a estrutura da abordagem, onde a mesma está dividida em quatro fases e cada fase é composta de um conjunto de atividades. As fases e atividades são visualizadas através de um mapeamento elaborado em cada fase, que contém caixas com informações pertinentes às fases.

Foram apresentadas todas as fases que compõe a abordagem. A fase 1 consiste no planejamento do projeto, onde se destacam a definição do líder e da equipe do projeto, além da definição dos objetivos, indicadores, premissas e restrições do projeto. Na fase 2 o estado atual é desenhado, desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto acabado, destacando-se o uso de ferramentas tais como o Mapeamento do Fluxo de Valor, o Diagrama de Blocos e o Diagrama de Bolhas. Na fase 3 o estado futuro é definido com base no estado atual mapeado na fase 3. Por fim, na fase 4 o *layout* elaborado na fase 3 é implementado.

Realizada a apresentação da abordagem proposta, no capítulo 4 a abordagem será implantada em um ambiente fabril a fim de validar a mesma.

4 APLICAÇÃO DA ABORDAGEM PROPOSTA

O Capítulo 4 apresenta a aplicação prática em uma empresa da abordagem proposta no Capítulo 3, para concepção de um *layout* orientado ao fluxo do produto. Isso servirá de base para validação da mesma e maior compreensão dos fatores envolvidos na concepção do *layout*. A primeira Fase é o Planejamento do Projeto.

4.1 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO

4.1.1 Atividade 1 – Definições Iniciais do Projeto

O *layout* escolhido está localizado na empresa A. Nele ocorre a fabricação da Agulha, que é um dos componentes utilizados no produto final que a empresa fornece, injetores para injeção à diesel. Na figura 4.1 pode ser visualizada uma foto do produto. O ponto crítico para sua fabricação são as tolerâncias, que vão à casa de centésimos de *mícrons*.

Após sua fabricação, a Agulha é montada no Corpo Injetor, formando o Bico Injetor, que então é enviado para a montagem do Injetor. Dessa forma, o cliente interno da agulha é a linha de montagem do Bico Injetor.



Figura 4.1 – Agulha

Fonte: Dados da empresa A (2010)

Algumas práticas da Manufatura Enxuta como o *Kanban* e o Trabalho Padronizado já estão sendo utilizadas na linha de produção. O grande problema é realmente o *layout* utilizado. A existência de *pools* de máquina, operações localizadas em pavilhões diferentes e operações que possuem interação cliente-fornecedor distantes entre si, dificultam o fluxo, elevam o custo do produto, reduzem a produtividade do processo e não permitem o foco maior na qualidade do produto. Dessa forma, se justifica a necessidade da aplicação da abordagem proposta no capítulo 3.

Existem duas famílias principais de produtos: A e B (assim chamadas por razões de confidencialidade). São divididas dessa forma por apresentarem aplicação em produtos finais (Bico Injetor) diferentes. No entanto, em algumas etapas do processo, principalmente nos *pools* de máquina, não existe uma separação física de qual máquina ou estação produz determinada família. A família A é composta de 62 diferentes produtos, onde são necessárias 6 operações (tratamento térmico, processo de retífica 1, 2 e 3, lavagem e medição do produto) para fabricação dos mesmos. Na família B existem 20 produtos, com 9 operações (tratamento térmico, processo de retífica 1, 2 e 3, processo de retífica 4, revestimento, processo de retífica 5, lavagem e medição do produto) necessárias para sua fabricação.

O processo conta com 45 colaboradores, contabilizando os 3 turnos.

O volume de produção fica em torno de 25.000 peças/dia para as 2 famílias. Para a família A o volume é de 17.000 peças/dia e para a família B 8.000 peças/dia.

O regime atual de trabalho são dois turnos, de 8 horas cada, durante 5 dias da semana. Eventualmente, recorre-se ao terceiro turno ou horas extras nos fins de semana para atender a demanda.

4.1.2 Atividade 2 - Definir o Líder do Projeto

Por ter proposto a abordagem (Capítulo 3) que foi utilizada e estar diretamente envolvido na linha produtiva estudada, o autor foi nomeado o Líder do Projeto. O mesmo possui conhecimentos em Manufatura Enxuta e Planejamento de Projetos, conhecimentos básicos necessários ao líder deste projeto.

4.1.3 Atividade 3 – Montar Equipe do Projeto

A abordagem propõe que a equipe de projeto deve ser multifuncional, pois o projeto afeta praticamente todas as áreas envolvidas na fabricação do produto. Dessa forma, foram envolvidas pessoas das áreas de Fabricação (operadores e supervisores da área envolvida no projeto), Tecnologia de Fabricação (área de suporte técnico à fabricação), Engenharia de Produto, Logística, Compras, Vendas e Qualidade.

A equipe continha 15 membros. O líder teve dedicação exclusiva durante o projeto e o restante da equipe dedicação de meio período diário, durante um mês.

Cabe salientar que a liderança da área de fabricação envolvida no projeto estava desde o início dando apoio ao mesmo. Isso deu autonomia para a equipe durante o desenvolvimento do projeto.

4.1.4 Atividade 4 – Definir Objetivos e Indicadores

Os objetivos para o projeto foram definidos e alinhados ao atual plano de objetivos e metas da empresa.

Dessa forma, os objetivos foram listados como segue:

- reduzir o *lead time* atual, para atender mais rapidamente os clientes;
- reduzir a área ocupada, podendo-se assim agrupar todas as operações necessárias para fabricação da Agulha em um único prédio;
- reduzir a movimentação interna dos materiais;
- eliminar os *pools* de máquinas existentes;
- aumentar a produtividade do processo.

Os objetivos do projeto não possuem metas pois estão atrelados ao retorno do projeto.

A equipe definiu como principais indicadores de modo a acompanhá-los durante todo o projeto, servindo de base para decisões:

- retorno do Projeto - É a medida de quanto tempo o montante gasto com o projeto será pago;
- *lead Time*;
- área utilizada pelo *layout* atual.

4.1.5 Atividade 5 – Definir Premissas e Restrições

De acordo com situações já vivenciadas, exigências da alta liderança e desejos da equipe, as premissas e restrições foram definidas.

Premissas:

- o projeto abrangerá somente o *layout* porta-a-porta, não envolvendo fornecedores ou clientes;
- o projeto deve envolver as duas famílias de produtos, A e B;
- todo o *layout* envolvido para fabricação da Agulha deve se localizar no mesmo prédio.

Restrições:

- o retorno do projeto não deve ser maior do que 3 anos;

4.1.6 Atividade 6 – Detalhar as Atividades do Projeto

Nesta atividade a equipe definiu o WBS, onde o projeto foi graficamente representado, evidenciando as atividades necessárias para sua execução. O resultado pode ser visualizado na figura 4.2

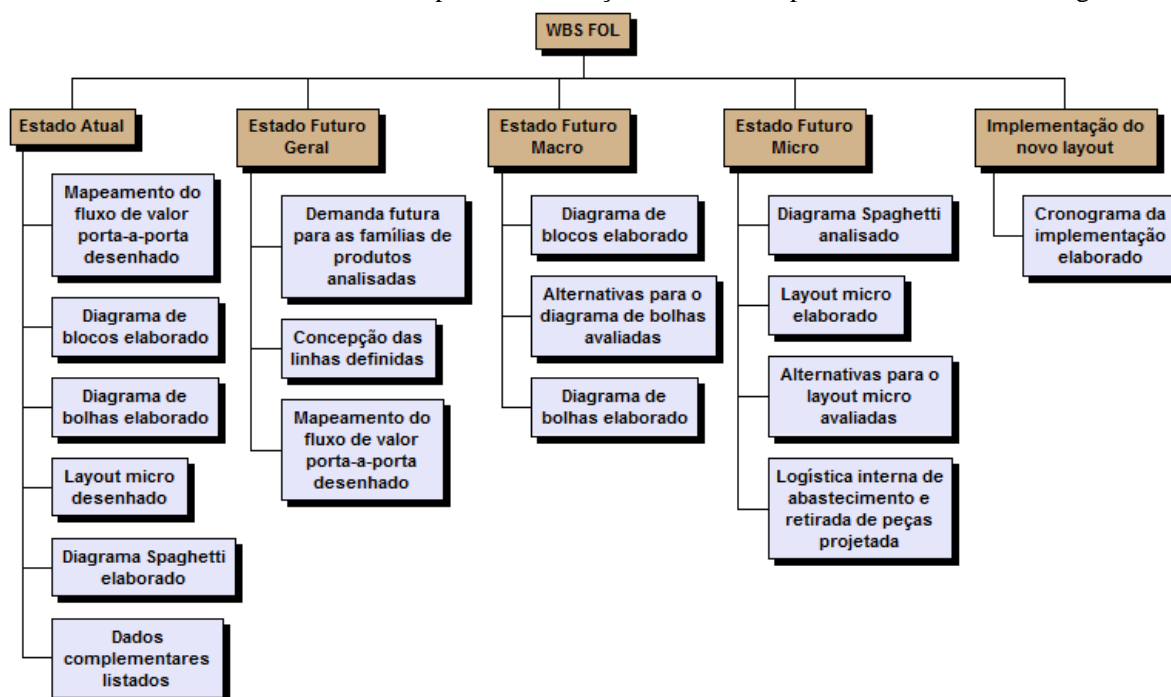


Figura 4.2 – WBS do projeto
Fonte: Elaborado pelo autor (2010)

4.2 FASE 2 – O ESTADO ATUAL

Definido o Planejamento do Projeto, a abordagem proposta no Capítulo 3 define que a equipe de projeto seguisse para o *Gemba*, de modo a iniciar o desenho do Estado Atual.

4.2.1 Atividade 1 – Mapear o Fluxo de Valor Porta-a-Porta

A equipe iniciou o mapeamento de todas as atividades necessárias à fabricação do produto, desde a entrega da Agulha ao cliente interno (a montagem do Bico Injetor) até a chegada da matéria prima no setor de recebimento (*Inbound*) na empresa. Dessa forma, pode-se obter uma visão do todo para começar a enxergar os desperdícios no fluxo de valor da Agulha. Os resultados serão discutido na fase 3.

O Mapeamento do fluxo de valor atual pode ser visualizado no Apêndice 1.

4.2.2 Atividade 2 – Desenhar o *layout* Macro

Com o auxílio das ferramentas Diagrama de Blocos e Diagrama de Bolhas a equipe desenhou o *layout* na visão macro. O Diagrama de Blocos pode ser visualizado na figura 4.3. O Diagrama de Bolhas é mostrado no Apêndice 2. A análise de ambos será feita na fase 3.

4.2.3 Atividade 3 – Desenhar o *Layout* Micro

A equipe não precisou desenhar o *layout* micro, pois o setor de tecnologia de manufatura possuía um *layout* detalhado, com a localização de máquinas e estações, posição de *flow racks*, supermercados e operadores. Os *layouts* serão divididos em *Inbound* (Prédio A), Tratamento Térmico (Prédio A), Revestimento (Prédio C) e Processo de Retífica (Prédio B). Na fase 3 os resultados serão analisados.

Dada a quantidade de arquivos, já que se trata de quatro *layouts* em separado, o *layout* micro atual será visualizado juntamente com a elaboração do *Diagrama Spaghetti*.

4.2.4 Atividade 4 – Desenhar o Fluxo do Produto

Com o auxílio do *layout* micro levantado na atividade anterior, a equipe desenhou o Diagrama *Spaghetti*, buscando tornar visível o fluxo da peça ao longo do *layout*. O resultado pode ser visualizado nos Apêndice 3, 4, 5 e 6. Na fase 3 o fluxo do produto será analisado.

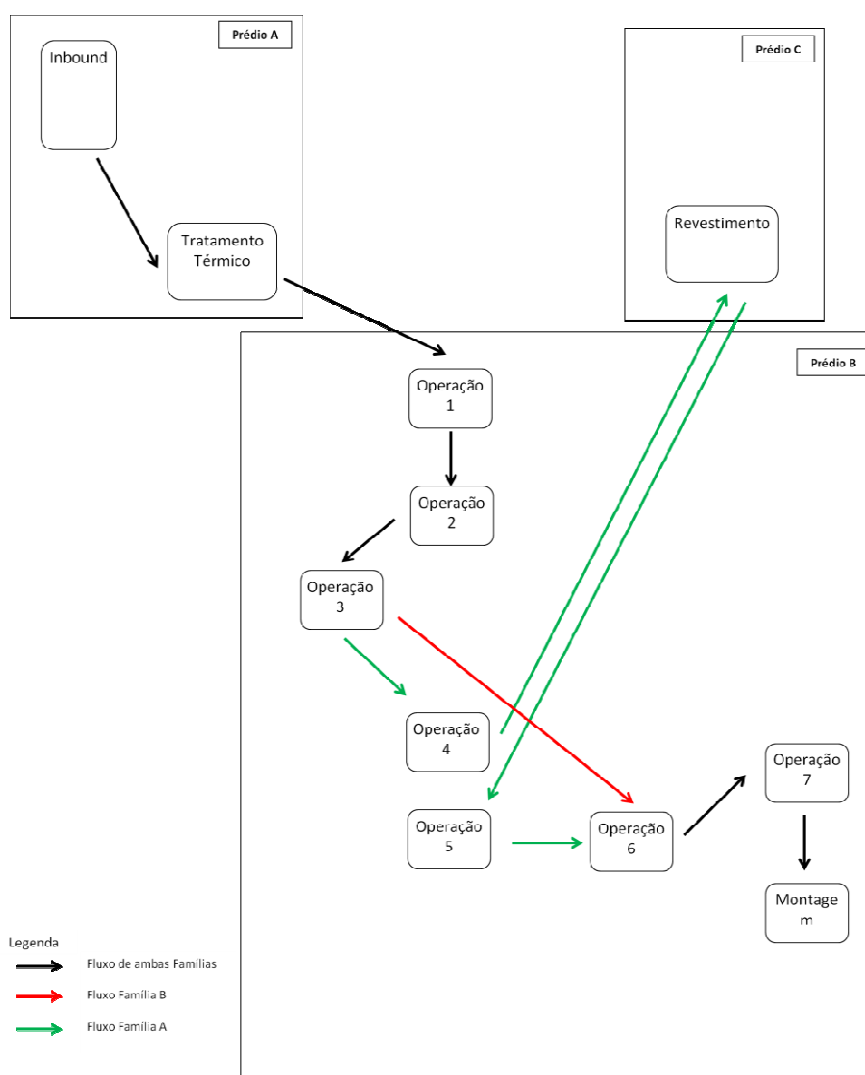


Figura 4.3 – Diagrama de Blocos atual

Fonte: Dados da empresa A (2010)

4.2.5 Atividade 5 – Levantar Dados Complementares

Após coleta das informações citadas anteriormente, a equipe listou algumas informações adicionais. A primeira delas foi a demanda de Agulhas para os próximos quatro anos. Essa informação foi julgada importante, já que mudanças na demanda podem requerer o aumento de capacidade da linha de produção e uma consequente nova alteração do *layout* no futuro, o que demandaria novos investimentos para a empresa A. Investimentos esses que poderiam ser evitados com essa análise. A base utilizada foi a diária (tomou-se o ano com 248 dias trabalhados). A demanda foi levantada da seguinte forma: os clientes indicam à empresa A o volume previsto de produtos que será demandado nos próximos anos. O sistema SAP da empresa A compila todos os pedidos e disponibiliza a o volume total que será demandado, conforme produto específico. Vale salientar, portanto, que essa informação trata-se de uma projeção do mercado e pode variar, segundo base da empresa, numa faixa de +/- 20%. A figura 4.4 ilustra essa demanda.

