

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**OTIMIZAÇÃO DO *LAYOUT* DE PRODUÇÃO DE UM PROCESSO DE
PINTURA DE ÔNIBUS**

Adriano José de Costa

Porto Alegre
2004

Adriano José de Costa

**OTIMIZAÇÃO DO *LAYOUT* DE PRODUÇÃO DE UM PROCESSO DE PINTURA DE
ÔNIBUS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade Profissionalizante – Ênfase Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph. D

Porto Alegre
2004

Este foi analisado e julgado adequado para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pelo Coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Ph. D
Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

Prof. Ribeiro Dr.
Coordenador MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tarcisio Abreu Saurin
PPGEP/UFRGS

Prof. Dr. Fernando G. Amaral
PPGEP/UFRGS

Prof. Dr. Marcos Albertin
PUCRS

RESUMO

A aplicação de técnicas para o desenvolvimento de soluções para problemas existentes dentro dos setores produtivos tornam-se cada vez mais necessária, devido às constantes modificações tecnológicas, econômicas e sociais experimentadas pelas empresas. Dentre essas técnicas destaca-se o SLP (*Systematic Layout Planning* - Planejamento Sistemático de *Layout*), que traz resultados positivos na reestruturação de *layouts* fabris. No presente trabalho, apresentam-se diferentes opções de *layouts*, suas aplicações, vantagens e desvantagens, bem como sua utilização no contexto do SLP. Para tanto, realizou-se um estudo de caso utilizando o SLP Planejamento Sistemático de *Layout* em setor de pintura do ramo metal-mecânico. Os resultados obtidos revelam-se através do re-arranjo de postos de trabalho com redução no fluxo de linha de acordo com a aproximação de postos por afinidades e um melhor controle de produção, através de um melhor seqüenciamento da linha. Essa alteração também possibilitou uma melhor organização espacial dos postos de trabalho e um incremento da capacidade produtiva dentro da empresa. A metodologia adotada pode ser utilizada como ferramenta de melhoria nos demais setores, tanto da própria empresa, como de outras que se assemelham ao processo produtivo descrito neste estudo de caso.

Palavras-chave: *layout*, Planejamento Sistemático de *Layout*, carroceria de ônibus, arranjo físico, linha de produção.

Áreas do Conhecimento: Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica.

ABSTRACT

The application of techniques for the development of solutions for existing problems inside of the productive sectors becomes each time more necessary, due to the constant technological, economic and social changes tried by the companies. Among these techniques the SLP is distinguished (Systematic Layout Planning), which brings positive results in the reorganization of layouts manufacture. In the present work, different options of layouts, its applications, advantages and disadvantages are presented, as well as its use in the context of the SLP. For that, a case study was fulfilled using the SLP Systematic Layout Planning in an inside painting sector of a metal-mechanic company. The gotten results show through the rearrangement of ranks of work with reduction in the line flow in accordance with the approach of ranks for affinities and a better control of production, through a correct sequence of the line. This alteration also made possible a better space organization of the work ranks and an increment of the productive capacity inside of the company. The adopted methodology can be used as tool of improvement in the others sectors, as much of the proper company, as of others are similar to the described productive process in this case study.

Key words: layout, Systematic Layout Planning, bus body, physical arrangement, line of production.

Areas of the Knowledge: Production Engineering, Mechanics Engineering.

SUMÁRIO

RESUMO	3
ABSTRACT	4
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	10
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Comentários iniciais.....	11
1.2 Tema e sua importância	12
1.3 Objetivos do trabalho	13
1.4 Método de pesquisa.....	14
1.5 Método de trabalho	15
1.6 Delimitações do estudo	16
1.7 Estrutura do trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Introdução ao estudo de <i>layout</i>	18
2.2 O planejamento do arranjo físico	19
2.3 Os objetivos do estudo de <i>layout</i>	20
2.4 Os problemas e as restrições do <i>layout</i>	21
2.5 Os tipos básicos de <i>layout</i>	24
2.5.1 <i>Layout</i> funcional ou por processo	26
2.5.2 <i>Layout</i> em linha ou por produto	29
2.5.2.1 Balanceamento da Linha de Montagem	31
2.5.3 <i>Layout</i> celular ou de grupo.....	34
2.5.4 <i>Layout</i> fixo ou posicional.....	36
2.6 Metodologia de planejamento sistemático de <i>layout</i>	38
2.6.1 Informações para a compreensão da metodologia SLP	38
2.6.2 Fases para a elaboração do SLP	39
2.6.3 Alternativas similares para a elaboração do Planejamento Sistemático de <i>Layout</i>	48
2.6.4 Os critérios de performance para o <i>layout</i>	50
2.6.5 Experiências da implantação do planejamento sistemático de <i>layout</i>	51
3 MÉTODO DE TRABALHO	53
3.1 Descrição detalhada do método SLP.....	53
3.1.1 Dados de Entrada	53
3.1.2 Fluxo de Materiais.....	55
3.1.3 Inter-relações de Atividades.....	57
3.1.4 Diagrama de Fluxo	59
3.1.5 Determinação dos Espaços.....	60
3.1.6 Diagrama de inter-relações entre espaços	61
3.1.7 Considerações de mudanças e limitações práticas	63

3.1.8 Seleção das Alternativas.....	65
4 RESULTADOS	68
4.1 Aplicação do SLP em um Processo de montagem de carrocerias para ônibus.....	68
4.2 Descrição da empresa.....	69
4.2.1 Sistema de gestão da manufatura da Marcopolo.....	71
4.2.2 Caracterização macro da gestão da engenharia de processo da Marcopolo.....	72
4.2.3 Linha de montagem de ônibus da empresa analisada	74
4.3 Desenvolvimento da pesquisa.....	77
4.3.1 Aplicação dos passos metodológicos do SLP no setor de pintura	77
4.3.2 Coleta de dados de entrada.....	77
4.3.3 Fluxo de Linha	83
4.3.4 Inter-relações de Atividades.....	86
4.3.5 Diagrama de Fluxo	88
4.3.6 Determinação dos Espaços.....	90
4.3.7 Considerações de mudanças, Restrições e Limitações práticas	92
4.3.8 Seleção das Alternativas.....	94
4.3.9 Instalação.....	96
4.4 Considerações a Respeito do Estudo	101
4.4.1 Aspectos Relacionados à Produção.....	101
4.4.2 Aspectos Relacionados à Qualidade	102
4.4.3 Aspectos Relacionados à Tecnologia.....	103
5 CONCLUSÃO	104
5.1 Considerações Finais.....	104
5.2 Avaliação do Método Utilizado	105
5.3 Trabalhos Futuros	106
REFERÊNCIAS	107
ANEXOS.....	112
Anexo A – <i>Layout</i> macro da linha de montagem da empresa Masa.....	113
Anexo B – Cronograma do plano de ação do setor de pintura.....	114
Anexo C – <i>Layout</i> atual do setor de pintura e sua disposição dentro da área	115
Anexo D – <i>Layout</i> atual com o fluxo do setor de pintura Masa	116
Anexo E – <i>Layout</i> proposto do setor de pintura.....	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALDEP – Programa de Desenvolvimento de Leiaute Automatizado
ASME – Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos
CBU – Unidades Totalmente Montadas
CKD – Unidades Totalmente Desmontadas
CNC – Comando Numérico Computadorizado
CORELAP – Planejamento de Relacionamentos entre Leiautes Computadorizados
CRAFT – Técnica de Alocação Relativa de Infra-estruturas Computadorizadas
FABUS – Associação Nacional dos Fabricantes de Carrocerias para Ônibus
MMD – Multi-Modelo Determinístico
MMS – Multi-Modelo Estocástico
PKD – Unidades Semi-prontas sem Chassi
SIMPS – Sistema Integrado Marcopolo de Produção Solidária
SKD – Unidades Parcialmente Montadas
SLP – Planejamento Sistemático de *Layout*
SMD – Modelo Determinístico Único
SMS – Modelo Determinístico Estocástico
SUMAM – Sugestões de Melhorias do Ambiente Marcopolo
TPM – Manutenção Preventiva Total
WIP – Trabalho em Processo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A chave PQRST (ADAPTADO DE MUTHER, 1978).....	22
Figura 2: Sintomas e Causas no fluxo do <i>layout</i> (ADAPTADO DE IRANI <i>ET AL.</i> , 1998)	23
Figura 3: Relações entre tipos de processo e de arranjos físicos (ADAPTADO DE SLACK <i>ET AL.</i> , 1997)	25
Figura 4: Tipos de <i>layout</i> (ADAPTADO DE SILVEIRA, 1998).....	25
Figura 5: Exemplo de <i>layout</i> funcional (ADAPTADO DE SILVEIRA, 1998).....	27
Figura 6: <i>Layouts</i> combinados (ADAPTADO DE MARTINS, 1998)	27
Figura 7: Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> por processo (ADAPTADO DE MONKS, 1987).28	
Figura 8: Manufatura em linha (ADAPTADO DE BLACK, 1998).....	29
Figura 9: Tipos de arranjos físicos em linha (ADAPTADO DE FRANCIS <i>ET AL.</i> , 1992).....	30
Figura 10: Modelos de linha de montagem (ADAPTADO DE BECKER; SCHOLL, 2003)	32
Figura 11: Exemplo de <i>layout</i> celular (ADAPTADO DE BLACK, 1998).....	36
Figura 12: Exemplo de <i>layout</i> fixo (ADAPTADO DE SILVEIRA 1998).....	37
Figura 13: As quatro fases do SLP (ADAPTADO DE MUTHER,1978).....	39
Figura 14: Fases do SLP (ADAPTADO DE MUTHER, 1978).....	39
Figura 15: Procedimentos do SLP (ADAPTADO DE TOMPKINS <i>ET AL.</i> , 1996)	41
Figura 16: Escala AEIOUX para o diagrama de relações (ADAPTADO DE URBAN, 1989)	43
Figura 17: Exemplo de carta inter-ligações preferências (ADAPTADO DE MUTHER, 1978).....	45
Figura 18: Diagrama de inter-relações (ADAPTADO DE MUTHER, 1978).....	46
Figura 19: Passos do desenvolvimento do <i>layout</i> (ADAPTADO DE SILVEIRA, 1998).....	48
Figura 20: Fatores qualitativos e quantitativos dos critérios de performance do <i>layout</i> (ADAPTADO DE DAVIS <i>ET AL.</i> , 1998)	51
Figura 21: Diagrama Produto-Quantidade (ADAPTADO DE MUTHER, 1978).....	54
Figura 22: Simbologia utilizada nos fluxogramas de processo (ASME- <i>THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS</i>)	56
Figura 23: Carta de Fluxo de processo (ADAPTADO DE SLACK, 1997)	57
Figura 24: Carta de Inter-Ligações Preferenciais (ADAPTADO DE MONKS, 1987).....	58
Figura 25: Diagrama de Fluxo (ADAPTADO DE MUTHER, 1978).....	59
Figura 26: Folha de Registro de Equipamentos e Máquinas.....	61
Figura 27: Diagrama de inter-relações entre espaços (ADAPTADO DE MUTHER, 1978).....	62
Figura 28: Carta de Resolução de Problemas	64

Figura 29: Carta de comparação das vantagens e desvantagens	66
Figura 30: Relação da pesquisa-ação e estudo de caso (ADAPTADO DE SOUTO, 2000).....	69
Figura 31: Sistema Marcopolo de Produção Solidária (SIMPS)	71
Figura 32: Estrutura da engenharia de processos da Marcopolo.....	73
Figura 33: Macro fluxo da linha de montagem de ônibus	75
Figura 34: Produção mensal de ônibus	79
Figura 35: Deslocamento do ônibus com o auxílio do trator e colaboradores.....	81
Figura 36: Carta de Fluxo de Processo do Setor de Pintura.....	84
Figura 37: Fluxo de linha atual do Setor de Pintura	85
Figura 38: Carta de Inter-Ligações Preferenciais do Setor de Pintura.....	87
Figura 39: Fluxo de linha do Setor de Pintura	89
Figura 40: Folha de dados da Cabine de Pintura.....	91
Figura 41: Carta de Resolução de Problema para a contaminação de poeiras na fábrica.....	94
Figura 42: Carta de Comparação para a seleção de propostas	95
Figura 43: Cronograma de Implantação com custos.....	98
Figura 44: <i>Layout</i> proposto aprovado para o Setor de Pintura	100
Figura 45: Relação de Deméritos.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relatório de Produção Mensal de Ônibus de 2003.....	79
Tabela 2: Descrição e tempos das atividades no setor de pintura	82
Tabela 3: Distâncias e Tempos percorridos pelo ônibus no processo de pintura.....	86
Tabela 4: Áreas mínimas necessárias para o processo de pintura	90
Tabela 5: Análise das Distâncias e Tempos percorridos pelo ônibus no processo de pintura	97

1 INTRODUÇÃO

1.1 COMENTÁRIOS INICIAIS

Nos últimos anos, diversas mudanças sociais, econômicas, políticas e tecnológicas vêm ocorrendo, tornando necessárias modificações nos setores produtivos. Objetivando adaptar-se a essas mudanças e comportamentos, além de atuar de forma eficaz no atual processo de globalização dos mercados, percebe-se cada vez mais a necessidade de aumentar o grau de competitividade entre empresas na disputa por clientes (IANNI, 1997).

Para que as empresas possam sobreviver dentro desse contexto de mudanças constantes, é necessário desenvolver produtos melhores, mais baratos, mais seguros, de entrega mais rápida, de manutenção mais fácil e sem defeitos. Esse processo de inovação contínua tem como referência o cliente e a concorrência, e se constitui na própria garantia de sobrevivência da empresa (CAMPOS, 1992).

Os estudos de *layout* são ideais como ferramenta para elaborar uma disposição ótima dos meios de produção, a partir da análise da maneira como homens, máquinas e equipamentos estão dispostos dentro da área fabril. O Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP - *Systematic Layout Planning*) é uma metodologia idealizada para habilitar os estudos de *layout*. O SLP é estruturado em fases, seguindo um modelo de procedimentos e de convenções para identificação, visualização, classificação das várias atividades, inter-relações e alternativas envolvidas em todo o arranjo físico. O SLP tem por objetivo a redução no custo, decorrente de um aumento na eficiência e produtividade, obtido através da melhor utilização do espaço disponível, redução na movimentação de materiais, produtos e pessoal, fluxo racional e melhores condições de trabalho (MUTHER; WHEELER, 2000). A utilização do SLP combate perdas produtivas e incrementa a competitividade da empresa.

Segundo Harmon e Peterson (1991), o *layout* e o fluxo de virtualmente todas as fábricas são imperfeitos. Como essas imperfeições costumam não ser de pequena monta, aperfeiçoamentos no *layout* e fluxo de materiais nas plantas produtivas podem aumentar substancialmente a produtividade das empresas.

A decisão de uma empresa por optar em desenvolver e implementar um sistema de planejamento de *layout* pode proporcionar produtos capazes de atender às necessidades com melhores processos e operações à empresa e ao cliente.

1.2 TEMA E SUA IMPORTÂNCIA

O tema principal desta dissertação é a melhoria de um processo produtivo através da mudança do *layout* em uma indústria do ramo metal-mecânico. As técnicas de análise e melhoria de arranjos físicos estão cada vez mais sendo empregadas no mercado mundial no intuito de otimizar processos produtivos, minimizar os investimentos necessários e aproveitar melhor seus recursos de forma eficiente e segura (MONKS, 1987).

Essa nova postura visa a obtenção de um sistema de manufatura mais produtivo que, por sua vez, permite gerar resultados como: redução de estoques em processo e de produtos acabados, diminuição no *lead time* de produção e nos atrasos de ordens, melhoria na qualidade dos produtos com redução de refugos, aumento da produtividade da mão-de-obra com menos operários e redução na área de manufatura (BLACK, 1998). Essas vantagens, advindas da implantação de um *layout* eficiente, visam a busca pela competitividade industrial.