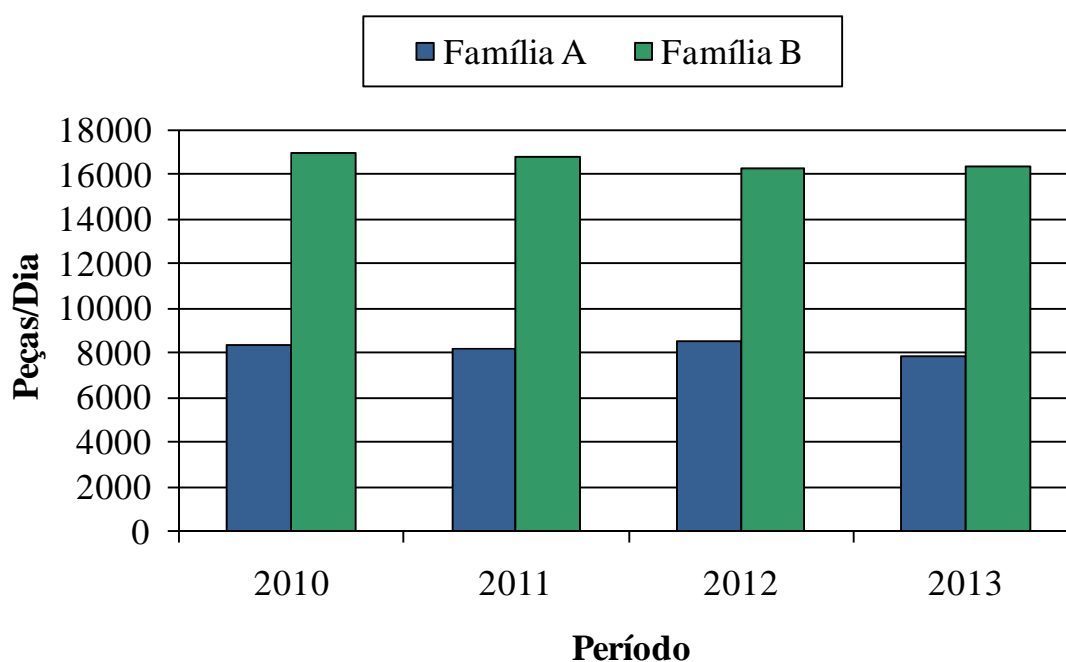


Figura 4.4 – Previsão de Demandas diárias para as famílias A e B.

Fonte: Dados da empresa A (2010)

A informação das demandas foi cruzada com a capacidade de todas as máquinas e estações, verificando se as mesmas possuíam capacidade para produzir as duas famílias de produtos. Isso será verificado na **Atividade 1 da Fase 3**.

Outra informação coletada foi a classificação ABC para todos os produtos das famílias A e B. A equipe segregou os produtos segundo classificação 60/30/10. Basicamente, listaram-se todos os produtos e o volume mensal médio de produção de cada um e classificou-se como “A” os produtos que representam 60% do volume de produção, “B” os que representam 30% e C os que representam 10%. A classificação ABC é visualizada na tabela 5.

4.3 FASE 3 – O ESTADO FUTURO

Seguindo as etapas da abordagem proposta no Capítulo 3, a equipe iniciou o desenho do estado futuro, utilizando as informações do estado atual coletadas na Fase 2.

4.3.1 Atividade 1 – Análise da Demanda Futura para os Produtos Afetados pelo Projeto

A análise da demanda futura, como citado anteriormente, é importante, pois permite a equipe visualizar em um estado futuro a necessidade ou não de novos incrementos ao *layout*. Apesar de não se caracterizarem por períodos firmes, mas sim por previsões, já fornecem uma boa base para análise.

Em posse dos dados coletados, a equipe calculou o *takt time* para os quatro anos seguintes, utilizando a fórmula

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Demanda futura}}$$

O tempo disponível foi contabilizado com 2 turnos de 8 horas cada, totalizando 960 minutos por dia. A demanda diária utilizada foi a citada anteriormente. Os resultados podem ser visualizados na Figura 4.5.

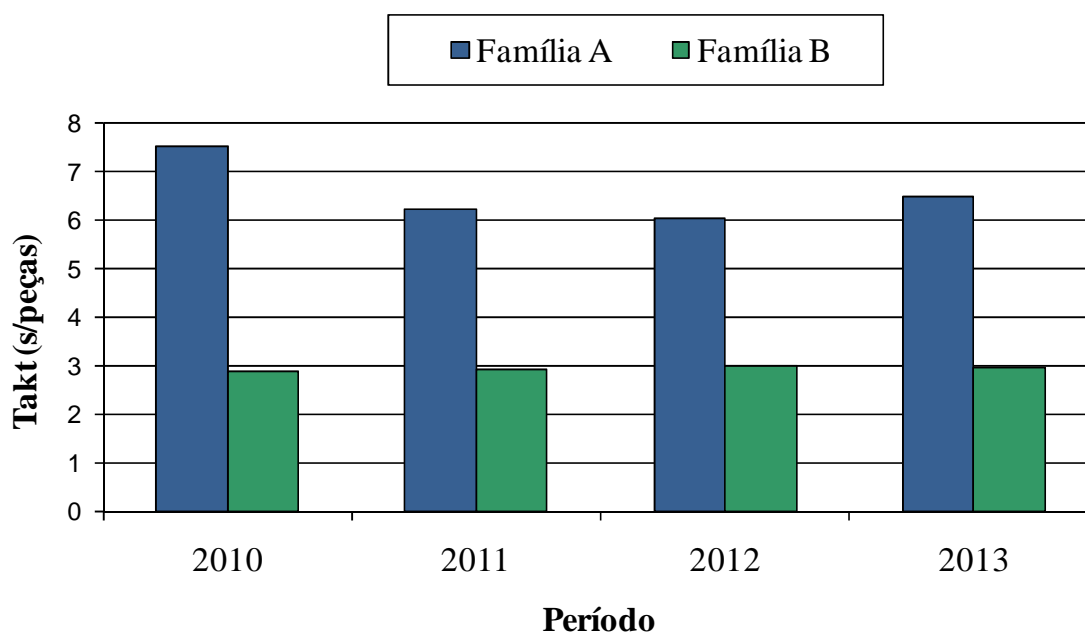


Figura 4.5 – Previsão de Takt para as Famílias A e B

Fonte: Dados da empresa A (2010)

Analisando os dados, não foi constatada uma variação significativa nos *takt times* previstos em relação ao atual. Há de fato um aumento, mas esse aumento é atendido pela linha atual. Isso é evidenciado na figura 4.6, que compara a demanda atual (utilizada por se tratar da maior demanda do período avaliado, 2010 à 2013) com a capacidade atual das operações (as operações 4 e 5 só produzem a família B). No entanto, como as previsões da demanda possuem variação, uma nova comparação entre capacidade e demanda foi realizada adicionando 20% (maior variação possível) na demanda (Figura 4.7). Isso mostrou que caso essa variação venha acontecer a capacidade das operações 3 e 5 é insuficiente, levando em consideração o regime de 2 turnos. Para resolver isso, a equipe poderia seguir por dois caminhos:

- comprar máquinas novas para as operações que não possuíam capacidade;
- iniciar o terceiro turno, quando fosse necessário.

Definiu-se pela segunda opção já que as previsões podem não se concretizar e conforme a figura 4.8 o terceiro turno atenderia a demanda futura acrescida de 20%.

Dessa forma, a equipe decidiu por manter a capacidade atual e não adquirir novos equipamentos.

Tabela 5 – Classificação ABC dos produtos das famílias A e B

| Família A | |
|---------------|---------------------------|
| Tipo | Classificação (A, B ou C) |
| 2.438.576.156 | A |
| 2.438.576.190 | A |
| 2.438.576.097 | A |
| 2.438.576.174 | A |
| 2.438.576.618 | A |
| 2.438.576.268 | A |
| 2.438.576.081 | A |
| 2.438.576.173 | B |
| 2.438.576.077 | B |
| 2.438.576.074 | B |
| 2.438.576.153 | B |
| 2.438.576.168 | B |
| 2.438.576.282 | B |
| 2.438.576.091 | B |
| 2.438.576.187 | B |
| 2.438.576.157 | B |
| 2.438.576.085 | B |
| 2.438.576.285 | B |
| 2.438.576.176 | B |
| 2.438.576.287 | B |
| 2.438.576.271 | B |
| 2.438.576.195 | B |
| 2.438.576.088 | B |
| 2.438.576.175 | B |
| 2.438.576.158 | B |
| 2.438.576.095 | B |
| 2.438.576.264 | B |
| 2.438.576.298 | B |
| 2.438.576.283 | B |
| 2.438.576.068 | B |
| 2.438.576.163 | C |
| 2.438.576.078 | C |
| 2.438.576.269 | C |
| 2.438.576.162 | C |
| 2.438.576.191 | C |
| 2.438.576.165 | C |
| 2.438.576.092 | C |
| 2.438.576.065 | C |
| 2.438.576.262 | C |
| 2.438.576.052 | C |
| 2.438.576.020 | C |
| 2.438.576.155 | C |
| 2.438.576.277 | C |
| 2.438.576.265 | C |
| 2.438.576.253 | C |
| 2.438.576.272 | C |
| 2.438.576.053 | C |
| 2.438.576.071 | C |
| 2.438.576.179 | C |
| 2.438.576.186 | C |
| 2.438.576.169 | C |
| 2.438.576.178 | C |
| 2.438.576.297 | C |
| 2.438.576.611 | C |
| 2.438.576.280 | C |
| 2.438.576.055 | C |
| 2.438.576.062 | C |
| 2.438.576.172 | C |
| 2.438.576.072 | C |
| 2.438.576.087 | C |
| 2.438.576.098 | C |
| 2.438.576.076 | C |

| Família B | |
|---------------|---------------------------|
| Tipo | Classificação (A, B ou C) |
| 2.438.570.408 | A |
| 2.438.577.522 | A |
| 2.438.577.532 | A |
| 2.438.577.521 | A |
| 2.438.576.538 | B |
| 2.438.570.411 | B |
| 2.438.577.523 | B |
| 2.438.577.520 | B |
| 2.438.576.958 | B |
| 2.438.577.188 | C |
| 2.438.576.608 | C |
| 2.438.570.407 | C |
| 2.438.577.533 | C |
| 2.438.576.951 | C |
| 2.438.570.409 | C |
| 2.438.577.525 | C |
| 2.438.577.534 | C |
| 2.438.576.957 | C |
| 2.438.576.846 | C |

Fonte: Dados da empresa A (2010)

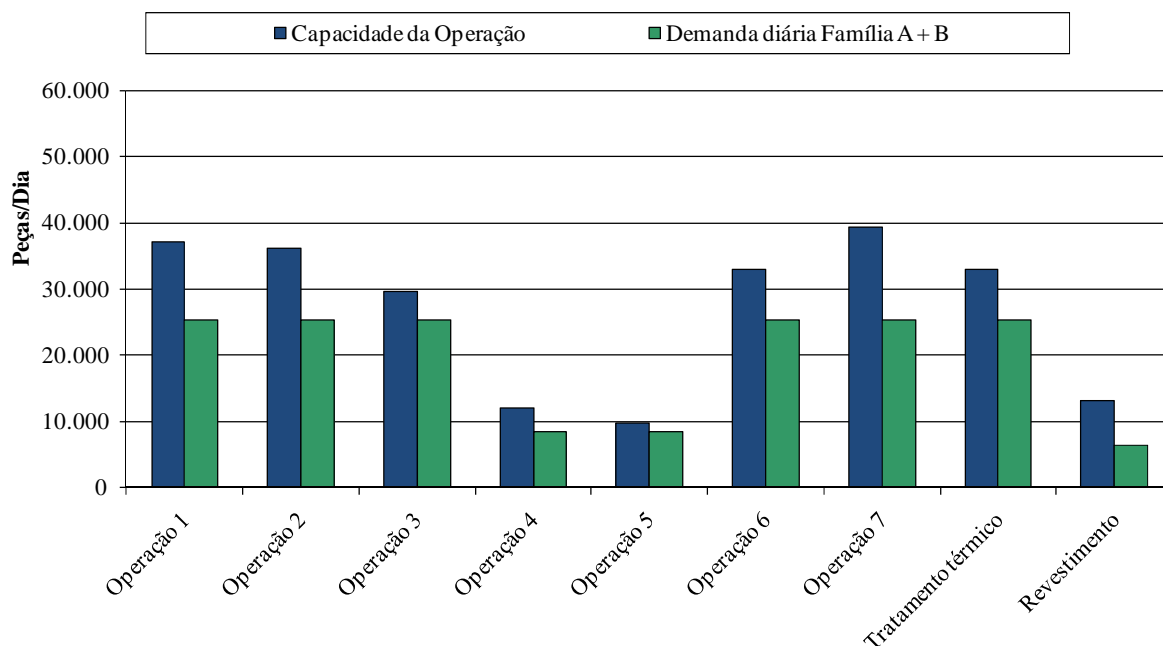


Figura 4.6 – Capacidade das máquinas x demanda diária média

Fonte: Dados da empresa A (2010)