Skinner (1974) e Hillier *et al.* (1979), descrevem os elementos que influenciam organizações, clientes e suas interações. Muitos desses elementos relacionam o que deveria ser incluído na elaboração da estrutura física de algumas fábricas. Alguns dos elementos a serem considerados como planejamento sistemático de *layout* do futuro são:

- a) projetar a planta produtiva para atender às necessidades dos clientes;
- b) projetar as instalações da fábrica para cumprir os prazos de entrega mais rapidamente;
- c) planejar *layouts* capazes de rápida acomodação para comercializar novos produtos;
- d) a planta produtiva deve estar conectada a fornecedores, produção e clientes;
- e) reduzir níveis hierárquicos dentro da estrutura da empresa para facilitar as tomadas de decisões;
- f) as pessoas devem estar treinadas para se adaptarem a mudanças.

Segundo Tompkins *et al.* (1996), fatores que justificariam a elaboração do *layout* são:

- a) construção de nova planta;
- b) mudança no projeto dos produtos;
- c) eliminação e/ou introdução de produtos;
- d) mudança na seqüência de produção;
- e) compra e/ou reposicionamento de máquinas e
- f) mudanças na estrutura organizacional.

O resultado de um planejamento sistemático de *layout* é o de freqüentemente aperfeiçoar o que está estruturado e conciliar o local existente com as características da cadeia produtiva. Deve-se melhorá-lo, a fim de fornecer melhores condições para satisfazer as necessidades das rápidas e evolutivas mudanças operacionais estratégicas (WRENNALL, 1997).

A análise, por parte das empresas, dos diferentes tipos de *layouts* e sua adequação a cada contexto de produção é um exercício de melhoria contínua. Estudos de *layout* são essenciais no planejamento e controle de sistemas produtivos, sendo que arranjos físicos inadequados podem gerar perdas por excesso de operações, deslocamentos desnecessários, estoques intermediários e ineficiência produtiva. A correta análise e dimensionamento de um *layout* pode aumentar a produtividade da produção. Tendo em vista os fatores positivos dos estudos em *layouts* apresentados acima, o tema proposto para este trabalho encontra-se justificado.

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho é analisar e propor melhorias no *layout* de um processo de pintura em uma indústria montadora de carrocerias de ônibus. De forma a otimizar o fluxo produtivo na linha de pintura e minimizar perdas.

Para alcançar o objetivo principal, alguns objetivos secundários são propostos:

- a) levantar o estado da arte sobre a análise e técnicas de melhoria em *layouts* de produção;

- b) e identificar, eliminar e/ou reduzir as perdas do processo e das operações analisadas.

1.4 MÉTODO DE PESQUISA

O desenvolvimento do trabalho caracteriza-se como uma aplicação do método da “pesquisa-ação”.

A pesquisa-ação caracteriza-se por ser uma pesquisa de base empírica, desenvolvida com o objetivo de resolver problemas coletivos, nos quais pesquisadores, participantes ou entrevistados trabalham de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1998). O pesquisador desempenha um papel ativo na identificação e análise dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações encadeadas para resolução de problemas (VERGARA, 2000).

A pesquisa-ação atua para integrar a observação e a ação. Para tanto, é necessária uma cumplicidade entre o pesquisador e a equipe de trabalho, que busca as soluções para os problemas observados. A condução de um estudo de pesquisa-ação demanda a realização de quatro etapas (SOUTO, 2000):

- a) Exploratória: que caracteriza-se pela busca de informações relativas ao assunto, além do contato inicial entre o pesquisador e alguns membros da organização onde a pesquisa é realizada, objetivando a detecção de problemas e possibilidades de ação.

- b) Principal: nessa fase são utilizadas ferramentas objetivando coletar informações e medir resultados encontrados com o método atualmente em uso. Esses dados são discutidos entre o grupo participante e estudado mais detalhadamente quanto ao método de aplicação das técnicas que serão utilizadas.

- c) Ação: é caracterizada pela operacionalização das idéias desenvolvidas, onde as melhorias passam da teoria para a prática.

- d) Avaliação: tem por objetivo avaliar o conhecimento adquirido no decorrer das etapas anteriores, com a finalidade de resgatar o máximo de conhecimento produzido no decorrer do processo.

Utilizando como base os critérios sugeridos por Vergara (2000), que estabelece diferentes tipos de pesquisa quanto aos fins e quanto aos meios, pode-se dizer que este trabalho se enquadra também dentro dos seguintes tipos: pesquisa aplicada e intervencionista (quanto aos fins) e estudo de caso (quanto aos meios) utilizado.

A pesquisa aplicada é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos. Tem finalidade prática. A pesquisa intervencionista tem como principal objetivo interpor-se na realidade estudada para modificá-la. O estudo de caso é realizado em uma ou poucas unidades, envolve um estudo profundo e exaustivo de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Na pesquisa-ação, o pesquisador não se aterá somente a verificar se existe um modo melhor de realizar o trabalho, mas também de operacionalizar essa expectativa.

1.5 MÉTODO DE TRABALHO

Procurando-se alcançar os objetivos estabelecidos para o trabalho, as seguintes etapas são contempladas nesta pesquisa:

a) Identificação do tópico de pesquisa

No caso deste trabalho, o tópico de pesquisa selecionado é a otimização do *layout* de produção de um processo de montagem de ônibus, cuja relevância se justifica do ponto de vista acadêmico e industrial.

b) Revisão bibliográfica sobre o assunto

Após ter escolhido o tema da pesquisa, é necessário colher informações sobre o tópico em questão (YIN, 1994). Para tanto, deve ser feito o levantamento do estado da arte através de bibliografias contidas em dissertações, artigos em periódicos, artigos em congresso, livros, etc. O foco da pesquisa estará centrada em artigos de periódicos e congressos referentes a estudo de *layout*.

c) Sistemática de Intervenção

Nesta fase serão delineados o processo de coleta de dados, os procedimentos adotados na sua análise, o tratamento a ser dado aos resultados obtidos, as considerações assumidas e soluções para possíveis problemas a serem encontrados.

d) Estudo de caso – Aplicação Prática

Nesta etapa, identifica-se o processo produtivo a ser abordado no estudo, caracterizando-o pela apresentação da linha de montagem, máquinas e equipamentos, mão-de-obra, o *lead time* e o sistema de inspeção utilizado, no intuito de compreender, num primeiro momento, o funcionamento do processo como um todo.

Após a fase inicial de realização da coleta de dados pode-se, então, partir para a fase de aplicação das técnicas de análise de *layout* e elaboração de sugestões alternativas, visando atingir os objetivos principais da dissertação.

e) Conclusões

Serão traçadas as conclusões do estudo e elaboradas sugestões para novos *layouts* que possam originar-se deste trabalho ou da necessidade da empresa.

1.6 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este trabalho de conclusão apresenta as seguintes limitações:

a) A realização desta pesquisa limitou-se ao setor de pintura de carrocerias de ônibus, especificamente numa coligada da empresa Marcopolo S/A na cidade de *Johannesburg* – África do Sul. Portanto, as conclusões alcançadas e resultados obtidos versam sobre a referida empresa, sendo compatíveis com outras do mesmo segmento, embora existam diferenças nos processos produtivos.

b) Este trabalho se detém exclusivamente a um determinado fluxo de produção, conhecimento técnico próprio e produtos por ele produzido, embora possa ser amplamente estendido aos demais setores da empresa ou a outras empresas do mesmo ramo, com conclusões distintas daquelas aqui apresentadas.

c) Utilizou-se para a formação dos diagramas de blocos o método da tentativa e erro, pela não disponibilidade da empresa de programas computacionais que poderiam apresentar sugestões e reduzir o tempo de elaboração dos *layouts*.

d) Impossibilidade de verificar e/ou analisar os benefícios não-mensuráveis de longo prazo, visto que essa limitação se dá em função de restrições de tempo: a implantação prática total de mudanças no *layout* proposto da fábrica demanda um tempo muito superior ao prazo definido para a conclusão deste trabalho.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo apresentam-se as considerações iniciais sobre a importância do tema e a necessidade de implementação de um sistema capaz de melhorar e otimizar o desempenho da empresa através da mudança do *layout*. Nesse contexto, são apresentados o tema, as justificativas da sua importância e o objetivo ao qual se propõe este trabalho. São

apresentadas, também, a metodologia usada para atingir o objetivo proposto, as limitações do trabalho e a estruturação dos capítulos.

No segundo capítulo através da pesquisa em livros, anais de congresso e periódicos, apresenta-se um apanhado geral sobre análise de *layout* e técnicas utilizadas para a otimização. São descritos também os tipos básicos de *layout* existentes e metodologias utilizadas no *re-layout* de sistemas e posterior avaliação.

No terceiro capítulo apresentam-se informações relativas ao embasamento teórico e definições sobre a metodologia proposta de análise de *layout* utilizada nesta dissertação. Consiste de uma estruturação de fases, de um modelo de procedimentos e de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidos no planejamento.

No quarto capítulo apresenta-se a empresa abordada no estudo de caso e dados relativos ao produto, processo produtivo, seu gerenciamento, suas unidades fabris, linhas de produtos e sistemática de gerenciamento dos processos. O *layout* atual, e análises relativas ao reflexo do mesmo no processo de montagem de carrocerias de ônibus. A implementação feita do sistema de melhoria e otimização do processo de montagem da carroceria do ônibus através da mudança do *layout*, discutindo-se os principais resultados obtidos à luz dos objetivos inicialmente traçados. Faz-se, também, uma análise dos resultados mensuráveis e não mensuráveis, e relatam-se as principais dificuldades encontradas para validação do novo sistema de melhoria de *layout* proposto.

No quinto capítulo é realizada uma avaliação geral do trabalho, abrangendo os principais temas abordados e fazendo-se um breve relato dos resultados mais importantes, sempre tendo como referência os objetivos estabelecidos. A partir da experiência vivenciada durante a elaboração e implementação do trabalho, são propostas melhorias para a consolidação e continuidade do sistema proposto e relatadas algumas conclusões do autor sobre o tema, com recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os fundamentos básicos que regem o arranjo físico, metodologias para o planejamento, diferentes tipos de *layouts* e melhorias que as modificações de *layout* podem gerar.

2.1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE *LAYOUT*

De acordo com Slack *et al.* (1997), o *layout* de uma operação produtiva preocupa-se com a localização física dos recursos de transformação. Colocado de forma simples, definir o arranjo físico é decidir o posicionamento das instalações, máquinas, equipamentos e pessoal na produção. Sendo assim, o *layout* é uma característica evidente da operação produtiva, porque determina sua forma, aparência e a maneira como os materiais, informações e clientes fluem através da operação.

O *layout* da fábrica não deverá compreender somente disposições ideais, mas também estratégias que definam a seqüência de cada mudança do processo e das localizações atuais para aquelas desejadas como meta. Porém, o planejamento pode se revelar um esforço inútil caso a administração não reconheça a sua importância (HARMON *et al.*, 1991).

O arranjo físico e o sistema de manuseio do material devem ser desenvolvidos simultaneamente. No entanto, devido à complexidade dos projetos, geralmente é utilizado um processo seqüencial, sendo recomendado que se desenvolvam alternativas de *layout* para cada tipo de situação (TOMPKINS *et al.*, 1996).

A alteração do *layout* tem implicações práticas no sistema produtivo, podendo afetar uma organização. Por exemplo, a alteração pode atender as prioridades competitivas por facilitar o fluxo de materiais e de informações, aumentar a eficiência da utilização de mão-de-obra e dos equipamentos, aumentar a conveniência dos clientes e vendas, reduzir os riscos dos trabalhadores, melhorar o moral dos trabalhadores e a comunicação entre as áreas envolvidas no sistema produtivo (KOSTROW, 1996).

Segundo Krajewski e Ritzman (1999), os planejadores de arranjo físico estão sempre visando buscar alternativas com materiais, produtos, processos, informações e pessoas, para distribuírem melhor os processos de trabalho e alcançar o desempenho ótimo da fábrica.

Métodos efetivos de planejamento sistemático de *layout* alinham as necessidades da empresa com necessidades físicas, assegurando que as suas instalações trabalhem ativamente para apoiar os negócios da empresa. O plano efetivo de SLP – Planejamento Sistemático de *Layout* deverá auxiliar empresas a encontrarem respostas rápidas, quando surgir a necessidade de executar alterações na planta fabril. Resumindo, é uma ferramenta vital e disponível aos líderes empresariais que buscam administrar melhor e desenvolver suas companhias (GLAGOLA, 2002).

O propósito de um estudo de *layout*, segundo Cedarleaf (1994), está relacionado aos benefícios que proporciona ao sistema de manufatura, a planta produtiva, ao fluxo de materiais, ao custo e ao *lead time*.

2.2 O PLANEJAMENTO DO ARRANJO FÍSICO

O tempo despendido no planejamento do arranjo físico antes de sua implantação evita perdas e permite que todas as modificações interajam entre si, estabelecendo uma seqüência lógica para as mudanças, além de facilitá-las (MUTHER, 1978).

Como o planejamento toma um tempo considerável e cada projeto de *layout* tem um prazo de execução, deve-se estabelecer um programa que envolva a coordenação dos tempos de operação e identificação dos efeitos que essas mudanças possam apresentar em outras áreas adjacentes (MASON, 1989).

Conforme Yang *et al.* (2000), o SLP é um procedimento que visa identificar dentre as opções de *layout*, a que mais se adapte às necessidades estabelecidas pela empresa. Sendo assim, é uma ferramenta de apoio a tomada de decisões.

Os responsáveis pelo planejamento do *layout* começam a desenvolver o SLP compreendendo as necessidades do cliente, a fim de definir as metas de curto, médio e longo prazo da corporação, considerando a escala dos seus produtos e serviços. Também são consideradas suas limitações, oportunidades e como essas mudanças podem afetar a corporação (GLAGOLA, 2002).

Em todo o planejamento do arranjo físico existe sempre uma preocupação básica: tornar mais fácil e uniforme o movimento do trabalho através do sistema, quer esse movimento se refira ao fluxo de pessoas ou materiais. Segundo Moreira (1996), pode-se citar, em princípio, três motivos que tornam importantes as decisões sobre o planejamento do arranjo físico:

a) podem afetar a capacidade da instalação e a produtividade das operações, ou seja, uma mudança adequada no arranjo físico pode, muitas vezes, aumentar a produção que se processa dentro da instalação usando os mesmos recursos;

b) algumas mudanças no arranjo físico podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro; e

c) as mudanças podem gerar dificuldades para futuras reversões e ainda causar interrupções indesejáveis no trabalho.

Segundo Krajewski e Ritzman (1999), o objetivo do planejamento de *layout* é o de permitir que trabalhadores e equipamentos operem da maneira mais eficiente possível.

O planejamento, projeto, instalação e operação dos sistemas de manufatura dependem de decisões que podem ser mais bem compreendidas com o auxílio da simulação. Essas decisões podem ser divididas em três áreas:

a) as de configuração *hard*: que analisam a capacidade do sistema pela seleção do número e tipo de máquinas a serem incluídas, a configuração física do *layout* e as peças a serem processadas no sistema produtivo;

b) as de configuração *soft*: que envolvem o planejamento e seqüenciamento das peças, ferramentas e trabalhadores durante um período de tempo específico;

c) e o controle em tempo real: que verifica o fluxo de trabalho dentro do sistema e as respostas a contingências, tais como falha de ferramentas, quebra de máquinas, etc.

A simulação é uma alternativa para situações onde o tamanho e a complexidade do problema exigem o uso de técnicas complexas (ACKROFF; SASIENI, 1967).

2.3 OS OBJETIVOS DO ESTUDO DE *LAYOUT*

Para Mayer (1990), o objetivo do estudo de *layout* é que o arranjo físico permita o mais eficiente fluxo de trabalho, do ponto de vista do custo de produção. Por coincidência tal disposição melhora a qualidade, o atendimento ao cliente, a satisfação dos empregados, etc. Conforme Harmon e Peterson (1991), um *layout* é desenvolvido para aumentar ou conservar a rentabilidade do investimento.