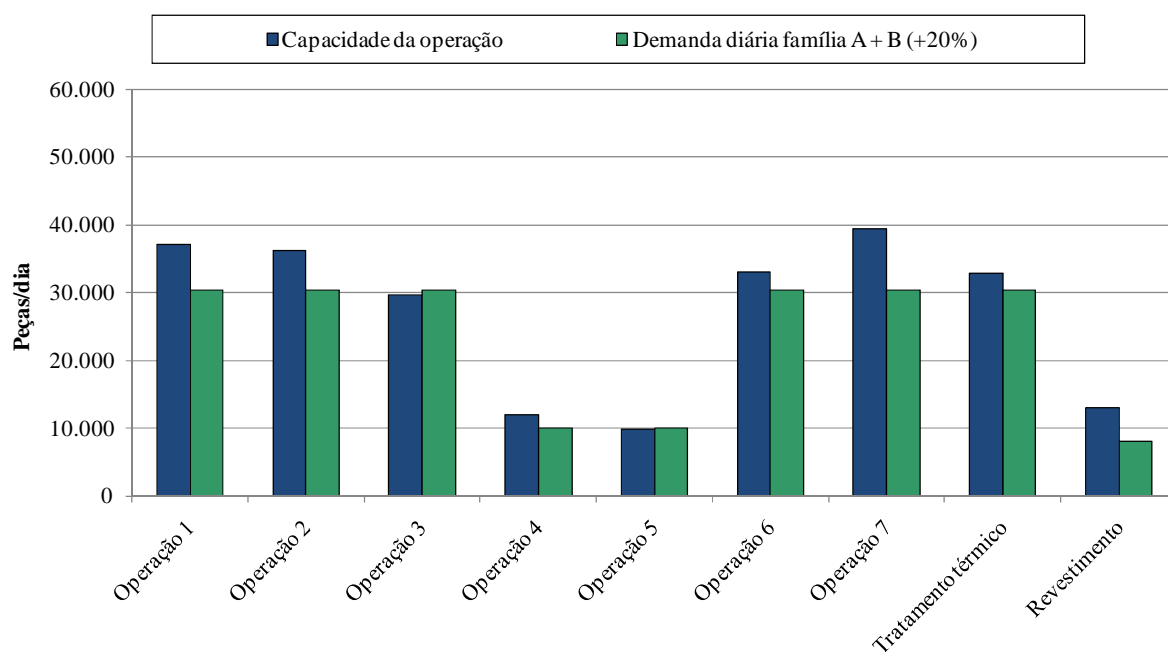


Figura 4.7 – Capacidade das máquinas x demanda diária média acrescida de 20%

Fonte: Dados da empresa A (2010)

4.3.2 Atividade 2 – Definir a Concepção das Linhas

Como dito anteriormente, em algumas etapas do processo não existia uma separação de quais máquinas faziam determinada família de produtos. Nesse caso, o direcionamento para qual máquina iria um dado produto era definido segundo a necessidade da linha. Já em outras etapas, apenas produtos da

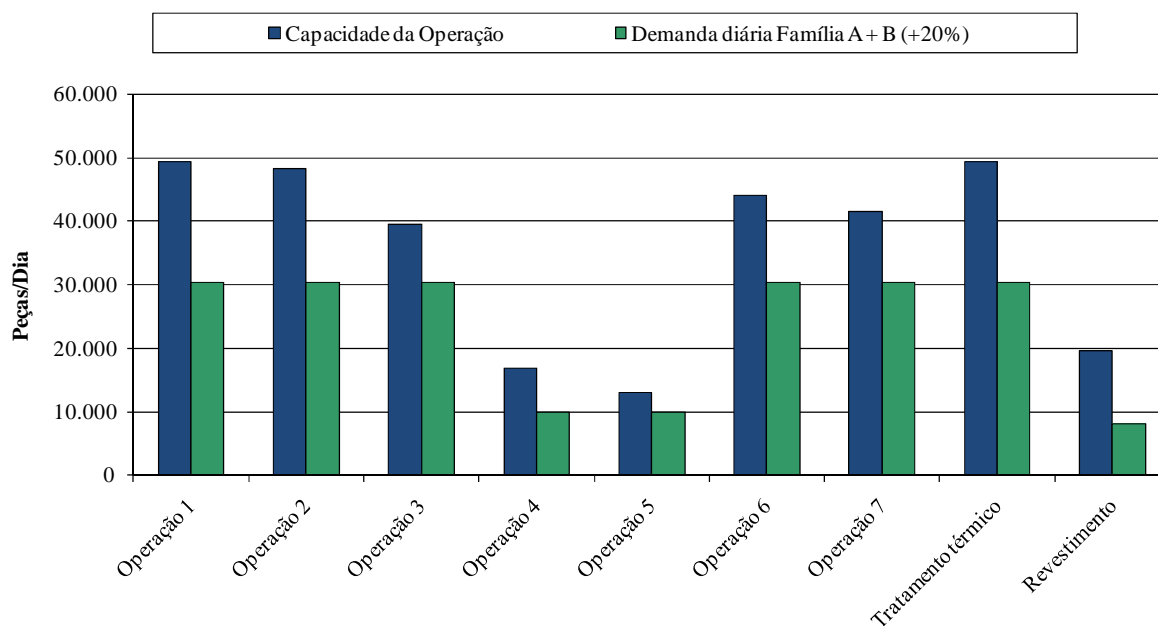


Figura 4.8 – Capacidade das máquinas com 3º turno x demanda diária média acrescida de 20%

Fonte: Dados da empresa A (2010)

Família B eram processados, devido a particularidades técnicas para essa família. Isso criava diferentes efeitos dentro do processo:

- flexibilidade da linha, já que com a parada de uma máquina a produção desta podia ser direcionada para outra;
- com pontos de decisão em cada máquina, o FIFO era prejudicado;
- principalmente na primeira operação, todas as máquinas processavam vários tipos de produtos diariamente, gerando uma grande quantidade de *set-up's*. Como os tempos de *set-up's* eram relativamente longos nessa operação, a capacidade da linha ficava prejudicada.
- como um mesmo produto era produzido em várias máquinas na mesma operação, o planejamento e nivelamento da produção ficavam complicados, já que constantemente os supervisores necessitavam direcionar em quais máquinas iam determinados produtos.

A equipe decidiu que a segregação das máquinas era importante para o novo *layout*. A primeira opção seria fazer isso dividindo as máquinas entre as famílias A e B. Só que devido a grande quantidade de tipos diferentes de produtos existentes em cada família, o que necessitaria uma alta flexibilidade de ambas as linhas, optou-se por dividir a linha segundo critério de altos e baixos volumes. De posse do levantamento ABC a equipe definiu que todos os produtos considerados “A”, que correspondiam a 11 tipos ou 13% da quantidade total de tipos, seriam fabricados em máquinas em separado. Os outros produtos classificados como “B” e “C”, que representavam 70 tipos ou os outros 87% seriam fabricados nas outras máquinas. Desta forma, um trabalho forte na redução de *set-up* da linha de baixos volumes deveria ser executado (inserido como *kaizen* no mapeamento do fluxo de valor). Isso aumentaria a flexibilidade dessas máquinas. Para as máquinas que produziriam produtos de alto volume um foco maior seria dado na robustez do processo, fazendo com que as paradas de máquinas e os tempos das paradas fossem minimizados.

Na atividade “Elaborar o *Layout Macro*”, na definição do Diagrama de Bolha futuro, essa separação pode ser visualizada.

4.3.3 Atividade 3 – O Mapeamento do Fluxo de Valor – Estado Futuro

Alguns pontos importantes foram levantados durante o Mapeamento do Fluxo de Valor para fabricação da Agulha:

- o sistema *Kanban* estava implantado em todo o fluxo de valor. Os cartões eram movimentados pelos laços *kanban*. Os produtos esporádicos eram inseridos em pontos diferentes da cadeia, de acordo com a família que iria ser produzida. Os pedidos dos clientes eram nivelados numa base mensal. No entanto, muitos produtos considerados alto volume faltavam nos supermercados;
- havia dois supermercados, um para a família A (que representava 1,5 dias de produção) e outro para a família B (que representava 1,9 dias de produção), de produtos acabados para entregar às montagens. Isso fazia parte do sistema *Kanban* implantado. Apesar de os supermercados estarem aparentemente abastecidos, o oposto era constatado. Dificuldades técnicas no processo faziam com que houvesse um número grande de Agulhas sem utilização nesses supermercados. O motivo é que a grande maioria das Agulhas estava fora do requisitado² pela montagem do Bico Injetor. Esse problema se dava principalmente com os itens de maior volume, que giravam mais pelo fluxo de valor;
- os estoques entre as operações variavam de horas em alguns processos para até 1 dia de produção em outros processos. Devido a desarticulação entre algumas operações (diferentes capacidades) havia também a formação de estoques temporários;
- por motivos técnicos do sistema de fabricação, a última operação e o supermercado da família B deviam obrigatoriamente estar inseridos em uma sala com temperatura e umidade controladas;
- o conceito FIFO era obedecido em 3 operações. Em outras, no entanto, devido às necessidades de pedidos de produção urgentes, alguns lotes eram priorizados, fazendo com que o conceito se perdesse. Também, a existência de *pools* de máquina impossibilitava o FIFO em 3 pontos da cadeia;
- havia duas operações que produziam em lotes: o tratamento térmico e o revestimento;
- os tempos de *set-up* eram longos em alguns pontos e em outros relativamente curtos. Algumas operações possuíam tempos *set-up* na casa de minutos;
- o fluxo de valor estava localizado em três prédios. O transporte era feito por duas rotas: uma interna, que levava a matéria prima desde o *inbound* até o tratamento térmico, e outra externa que fazia o abastecimento entre os prédios. A rota interna tinha um ciclo de 1 hora e a externa de 2 horas;
- alguns operadores necessitavam, em certos momentos, sair do posto de trabalho para pegar peças da operação anterior, devido a falha no abastecimento;
- havia um *Andon* para sinalização de postos com problema na linha, mas o mesmo estava desligado;
- o *lead time* total, desde a chegada da matéria prima à empresa até a entrega da Agulha para a montagem do Bico Injetor, era de 10,8 dias para a família A e 15,9 dias para a família B;
- o SNP era bastante confuso no fluxo de valor. Além ser elevado em alguns pontos da cadeia, não havia um múltiplo comum entre suas variações. Este item será avaliado com maiores detalhes na atividade “**Projetar a logística interna de abastecimento e retirada de peças**”;
- havia constantes retrabalhos de produtos na linha produtiva, principalmente produtos acabados que eram devolvidos pelo cliente interno. Isso atrapalhava o fluxo contínuo dos produtos e geralmente atrasava alguns pedidos de produção;
- devido às frequentes mudanças nos pedidos dos clientes, novos pedidos com caráter de urgência eram lançados na produção na forma de cartões esporádicos. Isso, muitas vezes, levava à formação de estoques temporários não calculados entre as operações;
- havia apenas um fornecedor de matéria-prima. As entregas eram diárias, uma vez por dia. Havia supermercados de matéria prima para cada família de Agulhas, representando aproximadamente dois dias de produção cada.

De uma forma clara, podiam ser visualizados seis dos sete desperdícios no fluxo de valor. A superprodução era visualizada nos supermercados cheios, mas com produtos que não eram necessidade do cliente. A perda por transporte ocorria na necessidade do uso da rota externa (entre os prédios), obrigando as operações manter um estoque excedente. A perda por processamento ocorria em fabricar produtos que o cliente não necessitava no momento. A perda pela fabricação de produtos defeituosos ocorria nas constantes devoluções de produtos pelo cliente final. A perda por movimentação desnecessária ocorria quando os operadores precisavam se deslocar do seu posto de trabalho para pegar peças na operação anterior. E por fim, a perda por estoque ocorria na formação de estoques não calculados entre algumas operações.

² Fatores técnicos inerentes ao produto

Analisando o mapeamento atual, a equipe notou que muitas coisas poderiam ser melhoradas. O fato de existirem 6 dos 7 tipos principais de desperdício, definidos por Ohno (1997), é um indício de que muita coisa poderia ser feita. Melhorias foram definidas, como segue:

- o *Kanban* já estava implantado e o fluxo de cartões operava corretamente. No entanto, os supermercados de produtos acabados eram demasiadamente grandes e muitas Agulhas não eram compradas pela Montagem do Bico Injetor. Com isso, foram tomadas duas ações:
 - Reduzir a quantidade de Agulhas no supermercado através da utilização das mesmas. Isso será realizado em conjunto com o PCP (Planejamento e Controle da Produção), que irá inserir cartões *kanban* esporádicos no fluxo de valor de fabricação de corpos do Bico Injetor, o que possibilita o aproveitamento das agulhas que não estão sendo utilizadas pela Montagem do Bico Injetor. Os laços do sistema *kanban* da Agulha serão recalculados levando em consideração essa ação;
 - Criar um time de melhoria para reduzir os problemas técnicos do processo quanto à fabricação de Agulhas fora do desejado pela Montagem do Bico Injetor.
- o conceito FIFO deve ser implementado, onde possível, na linha de produção. Sem o FIFO, a reação rápida para constatação de defeitos fica prejudicada. Outro ponto, é que uma forma de se ter a informação “do que produzir” é com FIFO. O colaborador sabe que, se existir o FIFO, o primeiro lote que está disponível é o que tem que ser produzido.
- o planejamento da produção deve absorver o *lead time* quando executa o planejamento dos itens, fazendo com que o cliente conheça o tempo real em que o item vai lhe ser entregue, reduzindo assim a necessidade de itens urgentes (o que reduz também estoques temporários na linha).
- outro ponto é a quebra dos *pools de máquinas* existentes na linha (esse ponto será avaliado na atividade “**Elaborar o Layout Macro**”).
- é necessário reduzir os tempos de *set-up* em algumas operações. Na Atividade 1 desta fase viu-se a necessidade da redução do *set-up*, já que a divisão da linha para fabricação de produtos de alto e baixo volumes faz com que a linha de baixos volumes necessite de alta flexibilidade, dada a grande quantidade de tipos que serão fabricados ali. Dessa forma, *kaizens* para redução de *set-up* devem ser executados;
- o fluxo de valor deve se concentrar em um único prédio. Isso permite reduzir custo e tempo gastos com transporte externo. Além disso, as operações poderão manter estoques menores, já que o tempo de reabastecimento pela rota é menor;
- o abastecimento entre as operações deve ser por meio de rotas padronizadas, com tempos definidos. Esse abastecimento pode ser feito com carrinhos, quando a distância a ser percorrida for grande, ou mesmo manual, quando for menor. O importante é que o colaborador que esteja operando a máquina se preocupe apenas com a qualidade do produto e o abastecimento seja feito por outro colaborador. Mais pontos sobre logística serão avaliados na atividade “**Projetar a logística interna de abastecimento e retirada de peças**”;
- uma atenção especial merece ser dada para a quantidade peças retrabalhadas. Recomenda-se a formação de um time para tratar dos principais índices de defeitos, definindo ações para redução. Outro ponto é considerar uma margem de segurança no planejamento, para absorver a fabricação de produtos defeituosos;
- o *Andon* da linha deve ser colocado em funcionamento novamente, para que a sinalização e resolução de problemas pelo time de produção sejam mais rápidas.

Dessa forma, a equipe com base nas informações e idéias vindas do mapeamento atual desenhou o mapeamento futuro para o processo da Agulha. O mesmo pode ser visualizado no Apêndice 7.