Segundo Wrennall (1997), os objetivos do *layout* são a otimização dos rendimentos, do fluxo de material e do processo. Os mais importantes objetivos segundo o autor são:

a) reorganizar a fábrica em sub-fábricas - com esta organização pretende-se alcançar o *status* de fabricação superior;

- b) propiciar o máximo de perímetro de acesso para que a recepção e expedição de materiais, componentes e produtos se dêem o mais próximo possível de cada sub-fábrica;
- c) agregar todas as áreas dedicadas a um produto ou família de produtos em torno do processo final - desta forma, os componentes e subconjuntos serão transportados através da distância mínima;
- d) minimizar o tamanho da fábrica buscando reduzir os custos, desperdícios de tempo, deslocamento dos trabalhadores e de estoques;
- e) minimizar as re-organizações da fábrica decorrentes de mudanças.

Os objetivos mais importantes de um bom *layout* são discutidos por Apple (1963), Lockyer (1983) e Moore (1962) *apud* Bartlett *et al.* (1994); são eles: proporcionar uma simplificação geral da linha de produção; minimizar custos com o manuseio do material; manter a flexibilidade do arranjo das operações; minimizar o estoque *WIP* (*work-in-process*); promover uma efetiva utilização do espaço; eliminar investimentos de capital desnecessários; promover a conveniência, satisfação e segurança dos trabalhadores; estimular a efetiva utilização da mão-de-obra; definir rotinas de atividades visíveis; e estabelecer um fluxo unidirecional.

Conforme Muther (1978), o objetivo do estudo de *layout* não necessariamente precisa ser uma organização ideal, pois é impraticável reordenar a fábrica para se aproximar do potencial de produtividade ótimo da instalação, quando os custos de reordenação ultrapassam os benefícios em um grau tão elevado a ponto de demandar anos para sua implantação. Também existem outros problemas de reordenação na fábrica que incluem certas linhas de produção que requerem máquinas e equipamentos de grande porte, tidos como imóveis. Existem nestes casos geralmente perdas de produção, sendo quase que impraticável a sua mudança (LIKER, 1998).

2.4 OS PROBLEMAS E AS RESTRIÇÕES DO *LAYOUT*

Conforme Muther (1978), os problemas de arranjo físico geralmente recaem em dois elementos básicos: o produto e a quantidade. Esses dois elementos representam a chave da solução dos problemas de *layout*, pois o planejamento do arranjo físico de uma fábrica ou departamento devem atender à produção de determinados produtos em determinadas quantidades.

Para Yang *et al.* (2000), a literatura que aborda o problema de *layout* frequentemente aborda algoritmos e procedimentos que incorporam objetivos tanto qualitativos como quantitativos, no processo do arranjo físico. Essas abordagens geralmente tentam satisfazer as necessidades ou requisitos do arranjo físico, que podem ser, por exemplo, aumentar a utilização do espaço, avaliar interesses ergonômicos, obter a redução da movimentação do material, entre outros.

A Figura 1 traz os questionamentos acerca dos princípios nos quais se baseiam as soluções do problema de *layout*. Além das informações do produto, da quantidade e do roteiro (processo segundo o qual o produto ou material será fabricado), é imprescindível a presença de um serviço de apoio que avalie e suporte o processo com base na infra-estrutura existente (SLACK *et al.*, 1997).

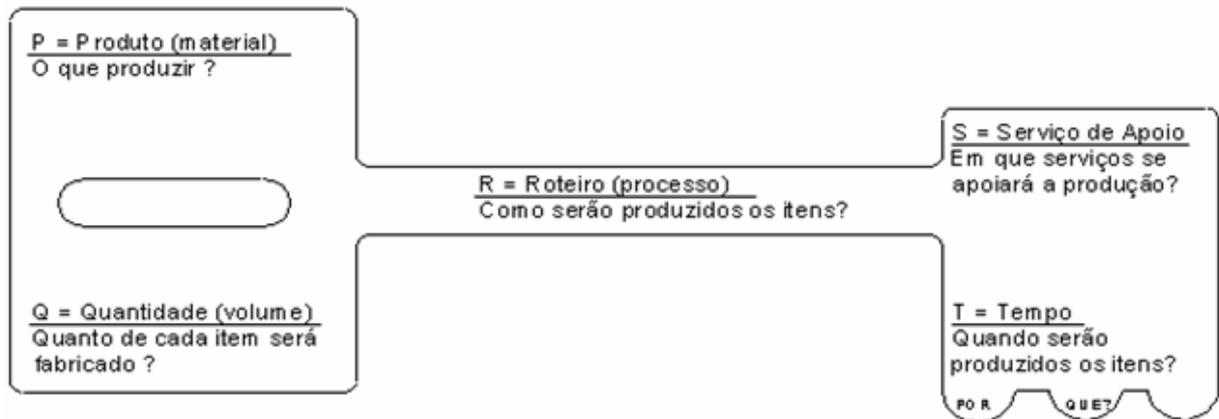


Figura 1: A chave PQRST (Adaptado de Muther, 1978)

No arranjo físico, os tempos de operações das funções produtivas determinam quantas máquinas serão necessárias, o que levará ao dimensionamento do espaço, da mão-de-obra e do balanceamento das operações. Além das funções meramente produtivas, a urgência de uma ação, o ritmo de produção e as respostas dos serviços de suporte também apresentam papel importante no planejamento do arranjo físico (BLACK, 1998).

Layouts novos e reorganizados, desenvolvidos para melhorar a produtividade, normalmente acontecem dentro das fábricas existentes. Entretanto, algumas empresas precisam desenvolvê-los para prédios adquiridos ou alugados. As construções tanto existentes quanto novas estão sujeitas a restrições físicas que limitam o arranjo físico ideal (HARMON *et al.*, 1991).

A seguir segundo LEE (1997), estão relacionados alguns fatores que restringem a obtenção de um *layout* ideal:

- a) colunas sustentando diretamente o teto ou piso e paredes entre seções da fábrica, cuja remoção exige grandes obras para evitar o colapso da estrutura do teto;
- b) máquinas grandes que exigem fossos ou fundações, devido ao custo de remoção ou ao tempo produtivo perdido durante a remoção e a instalação;
- c) obstruções de acesso ao perímetro de entrada e saída de material na fábrica;
- d) localizações das instalações de água, luz e gás;
- e) mudanças no nível e limites de carga do piso;

Esses fatores podem determinar que localizações dentro de uma fábrica se prestem melhor para determinados processos, bem como áreas que podem ser inadequadas ou impraticáveis para a elaboração de determinados produtos.

Para Irani *et al.* (1998), em um estudo típico de *layout* é pressuposto que a forma do arranjo físico eliminará as ineficiências do fluxo do material. Os sintomas e as causas apresentados na Figura 2 indicam a ineficiência do fluxo de material no *layout*.

SINTOMAS	CAUSAS
Percorrer longas distâncias no diagrama de fluxo de materiais	Arquitetura do prédio inadequada
Percepção de falta de espaço pelo crescimento da fábrica	Setor de manufatura mal localizado dentro da fábrica
Elevados e vários níveis de WIP nas transferências entre máquinas e seções	Localização dos pontos de entrada e saída entre setores sem acesso
Alto nível de inventário para produtos acabados	Inexistência de um plano de processo para elaborar peças e/ou produtos
Gargalos gerando filas longas	Inexistência de policiamento e programação no transporte dos materiais
Filas significativas e atrasos nas transferências de materiais	Falta de alternativas nas rotas de escoamento dos materiais
Inexistência de um fluxo de escoamento de material	Falha no sistema de estoque (<i>WIP</i>)
Comunicação ineficiente entre centros de trabalho	Inexistência de equipamentos de transporte dos materiais
Pouco uso do maquinário	Ausência de tecnologia de manufatura

Figura 2: Sintomas e Causas no fluxo do *layout* (Adaptado de Irani *et al.*, 1998)

Ao tentar solucionar os problemas de *layout*, quer seja manualmente ou através de *software*, deve-se considerar que ambos os métodos podem apresentar erros. Portanto, a melhor solução pode estar numa avaliação qualitativa das propostas (SHA; CHEN, 2001).