4.3.4 Atividade 4 – Elaborar o *Layout Macro*

Analisando o estado atual identificam-se blocos principais no fluxo de valor para fabricação da Agulha: *Inbound*, Tratamento Térmico, Processo de Retífica e Revestimento. Eles se encontram em prédios separados. O objetivo é que os mesmos sejam localizados no mesmo prédio para otimizar o fluxo da peça e reduzir distâncias percorridas, reduzindo assim o *lead time* do processo e os custos com transportes.

Dessa forma, a equipe definiu uma primeira proposta para o diagrama de blocos futuro. O mesmo pode ser visualizado na figura 4.9. Nele pode-se verificar dois pontos principais:

- o fluxo de valor inteiro para a fabricação da Agulha localiza-se agora dentro de apenas um prédio, reduzindo movimentações e espaço utilizado;
- o *Inbound*, que antes era agregado com outros produtos, agora é descentralizado e fica próximo do primeiro ponto de uso. Isso vai permitir um melhor controle visual do supermercado de matéria-prima, pelo tratamento térmico, além de reduzir um armazenamento intermediário. Cabe salientar que apenas o estoque de matéria-prima ficará descentralizado. As etapas de recebimento e liberação para entrada da matéria-prima continuarão sendo feitas no prédio A.

No entanto, neste ponto surgiu uma questão importante: o elevado custo para transferir a linha do Revestimento para o prédio B. Dada a complexidade técnica do processo e necessidade de ambiente especial para o mesmo, a equipe sabia que essa ação demandaria um custo elevado para ser concretizada.

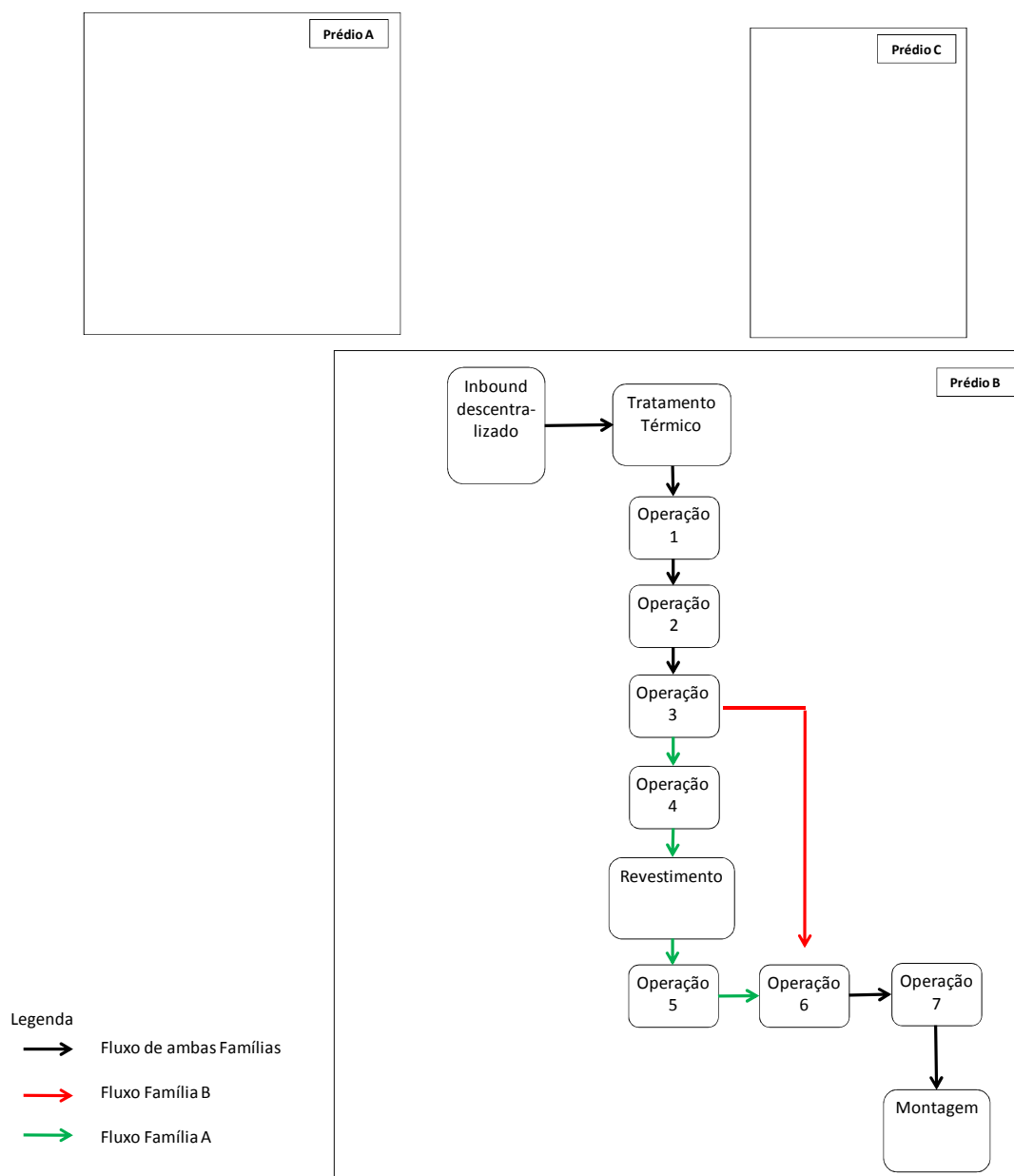


Figura 4.9 – Diagrama de Blocos futuro – proposta 1

Fonte: Dados da empresa A (2010)

Dessa forma, a segunda proposta elaborada focou exatamente nesse ponto. Ela é diferente da primeira apenas na localização do Revestimento, que continua no prédio C. Na figura 4.10 a mesma pode ser visualizada.

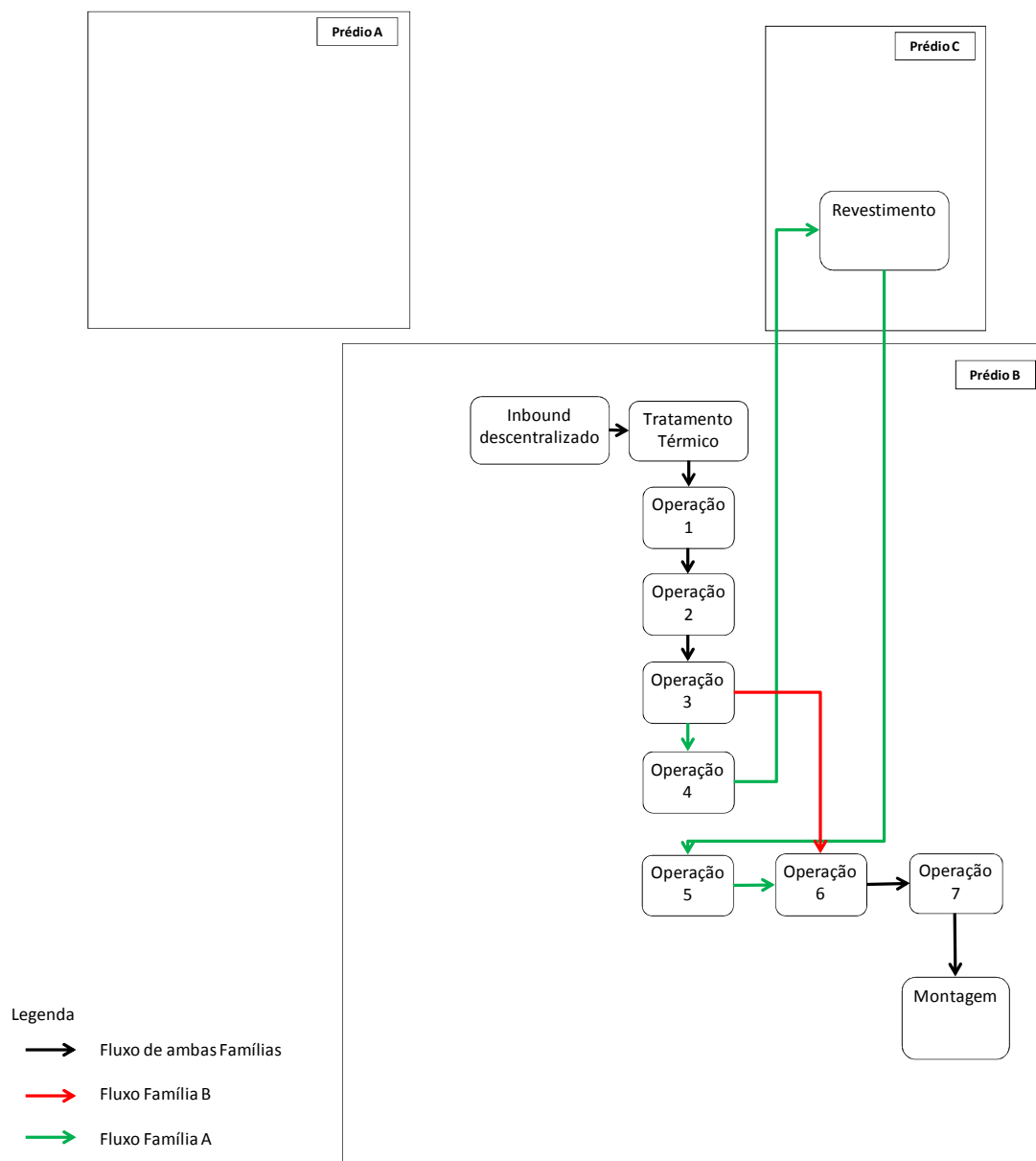


Figura 4.10 – Diagrama de Blocos futuro – proposta 2

Fonte: Dados da empresa A (2010)

As duas propostas foram levadas para análise, juntamente com a alta liderança. Apesar de reduzir ainda mais o *lead time* e os custos com transporte, o custo para introduzir a proposta 1 inviabilizaria o projeto, fazendo com que o mesmo apresentasse um retorno maior que 3 anos. Conforme definido na fase de planejamento do projeto, o retorno menor que 3 anos é uma restrição para o projeto. Dessa forma, a decisão ficou pela proposta 2.

Com isso, a equipe decidiu focar no *layout* micro apenas nas máquinas que seriam localizadas no prédio B, que correspondem ao Tratamento Térmico e o Processo de Retífica. As melhorias no *layout* no Revestimento ficarão como objetivos para *kaizens* futuros.

O diagrama de bolhas mostrou a presença de três *pools* de máquinas no processo. As operações 1, 2 e 3 possuíam 4, 5 e 6 máquinas, respectivamente. Todas as máquinas produziam as duas famílias de Agulhas. Partindo da ideia definida da etapa de “concepção das linhas”, onde a separação das máquinas em alto e baixo volume se julgou importante, a equipe avaliou a capacidade de cada *pool* e dividiu os mesmos, dedicando máquinas exclusivas para cada família de item (A, B ou C). Isso fica mais bem visualizado na tabela 6. É importante salientar que mesmo com a divisão física, é perfeitamente possível produzir itens A

na linha de baixo volume e vice-versa. Isso é um ponto positivo para a flexibilidade da linha, mas que deve ser evitado. O Diagrama de Bolhas estado futuro pode ser visualizado no Apêndice 8.

Outro ponto é que nas operações 1 e 2, dada as capacidades das máquinas, poderia se eliminar uma máquina em cada, atendendo a demanda atual e futura. No entanto, avaliando que as demandas para os anos posteriores se baseiam em previsões e essas possuem variações na ordem de 20%, a equipe decidiu manter as máquinas no *layout* futuro. As mesmas serão utilizadas para fazer todos os itens C.

Os *pools* de máquinas ainda não foram totalmente quebrados, mas nota-se um fluxo mais limpo, onde o conceito de reação rápida pode ser mais facilmente alcançado. Os pontos de decisão foram diminuídos, o que reforça a aplicação do conceito FIFO.

Com os novos Diagramas em Bloco e em Bolha definidos, o *Layout* macro foi finalizado. Partindo da idéia original da abordagem proposta no capítulo 3 de primeiramente enxergar o todo (macro) para depois focar no detalhe (micro), a equipe iniciou a definição do *layout* micro.

Tabela 6 – Máquinas dedicadas para cada família

| | Máquina | Capacidade por dia (pçs) | Volume A | Volume B | Volume C |
|----------------------------|---------|--------------------------|----------|----------|----------|
| Operação 1 | 1 | 9257 | x | | |
| | 2 | 9257 | x | | |
| | 3 | 9257 | | x | |
| | 4 | 9257 | | | x |
| Capacidade Total (pçs/dia) | | | 18514 | 9257 | 9257 |
| Operação 2 | 5 | 7245 | x | | |
| | 6 | 7245 | x | | |
| | 7 | 7245 | x | | |
| | 8 | 7245 | | x | |
| | 9 | 7245 | | x | x |
| Capacidade Total (pçs/dia) | | | 21735 | 9960 | 4830 |
| Operação 3 | 10 | 5545 | x | | |
| | 11 | 5545 | x | | |
| | 12 | 4989 | x | | |
| | 13 | 4989 | | x | |
| | 14 | 4989 | | x | |
| | 15 | 4989 | | | x |
| Capacidade Total (pçs/dia) | | | 16477 | 8380 | 4789 |

| | |
|--------------------------------------|--------------|
| Demanda diária para volumes A | 15780 |
| Demanda diária para volumes B | 8240 |
| Demanda diária para volumes C | 2110 |

Fonte: Dados da empresa A (2010)

4.3.5 Atividade 5 – Analisar o Fluxo do Produto

A equipe avaliou o fluxo visualizado no diagrama *spaghetti*. Muito confuso e cheio de cruzamentos, notava-se claramente que o *layout* não era orientado ao fluxo. Algumas operações que tinham a interação cliente-fornecedor ficavam distantes fisicamente. Isso, além de atrapalhar o fluxo, aumenta as movimentações de pessoas e materiais e dificulta o fluxo de informações.

Dessa forma, com as idéias vindas da análise do diagrama *spaghetti* a equipe partiu para a próxima atividade, a elaboração do *layout* micro.

4.3.6 Atividade 6 – Elaborar o *Layout* Micro

Foram elaboradas duas propostas de *layout* micro que podem ser visualizadas nos Apêndices 9 e 10.

Em ambas as propostas o foco inicial foi reduzir as distâncias entre as máquinas e estações. Isso trouxe ganhos em espaço utilizado e menores distâncias para os operadores se deslocarem de uma máquina para outra. Uma idéia que impactou também em redução de espaço utilizado foi disponibilizar todos os painéis das máquinas (aonde possível) acima das mesmas. Principalmente na operação 1 e 2 os painéis ocupavam um espaço considerável no chão de fábrica. Em uma máquina da Operação 1 e em três máquinas da Operação 2 foram também introduzidos abastecedores de peças automáticos para as máquinas semelhante ao utilizado nas outras máquinas destas operações. Isso possibilitou eliminar o abastecimento manual que era feito pelo operador.