2.5 OS TIPOS BÁSICOS DE *LAYOUT*

Conforme identificado na literatura pesquisada, a maioria dos arranjos físicos encontrados na prática deriva de apenas quatro tipos básicos de *layouts*: arranjo físico posicional, por processo, celular e por produto (SLACK *et al.*, 1997). Analogamente, Harmon *et al.* (1991) e Francis *et al.* (1992), definem os sistemas de manufatura como: *layout* de posição fixa, *layout* funcional, *layout* celular e *layout* em linha. Porém, para Moore (1962), os tipos clássicos de *layout* são três: o de processo, o de produto e o de posição fixa e freqüentemente são utilizados em combinação.

Para Yang e Peters (1997), o mais comum tipo de *layout* é o *re-layout*, que envolve o re-arranjo existente dos equipamentos para minimizar os custos dos fluxos de materiais, enquanto atende-se o volume de produção desejado.

A necessidade de um *re-layout* em uma fábrica existente pode ser causada por uma variedade de fatores, tais como: conversão do processo para uma manufatura celular ou sistemas flexíveis; adição ou reposicionamento de equipamentos para melhoria da qualidade ou razões de segurança, e mudanças no produto ou novos produtos introduzidos na linha de produção. Devido a estes fatores, o *layout* deverá sempre estar atualizado para manter a eficiência do uso do espaço e dos equipamentos (LACKSONEN; HUNG, 1998).

Conforme Silveira (1998), as características dos diferentes níveis de volume e variedade de produtos ou serviços vão reduzir a escolha de cada tipo de arranjo físico. A decisão pela escolha é influenciada por um entendimento correto das vantagens e desvantagens de cada um.

A forma de *layout* e as especificações dos equipamentos garantem a correta inter-relação para a forma de processo no arranjo físico, sendo também requeridos conhecimentos do produto para garantir uma análise perfeita do tipo de processo (MEREDITH, 1992).

A relação entre tipos de processo e de arranjos físicos não é totalmente direta, ou seja, um tipo de processo não necessariamente implica em um arranjo físico em particular. Como pode ser visto na Figura 3, cada tipo de processo pode adotar diferentes arranjos físicos (SLACK *et al.*, 1997).

Tipos de processo de manufatura	Tipos básicos de arranjo físico	Tipos de processo de serviço
Processo por projeto	Arranjo físico posicional	Serviços profissionais
Processo tipo <i>jobbing</i>	Arranjo físico por processo	Loja de serviços
Processo tipo <i>batch</i>	Arranjo físico celular	Serviços de massa
Processo em massa	Arranjo físico por produto	
Processo contínuo		

Figura 3: Relação entre tipos de processo e de arranjos físicos (Adaptado de Slack *et al.*, 1997)

Nesse mesmo contexto, segundo Silveira (1998), o volume e a variedade dos produtos estão fortemente correlacionados, sendo estes ilustrados na Figura 4. Para Francis *et al.* (1992), os *layouts* por produto são apropriados para altos volumes e baixa variedade, *layouts* funcionais para baixo volume e alta variedade, *layouts* celulares para níveis intermediários de volume e variedade e *layouts* fixos para baixo volume e baixa variedade.

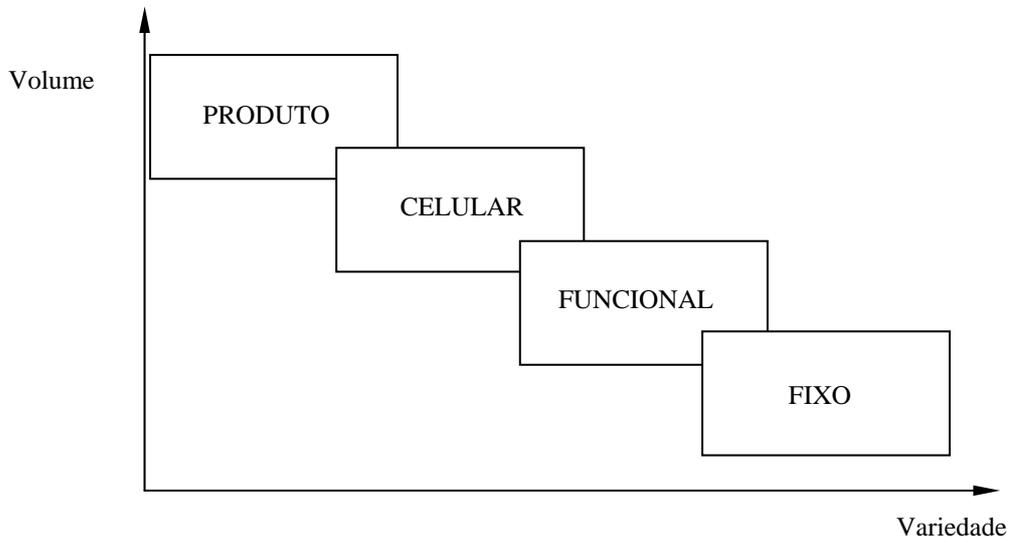


Figura 4: Tipos de *layout* (Adaptado de Silveira, 1998)

Deve-se analisar os produtos e os tipos de arranjos físicos que mais se adaptam a cada caso, pois a fábrica poderá não ter apenas um arranjo físico ideal, mais a combinação de dois ou mais tipos de arranjos físicos (MUTHER, 1978).

2.5.1 *Layout* funcional ou por processo

O *layout* funcional é assim chamado, segundo Slack *et al.* (1997), porque as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo na operação dominam a decisão sobre o arranjo físico; ou seja; neste tipo de arranjo físico, processos com necessidades similares estão aglutinados, para que os recursos transformadores sejam beneficiados. Isso ainda significa que quando produtos, informações ou clientes fluírem através da operação, estarão percorrendo o roteiro de processo de acordo com suas necessidades.

Para Black (1998), a característica distinta do *layout* funcional é a produção de uma grande variedade de produtos, que resulta em pequenos lotes de produção. Essa produção é normalmente feita para pedidos específicos de clientes. Geralmente, este *layout* é utilizado quando existem alguns produtos não-similares a serem produzidos e/ou quando ocorrem rápidas mudanças no *mix* ou volume de produção (FRANCIS *et al.*, 1992).

No *layout* funcional, máquinas e ferramentas são agrupadas de acordo com o tipo geral de processo de manufatura: tornos em um departamento, furadeiras em outro, e assim por diante. A vantagem deste *layout* é a sua capacidade de produzir uma grande variedade de produtos.

Segundo Krajewski e Ritzman (1999), o *layout* funcional é usado quando o volume de atividades (ou grupos de peças) não é suficiente para justificar o *layout* celular ou em linha. O *layout* funcional é particularmente útil para obter fluxos flexíveis dos diversos tipos de produtos.

O arranjo físico funcional é freqüentemente usado quando uma operação deve intermitentemente produzir diferentes produtos ou agilizar a entrega dos produtos aos clientes, conforme se verifica na Figura 5. Na figura, observa-se que os blocos identificados com as mesmas letras representam a separação espacial dos postos de trabalho similares ao longo do processo produtivo. As setas indicam o fluxo do produto entre os postos de trabalho, podendo ter sentido único ou bi-direcional.

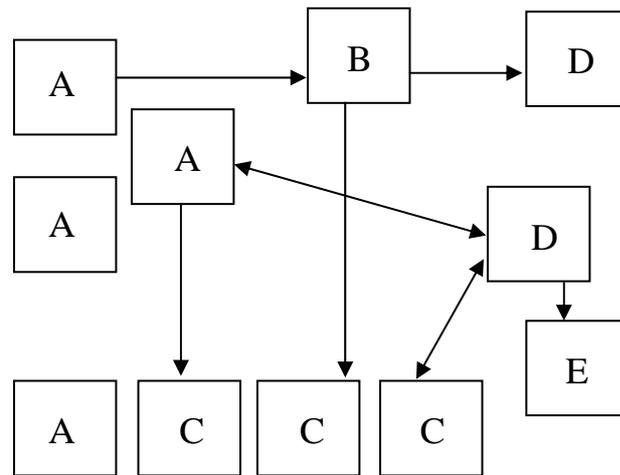


Figura 5: Exemplo de *layout* funcional (Adaptado de Silveira, 1998)

O arranjo físico de agrupamento funcional acarreta quase sempre em um estoque considerável de produtos em processo. Além de necessitar de maiores áreas, intensifica-se a atividade de movimentação de materiais para que os tempos de produção sejam cumpridos, exigindo quase sempre, para exercer esta operação, de uma supervisão intensa e de grande esforço de planejamento (REIS, 1978).