Na proposta 2, a última operação para a família B e o estoque de agulhas da família B foram movimentados para reduzir a distância que o produto percorre no *layout*.

Nas duas propostas o Tratamento Térmico foi posicionado no prédio B, juntamente com o Processo de Retífica.

Outro ponto foi a definição para a separação dos operadores que executam atividades cíclicas (aquelas que se repetem com frequências definidas) e do que executam atividades acíclicas (que não possuem frequência definida). As atividades acíclicas, que correspondiam abastecimento de peças, preparação de ferramentas para *setup*, levar peças para medição em outros setores, etc., serão executadas por colaboradores que não operam as máquinas. Dessa forma, os colaboradores que operam as máquinas possuirão mais tempo para cuidar da qualidade do produto. Serão dois operadores responsáveis pelas atividades acíclicas. Isso aconteceu nas duas propostas.

A equipe avaliou as propostas conforme a tabela 7. Foram adicionados mais dois indicadores aos definidos na fase do Planejamento do Projeto: Produtividade e Custos com transportes. A produtividade é definida a partir da quantidade de peças que um operador produz em uma hora e o Custo com Transportes é o valor mensal despendido para utilizar as rotas externa e interna para abastecimento. O indicador Produtividade tem grande importância, pois vem do planejamento estratégico da empresa, sendo controlados diariamente no chão de fábrica.

Como pode ser visualizado na tabela, os indicadores de *lead time* e custos com transporte não variaram de uma proposta para outra. No caso do *lead time*, o estoque entre as operações não muda (inclusive o estoque de produtos acabados), assim como o tempo de processamento em cada operação. Para os custos com transporte, haverá a mesma rota de abastecimento padronizada nos dois casos.

Tabela 7 – Tabela de avaliação das alternativas para *layout* micro

| Indicador | Opção 1 | Opção 2 |
|------------------------------------|----------------|----------------|
| Lead Time – Família A | 5,7 dias | 5,7 dias |
| Lead Time – Família B | 7,2 dias | 7,2 dias |
| Área utilizada (m ²) | 980 | 1150 |
| Produtividade (Pçs/horas/homem) | 110 | 90 |
| Custo com transporte (mensal) | R\$25.000,00 | R\$25.000,00 |

| Indicador | Opção 1 | Opção 2 |
|--------------------|----------------|----------------|
| Retorno do Projeto | 2,0 anos | 2,8 anos |

Fonte: Dados da empresa A (2010)

O primeiro arranjo possibilitou disponibilizar dois colaboradores para outras áreas, tendo como consequência o ganho de produtividade. O primeiro deles foi na Operação 3, pois a nova configuração permite que um mesmo colaborador opere três máquinas. Antes um colaborador operava duas máquinas. O segundo foi na Operação 2 através de uma melhoria dada pela equipe, que solicitou a compra de um equipamento para abastecer suportes de peças automaticamente, operação que antes era feita manualmente (um dos operadores que fará o abastecimento da linha irá abastecer a máquina e retirar os suportes abastecidos).

Devido a menor área ocupada e ao maior ganho de produtividade, a equipe optou pela alternativa 1. Cabe salientar que essa decisão foi tomada em consenso com a liderança da área.

4.3.7 Atividade 7 – Projetar a Logística Interna de Abastecimento e Retirada de Peças

Como citado na atividade 8, dois operadores³ serão responsáveis por abastecerem os postos de trabalho. É importante frisar que o abastecimento desde tratamento térmico até o supermercado de Agulhas acabadas será feito manualmente, sem auxílio da rota de abastecimento de peças, apenas utilizando carrinhos quando necessário. Essa entrega será diretamente no ponto de uso, que foram definidos em cada máquina. Isso facilita o trabalho do operador da máquina, fazendo com que suas atividades não sejam interrompidas. A entrega e retirada dos materiais irá funcionar segundo sistema *kanban*. Os operadores que farão o abastecimento deverão gerenciar o sistema, seja disponibilizando as peças prontas para a operação posterior ou mesmo avaliando a necessidade de cada operação, segundo quadro *kanban*. Em cada máquina haverá um suporte onde os cartões para retirada serão colocados.

Como o estoque de matéria-prima está localizado agora no prédio B, juntamente com o Tratamento Térmico, a rota interna poderá ser eliminada, já que o abastecimento pode ser feito apenas pela rota externa, que retira a matéria-prima do *inbound* e entrega no prédio B. Isso irá gerar uma economia com os custos de transporte. E a rota externa, que era padronizada em ciclos de 2 horas, será reduzida para 1 hora. Isso reduzirá os estoques entre as operações e auxiliará nas respostas mais rápidas do sistema as variações nos pedidos de produção. Vale salientar, no entanto, que isso irá gerar uma carga de trabalho maior aos operadores da rota. Cabe, dessa forma, um estudo mais aprofundado para reduzir tamanho de embalagens e lotes entre as operações (o que irá auxiliar também o transporte manual).

A tabela 8 mostra os valores do SNP atual e futuro em cada processo do fluxo de valor. Além de elevado nos processos por lote (Tratamento Térmico e Revestimento), não há um múltiplo comum na cadeia, fazendo com que sobre peças em alguns processos ao ter que se adequar ao lote do processo seguinte. Na Operação 7 tem-se o menor SNP do fluxo, com 80 peças.

O ideal aqui seria possuir um lote de transferência unitário, possibilitando níveis de inventário menores e detecção mais rápida de problemas de qualidade. Mas devido às condições técnicas do processo, isso não foi possível. No entanto, agora todo o processo possui um lote de transferência em múltiplo de 80. Isso evita que peças necessitem ser retiradas dos lotes durante o processo, facilitando o planejamento da linha e evitando misturas ou perdas com as peças que antes sobravam. A tabela 9 mostra o SNP futuro definido para cada etapa do processo.

³ É essencial que seja feito um rodízio de atividades entre os operadores de máquina e operadores do abastecimento. Isso, além de ser um ponto positivo para ergonomia (já que reduz a repetição das atividades), possibilita o desenvolvimento dos operadores em todas as atividades do processo. Esse rodízio deve estar definido no trabalho padronizado das operações.

Tabela 8 – SNP atual em cada processo do fluxo de valor

| | SNP (número de peças) | | | |
|--------------------|-----------------------|--------|-----------|--------|
| | Família A | | Família B | |
| | Atual | Futuro | Atual | Futuro |
| Inbound | 3000 | 960 | 3000 | 960 |
| Tratamento térmico | 5000 | 4800 | 5000 | 4800 |
| Operação 1 | 960 | 960 | 960 | 960 |
| Operação 2 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| Operação 3 | 500 | 480 | 500 | 480 |
| Operação 4 | - | - | 480 | 480 |
| Revestimento | - | - | 5712 | 5760 |
| Operação 5 | - | - | 480 | 480 |
| Operação 6 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| Operação 7 | 80 | 80 | 80 | 80 |

Fonte: Dados da empresa A (2010)

O *ship to line* foi descartado pela equipe. O motivo é que o fornecedor de matéria-prima fica localizado a 720km de Curitiba, o que dificultaria entregas diárias frequentes, que é um dos objetivos do *ship to line*.

4.4 FASE 4 – A IMPLANTAÇÃO

Conforme a abordagem proposta no capítulo 3, a última etapa da mudança é a Implantação que, com o novo *layout* definido, poderia ser iniciada. No entanto, essa fase não entrará no escopo desse trabalho, pois não foi iniciada até a finalização desta dissertação. Como considerações, a abordagem proposta sugere a elaboração de um cronograma com atividades e responsáveis definidos. Dado o impacto da modificação, se recomenda reuniões frequentes para discutir o andamento da implantação e definição, se necessário, de ações emergenciais.

A criação do estoque adicional para suprir a parada no processo deve ser cuidadosamente avaliada. O custo de não entregar o produto acabado e, conseqüentemente, parar a linha de produção de um cliente é elevado, além de prejudicar a imagem da empresa. É importante a mudança gradativa, por etapas, onde o *layout* de cada operação pode ser alterado em datas diferentes, reduzindo o impacto das paradas do processo ao atendimento do cliente final.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A APLICAÇÃO DA ABORDAGEM

Busca-se aqui tecer algumas considerações sobre o projeto realizado.

4.5.1 Estratégia Adotada e Problemas Encontrados

O projeto para alteração do *layout* do processo de fabricação da Agulha foi realizado seguindo a abordagem proposta no capítulo 3 deste trabalho. Visto que não havia na empresa uma abordagem

sistemática para alteração de *layout*, o uso da abordagem se julgou assertivo, já que possibilitou ao grupo manusear de uma forma mais ordenada todas as informações pertinentes ao projeto.

Vale salientar, no entanto, que durante o projeto houve dificuldade em fazer com que o time seguisse a sistemática aplicada. A maior parte dos integrantes do grupo já havia participado de outras alterações de *layout* na empresa, só que sem uma abordagem definida. Em alguns momentos, os integrantes se viam partindo diretamente para o *layout* micro, sem haver finalizado o macro. Era necessário então reunir o time e repassar os passos da abordagem para que todos compreendessem a importância de seguir corretamente a sequência das fases e atividades definidas.

A participação efetiva do grupo não se deu 100%. A frequente necessidade de integrantes deixarem o grupo para resolverem outros problemas, que não os do projeto, atrapalhou, em certos momentos, o andamento do mesmo. Vale salientar que a participação efetiva, com um grupo numeroso de pessoas, realmente se torna difícil, já que a probabilidade de problemas acontecerem e dependerem de integrantes do grupo para serem resolvidos é grande.

Outro problema encontrado foi o custo para colocar todo o *layout* do processo em um único prédio. Apesar de ser um dos principais objetivos do projeto, a idéia não pôde ser executada, já que o retorno do projeto seria maior que 3 anos, o que era uma restrição ao projeto. No entanto, a maior parte do fluxo de valor da agulha se concentra agora no prédio B, onde as melhorias no *layout* micro foram focadas. As melhorias no *layout* do Revestimento ficaram para *kaizens* futuros.

4.5.2 Resultados Obtidos

Na tabela 9, pode-se ver o resultado final na comparação entre o *layout* atual e o futuro.

Tabela 9 – Resultados finais do projeto

| Indicador | Layout atual | Layout futuro | Variação |
|---|---------------------|----------------------|-------------------------|
| Lead Time – Família A | 10,8 dias | 5,7 dias | 47,2% de redução |
| Lead Time – Família B | 15,9 dias | 7,2 dias | 54,7% de redução |
| Área utilizada (m ²) | 1200 | 980 | 18% de redução |
| Produtividade (Pçs/horas/homem) | 90 | 110 | 18,2% de redução |
| Estoque de produtos finais – Família A | 5,9 dias | 1,5 dias | 74,6% de redução |
| Estoque de produtos finais – Família B | 10 dias | 1,9 dias | 81% de redução |

| Indicador | Layout atual | Layout futuro | Variação |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| Custos com transportes (mensal) | R\$21000,00 | R\$25000,00 | 19% de aumento |
| Retorno do projeto | - | 2,0 anos | - |

Fonte: Dados da empresa A (2010)

Os resultados se julgaram bastantes expressivos para o estado futuro. Apesar de não conseguir atingir um dos objetivos principais do projeto, que era agregar todo o fluxo de valor em um único prédio, o retorno do projeto será de 2,0 anos, atendendo a uma das restrições definidas.

A área utilizada será reduzida em 18%. Isso se deve graças ao novo arranjo, que reduziu espaços, localizando de uma melhor forma as máquinas no *layout*. Uma importante ação para redução de espaço foi a elevação dos painéis das máquinas acima das mesmas.

No *lead time* teve-se o maior ganho, já que os supermercados de produtos finais serão reduzidos e os estoques entre processos também reduzidos com a introdução do FIFO. Isso possibilita um atendimento mais rápido aos pedidos dos clientes.

A disponibilização de 2 operadores para outros processos da empresa possibilitará um ganho planejado de aproximadamente 20% na produtividade. Isso foi possível graças ao novo arranjo das máquinas. Vale também destacar que a separação de 2 operadores para atividades acíclicas (abastecimento, medição, busca de ferramentas no estoque, etc.) possibilita que os outros operadores, que operam as máquinas, possam dedicar um tempo maior para a qualidade do produto.

O custo com transportes foi o único item onde não se teve ganho do estado atual para o futuro. Isso se deve ao aumento na frequência da rota externa de 2 para 1 hora, respectivamente. No entanto, como já mencionado anteriormente, esse decréscimo faz com que se reduza os níveis de estoque entre os processos e possibilite o atendimento mais rápido a mudanças no programa de produção. Além disso, com o novo *layout*, o abastecimento será agora realizado apenas pela rota externa, eliminando a necessidade da rota interna.

O fluxo da peça ficou mais claro. Os cruzamentos diminuíram e a divisão do *layout* para as duas famílias de agulhas possibilita agora uma melhor gestão visual do fluxo de ambas.

4.5.3 Próximos Passos

Sobre os passos futuros a serem tomados após a implantação do novo *layout* destaca-se a importância de monitorar os indicadores de produtividade e *lead time*. Recomenda-se auditorias mensais no início, com o foco no fluxo do produto, observando fluxo de *kanbans*, rotas de abastecimento, deslocamento de operadores, acúmulo de material entre processos, entre outros.

Os *kaizens* que foram listados durante o projeto devem agora entrar no planejamento do processo. Como frisa o conceito de melhoria contínua, um novo mapa do estado futuro deve ser planejado.

O processo de Revestimento, que não entrou no escopo do projeto na definição do *layout* micro, pode ser analisado, buscando melhorar ainda mais o fluxo.

Um ponto importante é definir o trabalho padronizado das atividades. Com a nova disposição do *layout* e com um número menor de operadores para executar as atividades, verificar a capacidade da mão-de-obra e definir e padronizar as atividades são essenciais.

5 CONCLUSÕES

No que tange o problema de *layout*, dois pontos principais podem ser considerados. Primeiro, muitas empresas ao tratarem a modificação de um *layout* geralmente não se preocupam em como se estabelecerá o fluxo da peça, olhando apenas para o posicionamento das máquinas. Isso além de ser considerado perda de tempo, ociosidade de máquina e interrupção do trabalho dos operadores, conduz a obtenção de resultados longe dos esperados para tal, como redução de custos com movimentação e *lead time*. Segundo, é comum encontrar empresas que não utilizam abordagens estruturadas para projetar e implantar *layouts*. Apesar de existirem uma série de delas na bibliografia, a dificuldade para conduzir na prática as sistemáticas e ferramentas presentes nos mesmos dificulta e desmotiva a sua aplicação. E a não utilização de abordagens geralmente conduz a concepção de alternativas que dificultam o fluxo e geram uma série de perdas no processo produtivo.

Nesse contexto, é clara a importância da utilização pelas empresas de abordagens que contenham uma sistemática definida e que foquem na concepção de *layouts* com orientação ao fluxo. Ao mesmo tempo, a Manufatura Enxuta possui papel fundamental para isso, fornecendo ferramentas desde o projeto do *layout* até a sua operação.

Assim, essa pesquisa focou no estudo e aplicação de uma abordagem para implantar um *layout* orientado ao fluxo, cujo objetivo é arranjar o *layout* porta-a-porta para fabricação de uma peça, desde a chegada da matéria prima à empresa até a disponibilização do produto acabado para a puxada do cliente. Os resultados, tal como a redução de *lead time* e custos do processo, refletem a essência da Manufatura Enxuta.

A pesquisa se iniciou com a fundamentação teórica sobre o tema, onde foram citados os *layouts* atuais e os que a literatura reconhece como *layouts* do futuro, conceitos da Manufatura Enxuta e de gestão de projetos. Após, foi apresentado a abordagem concebida para implantação de um *layout* orientado ao fluxo, fruto do resultado da pesquisa-ação realizada.

A abordagem proposta foi estruturada em 4 fases: 1) Planejamento do Projeto; 2) Estado Atual; 3) Estado Futuro; 4) Implantação. E cada fase é composta por uma quantidade dada de atividades, cujo objetivo é fornecer subsídios e conhecimentos suficientes para projeto e implantação do *layout*, de forma sistemática e com etapas bem definidas.

Na primeira fase, denominada Planejamento do Projeto, são apresentadas ferramentas que visam definir o líder e a equipe do projeto e auxiliá-los no planejamento do mesmo, reduzindo o risco de retrabalhos e possibilitando melhor definição de objetivos e metas, além de aumentar as chances de alcançá-las. Após vem a fase de Estado Atual, onde todas as informações que tangem o *layout* atual são mapeadas, fornecendo entradas para a terceira fase, o Estado Futuro. Nela são concebidas alternativas com objetivo de reduzir os desperdícios existentes no Estado Atual, com foco no fluxo da peça. E por fim, na última fase, a Implantação, busca-se dar vida ao cenário planejado na fase 3, com um plano de implantação definido e indicadores monitorados.

Algumas características podem ser destacadas na abordagem proposta no capítulo 3:

- a integração de manufatura e logística para concepção do *layout*, visto que a logística tem grande importância para estabelecimento do fluxo, assim como o arranjo de máquinas;
- o uso de ferramentas de mais fácil entendimento e manuseio num ambiente fabril. Isso vai de encontro à necessidade de abordagens mais adequadas a realidade das empresas, que muitas vezes não possuem recursos (de tempo e técnico) para utilizar abordagens mais sofisticadas;
- a tratativa partindo da visualização do *layout* macro para o micro. Dessa forma, se define primeiro a posição relativa entre as diversas operações (macro) para depois partir para o detalhe de cada operação (micro). Isso auxilia, principalmente, na melhor definição das interações entre as operações, não tratando cada operação como uma caixa “solta” no *layout*;
- leva em conta aspectos quantitativos e qualitativos, não dependendo exclusivamente da experiência da equipe que ira utilizá-lo;
- possibilitar o alcance de uma maior maturidade no conceito *lean* nas empresas que utilizarão a abordagem.

A aplicação da abordagem na empresa estudada contribuiu como fonte de conhecimento que elevou o entendimento das variáveis que são envolvidas em uma modificação de *layout*, colaborando assim para o aperfeiçoamento e validação da abordagem. A forma como a abordagem foi estruturada permitiu à equipe do projeto uma melhor visualização da situação atual do *layout* e todos os fatores que impactam na decisão para escolha do melhor re-arranjo. Além disso, a utilização da abordagem permitiu uma maior

organização das informações e consequente melhor utilização das mesmas para resolução dos problemas que envolveram o projeto.

No que tange os resultados alcançados, a aplicação permitiu ganhos a empresa, tal como a redução de área utilizada, redução do *lead time* e aumento da produtividade. Outro ganho importante foi a simplificação e maior clareza do fluxo, além de uma maior organização do chão de fábrica.

Por outro lado, os custos de transporte tiveram um aumento, ocasionado pela mudança do tempo da rota externa. Isso, no entanto, permite que se mantenham estoques menores entre os processos, além de permitir um tempo de resposta mais rápido a mudanças nas programações de produção. Além disso, a rota interna foi eliminada ao se agregar o estoque de matéria-prima e o Tratamento Térmico no prédio B, visto que a rota externa leva diretamente o material do *Inbound* para o estoque de matéria-prima.

Outro ponto que não permitiu se obter ganhos maiores ao projeto foi a impossibilidade de unificar todo o fluxo de valor para fabricação da agulha em um único prédio, devido ao alto custo dessa unificação, o que ultrapassaria o retorno do projeto definido para ser no máximo de três anos. De qualquer forma, a unificação do *layout* do Tratamento Térmico e Processo de Retífica em um mesmo prédio, que equivale a maior parte do fluxo de valor para fabricação da Agulha, trará bons resultados para a empresa, como mostrado anteriormente.

Portanto, avaliando a abordagem proposta e a aplicação na prática do mesmo, que forneceu entradas importantes para tornar a abordagem mais facilmente aplicável no ambiente industrial, pode se afirmar que a dissertação atingiu os objetivos gerais e específicos definidos e que a questão da pesquisa, através da síntese dos elementos teóricos e das discussões práticas realizadas, foi satisfatoriamente respondida.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido ao escopo do projeto, bem como as oportunidades ressaltadas durante a elaboração e execução deste trabalho, foram levantadas algumas sugestões para trabalhos futuros:

1. Expandir o processo de implantação para todos os processos de fabricação do produto Bico Injetor, avaliando a aplicabilidade da abordagem em um âmbito maior;
2. Aplicar a abordagem em empresas de outros segmentos industriais, tal como a indústria alimentícia, têxtil, de processos, entre outras;
3. Avaliar a aplicação da abordagem para implantar um *layout* novo (um novo produto, por exemplo);
4. Expandir a aplicação da abordagem para além do *layout* porta-a-porta, abrangendo, por exemplo, fornecedores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, J. H., *“Make Lean Manufacturing Work for You”*. Lexington: Total System Development Inc., 2000.

ALONÇO, A. S., VALENÇA M., PEREIRA J., PEREIRA C., CARARA C., *“Layout Departamental x Layout Celular: um Estudo de Caso Através da Utilização do Software Arena”*. Disciplina Engenharia Ergonômica do Trabalho. Florianópolis: Universidade Federal de Catarina - UFSC, 2000.

ASKIN, R. G., LUNDGREN, N. H., CIARALLO F., *“A Material Flow Based Evaluation of Layout Alternatives for Agile Manufacturing”*. Progress in Material Handling Research, Braun-Brumfield, Inc., 1997.

BENJAFAR, S., HERAGU, S.S., IRANI, S. A., *“Next Generation Factory Layouts: Research Challenges And Recent Progress”*. EUA: Fundação nacional de ciências, 2000.

BENJAFAR, S, and SHEIKHZADEH M., *“Design of Flexible Plant Layouts”*. IIE Transactions, 32, 2000.

BLACK, J. T., *“O Projeto da Fábrica com Futuro”*. Porto Alegre: Bookman, 1998.

BORBA, M., *“Apostila de Arranjo Físico”*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1998.

BORGES, F. Q., *Layout*. Belén: Revista Latu & Sensu, 2001.

CANEN, A. G. E WILLIAMSON G. H. *Facility Layout Overview: Towards Competitive Advantage*. Facilities Volume 16, 1998.

COSTA, A. J. *Otimização do Layout de Produção de um Processo de Pintura de Ônibus*”. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

DALMAS, V., *“Avaliação de Um Layout Celular Implementado: Um Estudo de Caso em Uma Indústria de Autopeças”*. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

DHONDT, S.; BENDERS J., *Production Structures and Quality of Working Life in the Clothing Industry*. International Journal of Operations & Production Management, vol. 18, 1998.

DJASSEMI M., *“Improving Factory Layout Under a Mixed Floor and Overhead Material Handling Condition”*. Journal of Manufacturing Technology Management Vol. 18 No. 3, Emerald Group Publishing Limited, 2007.

FATTOUCH, N. G., *“Metodologia para Alteração do Arranjo Físico do Setor Produtivo de Pequenas e Médias Empresas”*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1989.

GALLIANO, A. G. *“O Método Científico: Teoria e Prática”*. São Paulo: Harbra, 1986.

GIL, A. C. *“Como Elaborar Projetos de Pesquisa”*. São Paulo: Atlas, 1991.

HARRIS, C., HARRIS C., WILSON E. *“Fazendo Fluir os Materiais”*. São Paulo: Lean Institute do Brasil, 2004.

HEINÄVAARA, M. *“Lean Applications in Shop Floor Layout Design”*. Master’s Thesis, Degree Program in Technological Competence Management, Production Management. Turku: Turku University of Applied Sciences, 2010.

IRANI, S. A., HUANG, H., *“Custom Design of Facility Layouts for Multi-Product Facilities Using Layout Modules”*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 16, 2000.

KEELING, R., *“Gestão de Projetos – Uma abordagem global”*. São Paulo: Saraiva, 2002.

KERNS, F., *“Strategic facility planning (SFP)”*. Work Study, Volume 48, Number 5. Emerald Insight MCB University Press, 1999.

KOCHHAR, J.S., HERAGU S.S., *“Facility Layout Design in a Changing Environment”*. International Journal of Production Research, 37, 1999.

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

LORENZATTO, J., RIBEIRO, J., *“Projeto de Layout Alinhado às Práticas de Produção Enxuta em Uma Empresa Siderúrgica de Grande Porte”*. XXVII ENEGEP. Foz do Iguaçu: 2007.

LUCERO, A.G.R., *“Um Método de Otimização para a Programação da Manufatura em Pequenos Lotes”*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2001.

LUZZI, A. A., *“Uma Abordagem para Projetos de Layout Industrial em Sistemas de Produção Enxuta: Um Estudo de Caso”*. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MARTINS, C. F., *“Evolução Funcional do Planejamento e Controle da Produção: Um Estudo de Múltiplos Casos”*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

MARUJO, L. G., CARVALHO, D., LEITÃO, M., *“Otimização de Layout Utilizando-Se o SLP Combinado com Teoria das Filas: Um Estudo de Caso em uma Oficina de Rodas e Freios de Aeronaves”*. Revista Gestão Industrial, Vol. 6, Número 4. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010.

MENEZES, L. C. de M., *“Gestão de Projetos”*. 2ª ed., São Paulo: Atlas, 2007.

MONDEN, Y., *“Toyota Production System: na Integrated Approach to Just-in-Time”*, Georgia: Institute of Industrial Engineers, 1997.

MONKS, J. G. *“Administração da Produção”*. São Paulo: Mgraw-Hill, 1987

MONTREUIL, B., VENKATADRI, U., LEFRANÇOIS P., *“Holographic Layout of Manufacturing Systems”*. Technical Report No. 91-76,. Québec: Laval University, Faculty of Management, 1991.

MONTREUIL B., VENKATADRI, U. and RARDIN R.L., *“The Fractal Layout Organization for Job Shop Environments”*. International Journal of Production Research, 1999.

MUTHER, R., *“Planejamento do Layout: Sistema SLP”*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1978.

NEUMANN, C. S. R., “*Sistemática Para Avaliação e Melhoria da Flexibilidade de layout em Ambientes Dinâmicos*”. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

NORMAN, B. A., SMITH A. E., “*Considering Production Uncertainty in Block Layout Design*”. Working Paper, Department of Industrial Engineering. Pittsburgh: University of Pittsburgh, 2000.

ROTHER, M., HARRIS, R., “*Criando Fluxo Contínuo*”. São Paulo: Lean Institute do Brasil, 2002.

RUSSEL, R., “*Operations Management and Student CD: International Edition*”. 4ª ed., Prentice Hall, 2002.

SAURIN, T. A., “*Reprojeto de Layout e Implantação de Um Sistema Puxado Seqüenciado em Uma Fábrica de Ar-Condicionado Para Ônibus*”. XXVI ENEGEP. Fortaleza: 2006.

SHA, D.Y., CHEN, C., “*A New Approach to the Multiple Objective Facility Layout Problem*”. Integrated Manufacturing Systems, Emerald Insight MCB University Press, 1999.

SHINGO, S., “*O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*”. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVA, A. L., BUOSI, T., SILVA, V. C. O. “*Melhorando o Layout Físico Através da Aplicação do Conceito de Célula de Produção e Redução da Movimentação: Um Estudo de Caso*”. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP, [s.d.].

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M., “*Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*”. 4ª Ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2005.

SILVA, A.L., RENTES, A.F., “*Tornando o Layout Enxuto com Base no Conceito de Mini-Fábricas num Ambiente de Multiprodutos: um Estudo de Caso*”. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba: 2002.

SLACK, N.; STUART, C. HARLAND, C. HARRISON, A. JOHNSTON, R. “*Administração da Produção*”. São Paulo: Atlas, 1996.

SUZAKI, K., “*The new manufacturing challenge: Techniques for continuous Improvement*”. New York: The Free Press (1987).

TERESKO, J., “*Toyotas New Challenge*”, Cleveland: Industry Week, 2001.

THIOLENT, M., “*Pesquisa-Ação nas Organizações*”. São Paulo: Atlas, 1997.

TOMELIN, M., “*Metodologia Baseada em Dados Históricos para Definição de Layouts em Sistemas Jobshop*”. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008.

TOMPKINS, J.A., WHITE, J.A., BOZER, Y.A., TANCHOCO, J.M.A., TREVINO, J., “*Facilities planning*”, New York: John Wiley, 1996.

TREIN, F., “*Análise e Melhoria de Layout de Processo na Indústria de Beneficiamento de Couro*”. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

WELLER, T. R., ***“Proposta De Uma Abordagem De Busca Tabu Para O Layout De Células De Manufatura”***. Dissertação, Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Mecânica E De Materiais. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008.

WHEATLEY, J. ***“Super Factory – or Super headache”***. Business Week, July 31, 2000.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., ***“A Mentalidade Enxuta nas Empresas”***, Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004.