Existe também neste arranjo físico a possibilidade de combinações de *layouts*, estes ocorrem para que sejam aproveitadas em um determinado processo as vantagens do *layout* funcional e o de linha. Pode-se ter então uma linha constituída de áreas em seqüência com máquinas de mesmo tipo, continuando posteriormente com uma linha clássica, como ilustra a Figura 6.

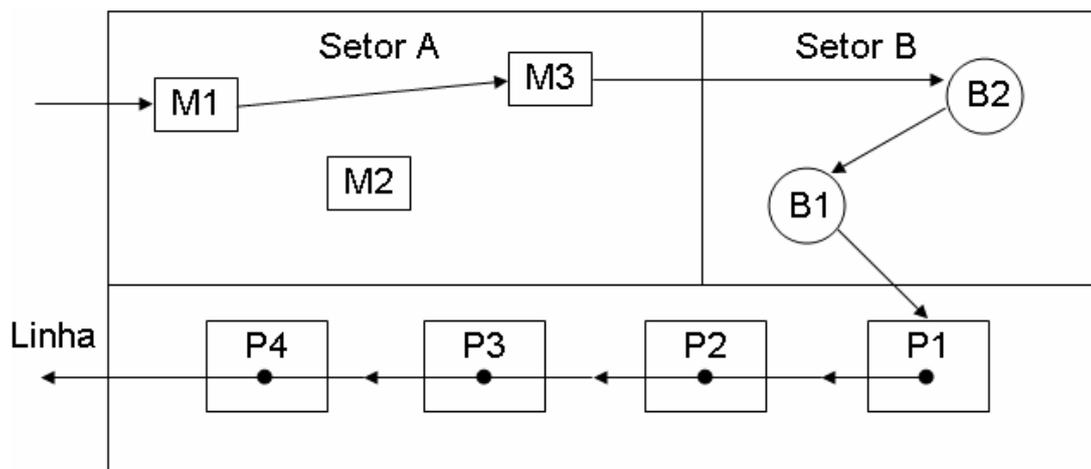


Figura 6: *Layouts* combinados (Adaptado de Martins, 1998)

As vantagens do *layout* funcional segundo Tompkins *et al.* (1996) são:

- a) melhor utilização das máquinas, podendo resultar conseqüentemente em menos máquinas requeridas;
- b) existe um alto grau de flexibilidade relativo a alocação de equipamentos e mão-de-obra para tarefas específicas;
- c) é requerido baixo investimento em máquinas;
- d) a diversidade de tarefas oferece ao operador ocupação mais interessante e satisfatória;
- e) e a supervisão especializada é possível.

Segundo Monks (1987), os *layouts* por processo dependem do planejamento e habilidade profissional dos empregados. A Figura 7 relaciona algumas vantagens e desvantagens dos *layouts* por processo.

Vantagens	Desvantagens
Sistemas flexíveis de trabalho para atender o cliente rapidamente	Manejo custoso dos materiais
Equipamento de uso geral mais barato	Mão-de-obra especializada de alto custo
Menos vulnerabilidade às paradas	Maior custo de supervisão por empregado
Enseja satisfação de trabalho	Pouca utilização do equipamento
	Controle de produção mais complexo

Figura 7: Vantagens e desvantagens do *layout* por processo (Adaptado de Monks, 1987)

As desvantagens do *layout* funcional, segundo Tompkins *et al.* (1996), são:

- a) geralmente o fluxo da linha de produção é longo e o manuseio de material é mais caro;
- b) o tempo de produção é normalmente maior;
- c) resulta geralmente em grandes quantidades de estoque em processo;
- d) espaço e capital estão amarrados pelo trabalho em processo;
- e) devido a diversidade de funções em departamentos especializados, maiores graus de capacitação são requeridos.

2.5.2 *Layout* em linha ou por produto

O *layout* por produto, também chamado de *layout* em linha, resulta quando os processos são posicionados de acordo com a seqüência de produção do produto e o fluxo de materiais é direto de uma estação de trabalho à outra. O termo linha de produção ou montagem refere-se a uma montagem progressiva, ligada por algum tipo de dispositivo de manuseio de materiais, existindo normalmente alguma forma de ditar o ritmo da transferência de materiais entre os processos (DAVIS *et al.*, 2001).

Layouts por produto são utilizados quando existem condições de alta produção. Nesses casos, geralmente, as máquinas não são compartilhadas por diferentes produtos. Ao alocarem-se processos de acordo com a seqüência de produção dos produtos, reduz-se de forma drástica as distâncias e as movimentações entre as diferentes operações produtivas (FRANCIS *et al.*, 1992).

Segundo Black (1998), o *layout* em linha tem uma disposição física orientada para o produto, conforme pode ser visto na Figura 8. Quando o volume de produção é grande, especialmente nos casos de linhas de montagem, o *layout* é chamado de “produção em massa” e essa linha organiza-se pela seqüência de processo necessária para fabricar um único produto ou uma combinação regular de produtos.

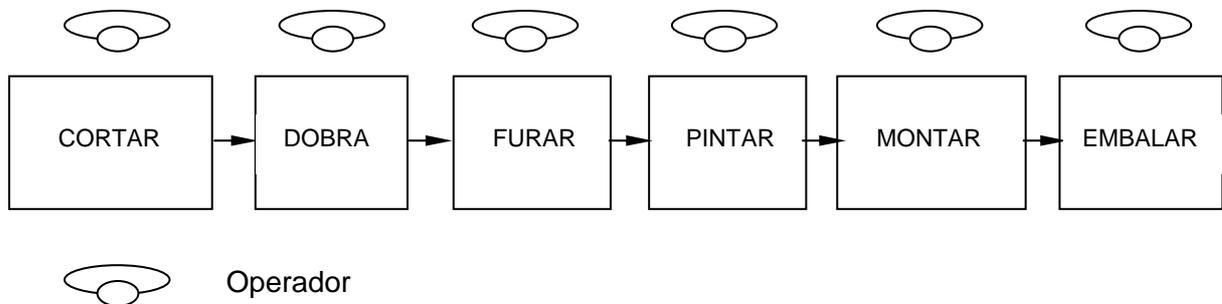


Figura 8: Manufatura em linha (Adaptado de Black, 1998)

Segundo Krajewski e Ritzman (1999), os materiais fluem diretamente de uma estação para outra adjacente, proporcionando um fluxo de produção contínuo e seus recursos são ajustados ao longo da linha de produção, sendo a maioria dos *layouts* em linha dispostos na forma de uma reta. Existem, entretanto, configurações em que os formatos não são lineares, conforme exemplificado na Figura 9, onde (a) I; (b) L; (c) U; (d) circular ou O; e (e) serpentina ou S (FRANCIS *et al.*, 1992).