WOMACK, J., JONES, D., ROOS, D. ***“A Máquina que Mudou o Mundo”***. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

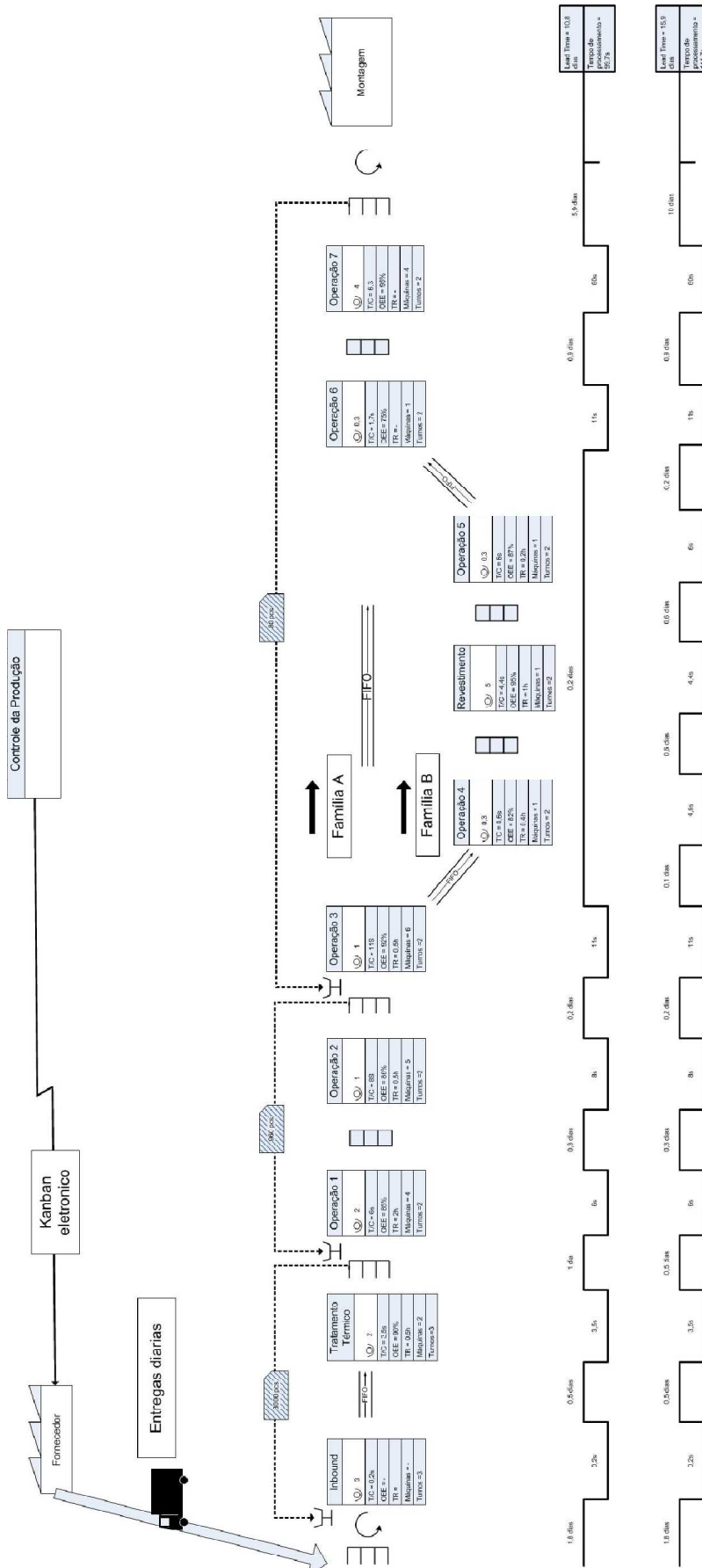
YANG, T., SU, C., HSU, Y., ***“Systematic Layout Planning: a Study on Semiconductor Wafer Fabrication Facilities”***, International Journal of Operations and Production Management; Volume 20 No. 11, 2000.

YANG, T., PETERS, B. A., ***“Flexible Machine Layout Design for Dynamic and Uncertain Production Environments”***. European Journal of Operational Research, 108, 1998.

APÊNDICES

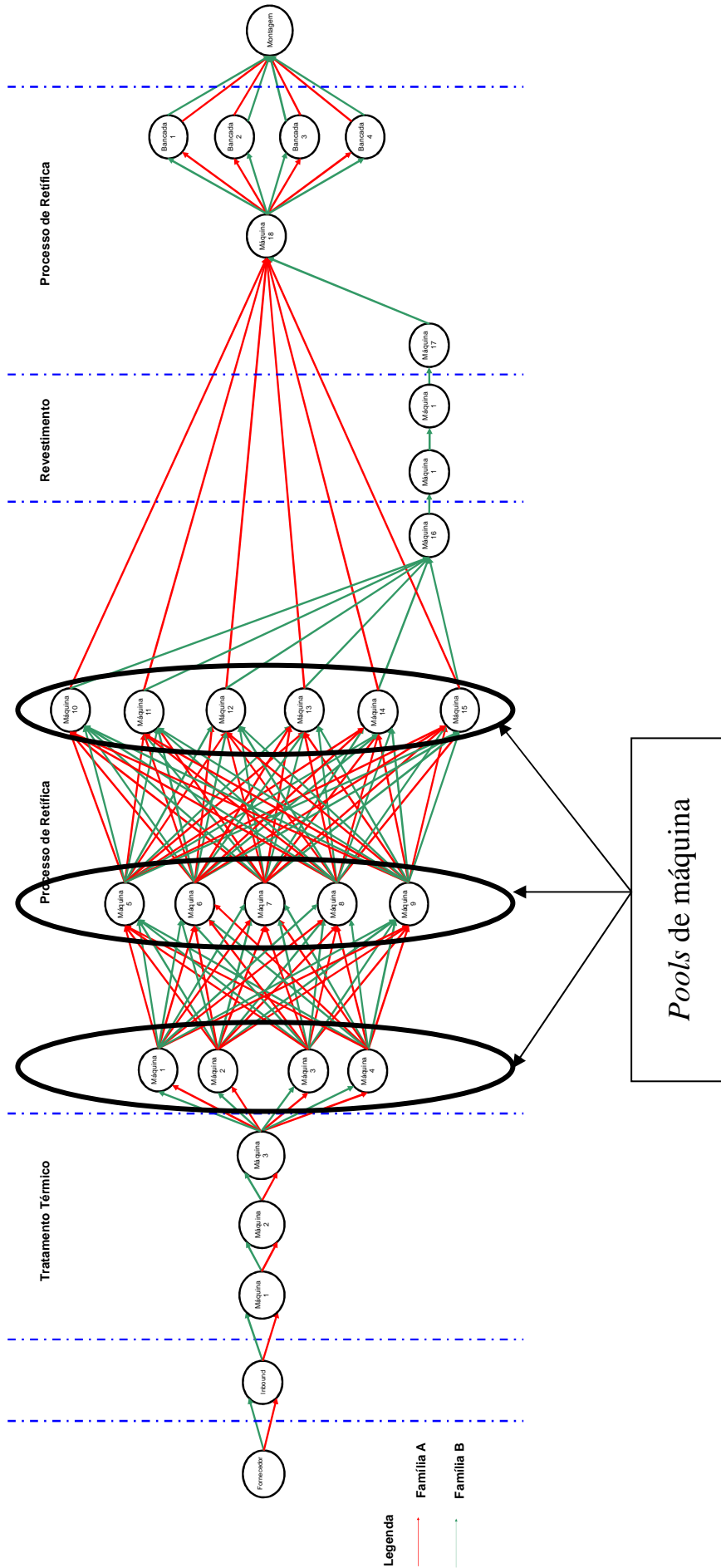
Apêndice 1

Mapeamento do Fluxo de Valor – estado atual



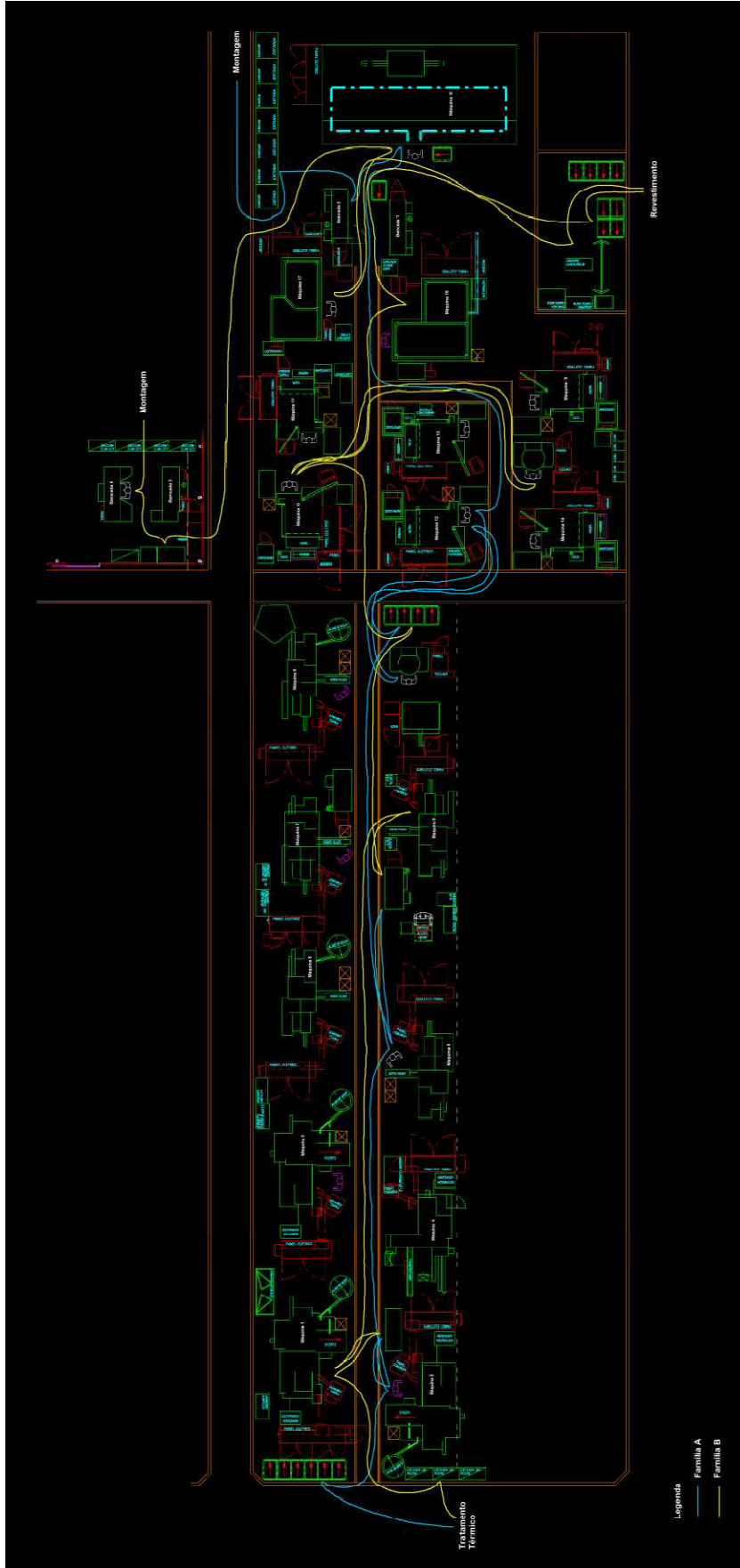
Apêndice 2

Diagrama de bolhas – estado atual

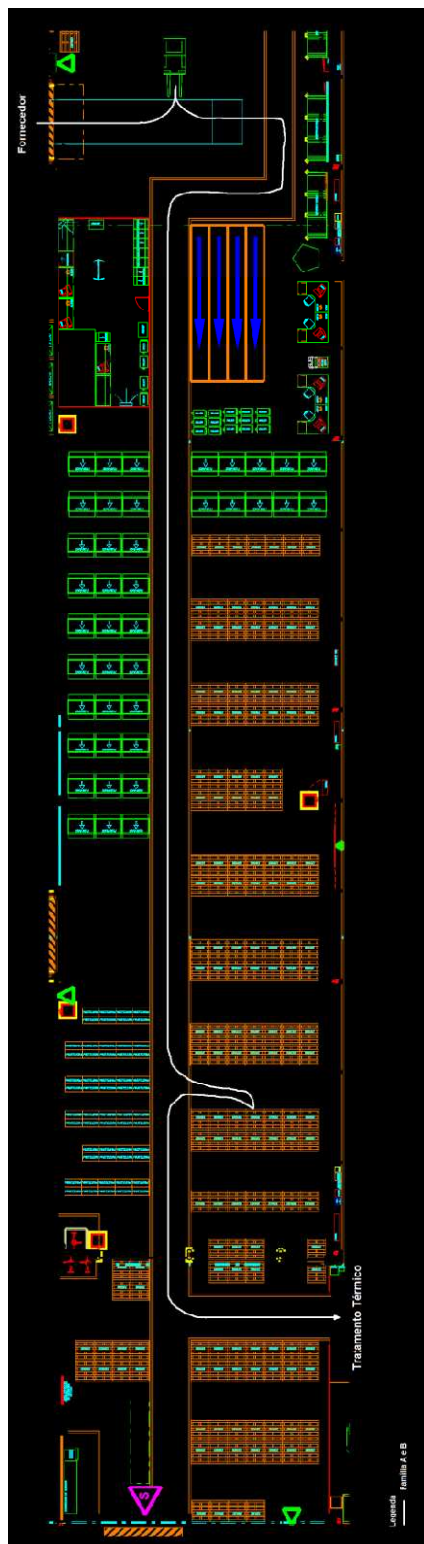


Apêndice 3

Diagrama Spaghetti – estado atual (Prédio B)

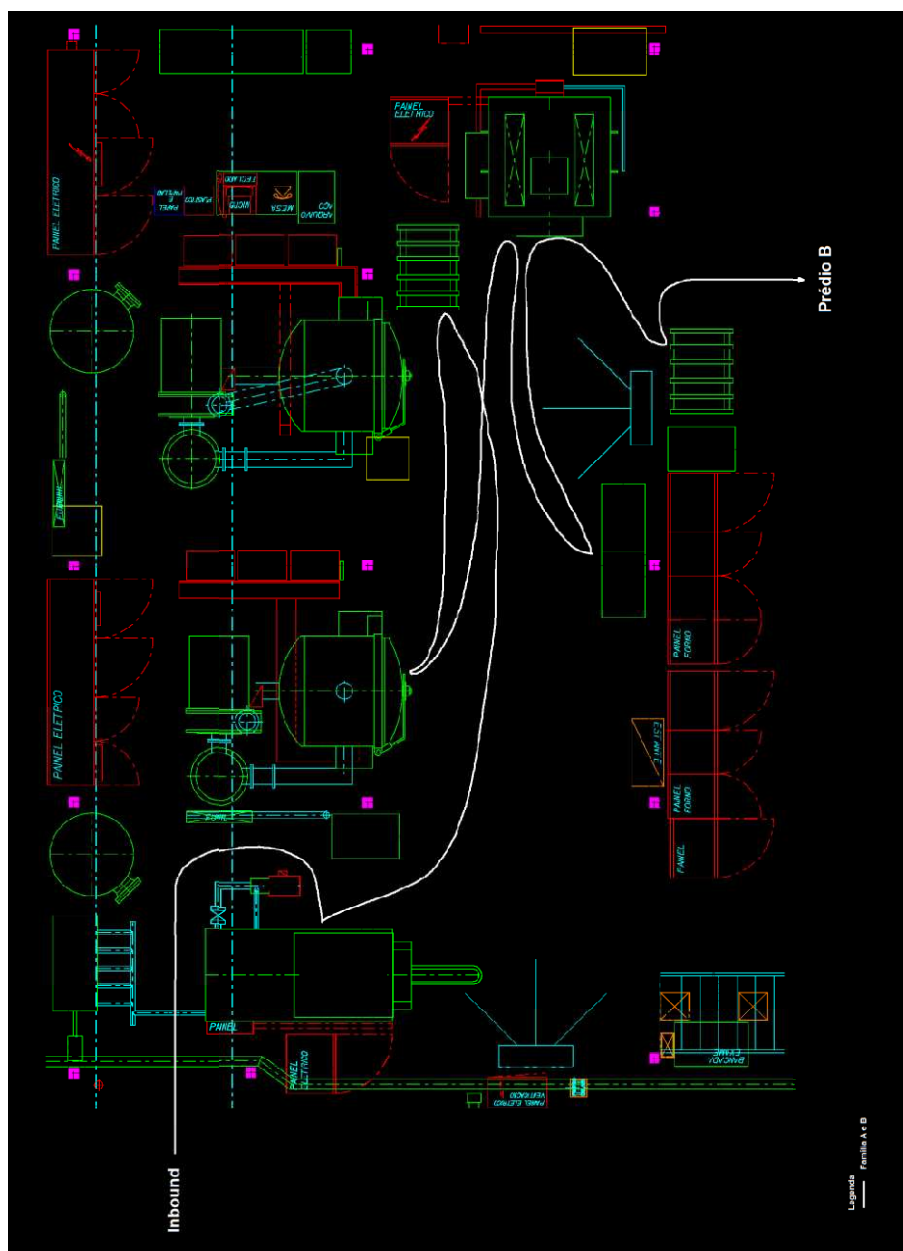


Apêndice 4

Diagrama Spaghetti – estado atual (*Inbound*)

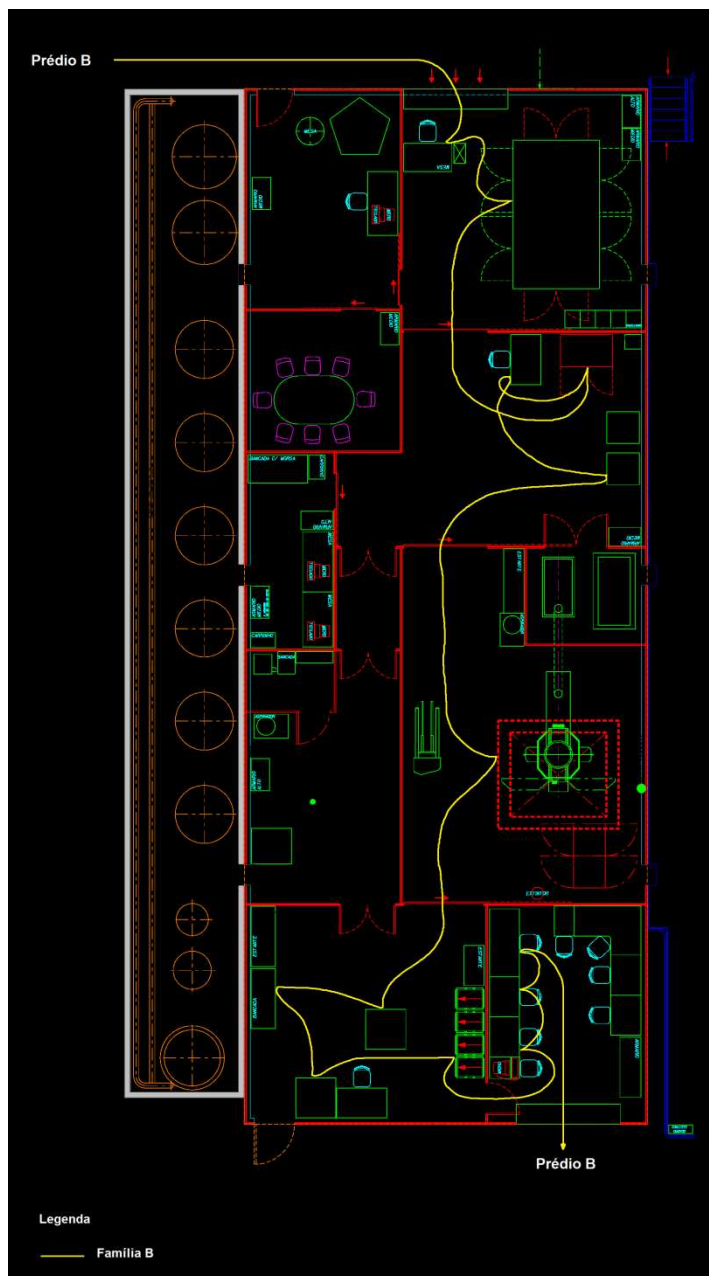
Apêndice 5

Diagrama Spaghetti – estado atual (Tratamento Térmico)



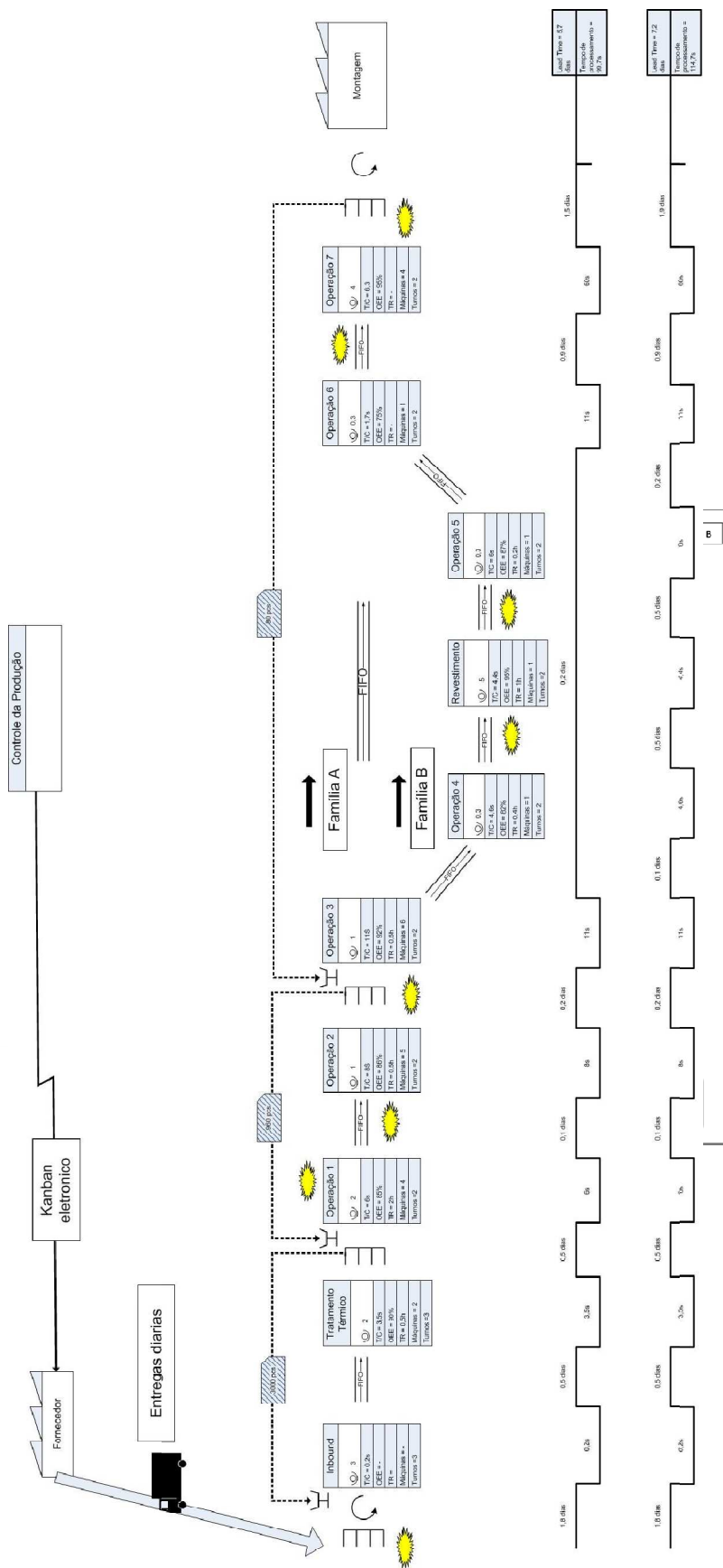
Apêndice 6

Diagrama Spaghetti – estado atual (Revestimento)



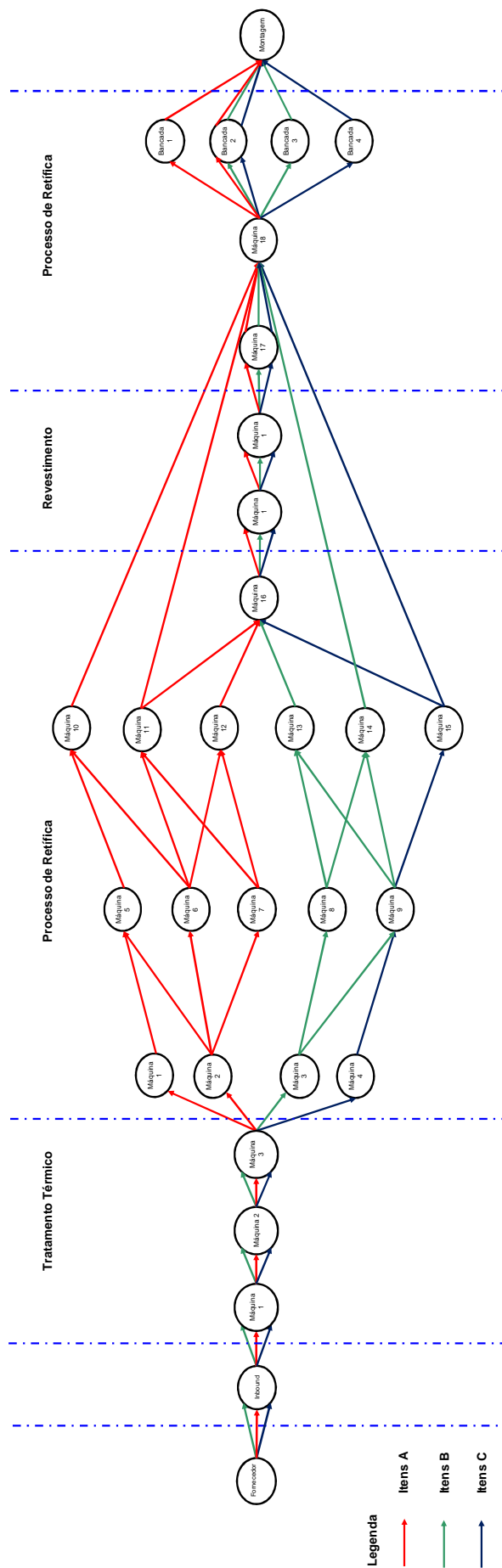
Apêndice 7

Mapeamento do Fluxo de Valor - estado futuro



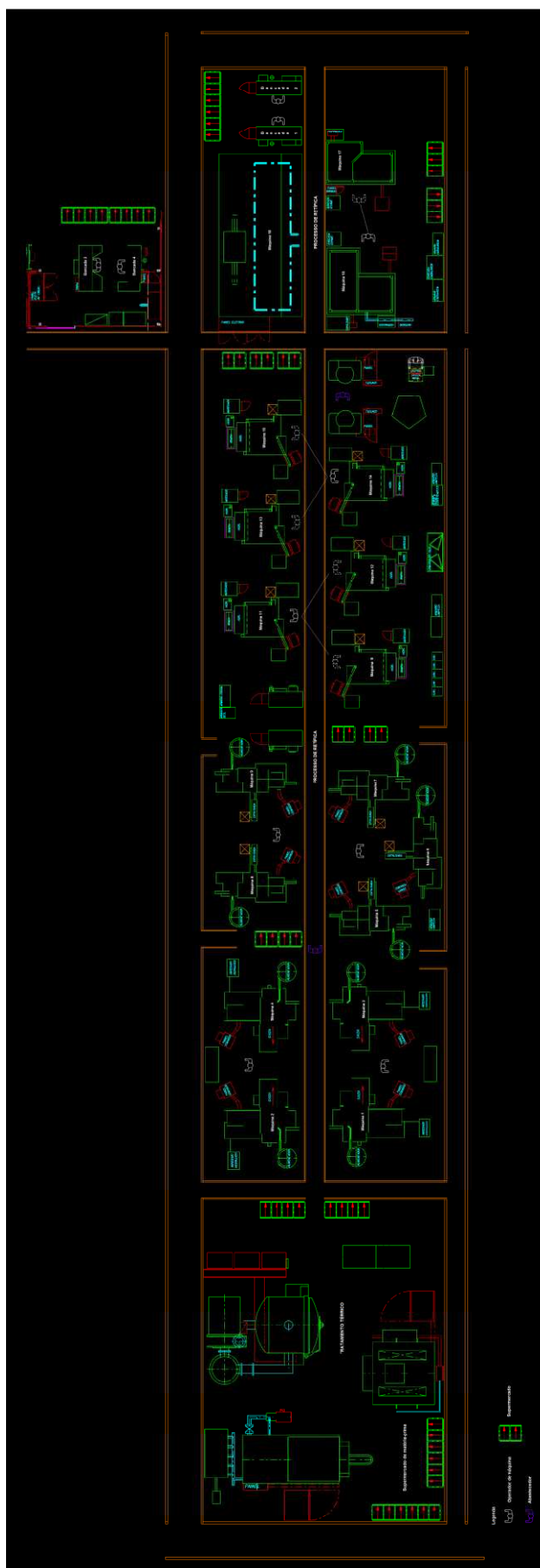
Apêndice 8

Diagrama de bolhas – estado futuro



Apêndice 9

Layout Micro – Opção 1



Apêndice 10

Layout Micro – Opção 2