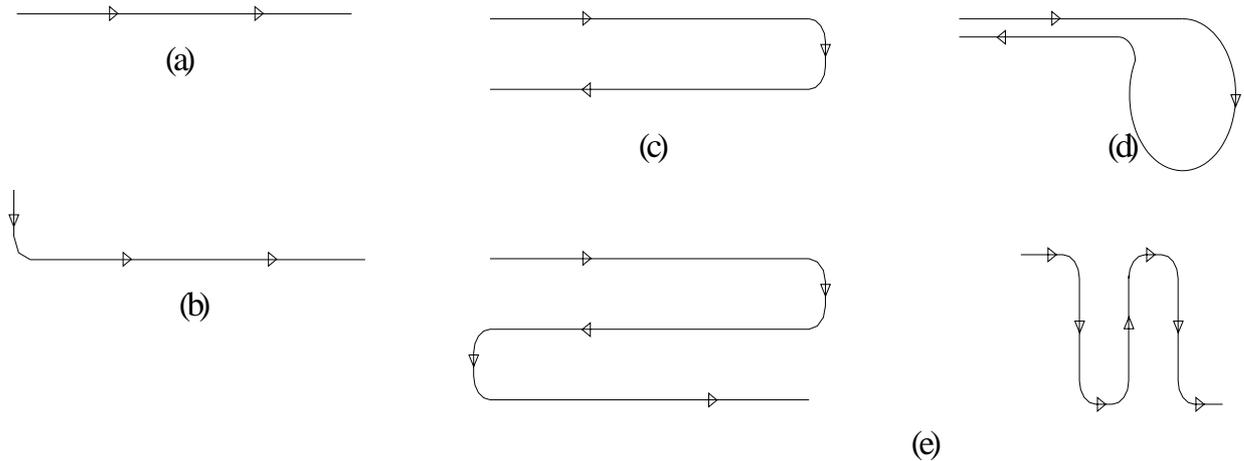


Figura 9: Tipos de arranjos físicos em linha (Adaptado de Francis *et al.*, 1992)

O *layout* em linha, segundo Tompkins *et al.* (1996) e Silveira (1998), proporciona um fluxo lógico, simples e de pequeno espaço, baixos estoques intermediários, pouca movimentação e manejo de partes resultando em diminuição de tempos improdutivos. Também considera-se que através do uso do *layout* em linha as tarefas da linha de produção tendem a tornarem-se mais simples, requerendo pouco treinamento, simples planejamento e controle da mão-de-obra. Os autores ainda afirmam que, através deste *layout*, é possível obter um curto tempo de produção unitário.

Em resumo, as vantagens do *layout* por produto, segundo Tompkins *et al.* (1996), são:

- a) as seqüências de operações resultam em linhas de fluxo planas e lógicas;
- b) o trabalho de um processo alimenta diretamente ao próximo, resultando em pequenos estoques intermediários;
- c) o tempo de produção total é curto;
- d) as máquinas são posicionadas de forma a minimizar distâncias entre operações consecutivas e o manuseio do material é reduzido;
- e) pequenos conhecimentos são normalmente requeridos dos operadores na linha de produção, portanto o treinamento é simples, curto e barato;
- f) o planejamento da produção é simples e sistemas de controle são possíveis; e
- g) menos espaço é ocupado pelo trabalho em processamento e para armazenamentos temporários.

De acordo com Monks (1987), os *layouts* por produto são mais bem estruturados do ponto de vista de projeto e exigem pouca inovação ou decisão por parte dos empregados que

operam a linha. Porém os *layouts* por produtos apresentam algumas desvantagens, dentre elas pode-se citar as seguintes:

- a) sistema produtivo geralmente inflexível;
- b) equipamento especializado de alto custo;
- c) tarefas monótonas e enfadonhas geralmente;
- d) operações interdependentes; e
- e) necessidade de supervisão constante.

2.5.2.1 *Balanceamento da Linha de Montagem*

Uma linha de montagem consiste de uma série de estações de trabalho, cada uma com um intervalo de tempo uniforme chamado de tempo de ciclo, correspondendo ao tempo entre unidades sucessivas saindo do final da linha. O trabalho realizado em cada estação é composto de uma ou mais tarefas, também chamadas de elementos ou unidades de trabalho. Essas tarefas são agrupamentos que não podem ser subdivididos na linha de montagem sem incorrer em uma alta penalidade em movimentos extras (DAVIS *et al.*, 2001).

Segundo Tubacanon e Changli (1993), os princípios do balanceamento da linha de produção podem ser explicados como segue: (i) o procedimento do balanceamento deve agrupar os elementos das estações de trabalho de acordo com algumas exigências e arranjando-as em seqüência lógica; (ii) a finalidade do balanceamento é fazer os tempos das tarefas em cada estação de trabalho ser quase o mesmo que o tempo do ciclo da linha; (iii) existe um ciclo ideal ou teórico do fluxo da linha, que é o intervalo de tempo entre os produtos que saem da mesma (o ciclo seria especificado dividindo o tempo total da produção pelo volume total da produção).

Para Chakravorty e Atwater (1995), os objetivos primários das linhas balanceadas são maximizar equipamentos e horas de utilização, para assim minimizar os investimentos totais em recursos.

Segundo Slack *et al.* (1997), o problema do balanceamento da linha de montagem é o de delegar todas as tarefas necessárias a uma série de estações de trabalho, de forma que o tempo necessário para realizar o trabalho em cada estação não exceda o tempo do ciclo. Uma consideração adicional no projeto da linha consiste em delegar as tarefas de maneira tão igualitária quanto possível nas estações.

Conforme Riggs (1970), existe um problema no balanceamento da linha quando as relações entre as tarefas impostas pelo projeto do produto e pelas tecnologias de processo não combinam. Isto é chamado de relação de precedência, a qual especifica a ordem na qual as tarefas devem ser executadas no processo de montagem.

O procedimento para analisar os problemas de balanceamento da linha inclui os seguintes passos:

- a) determinação do número de postos e o tempo disponível em cada posto;
- b) agrupamento das tarefas isoladas em volumes de trabalho em cada posto; e
- c) avaliação da eficiência do agrupamento.

Ghosh e Gagnon (1989) revisaram detalhadamente o problema do balanceamento de linhas de produção e classificaram as abordagens propostas na literatura em quatro grupos, conforme o tipo de linha de produção a que se destinam: modelo único com tempos determinísticos (SMD - *Single model deterministic*), modelo único com tempos estocásticos (SMS - *Single model stochastic*), multi-modelo com tempos determinísticos (MMD- *Multi/mixed deterministic*) e multi-modelo com tempos estocásticos (MMS- *Multi/mixed model stochastic*). Na Figura 10, pode-se verificar as representações dos tipos de linha de produção.

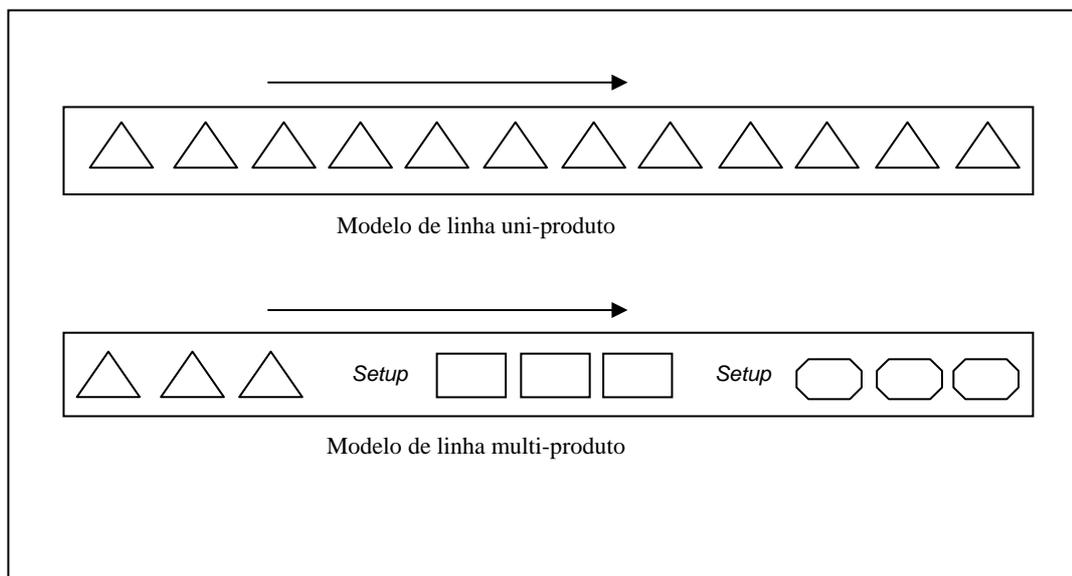


Figura 10: Modelos de linha de montagem (Adaptado de Becker e Scholl, 2003)

Segundo Chakravorty e Atwater (1995), o balanceamento da linha uni-produto envolve dividir a parte do trabalho que está sendo elaborada em tempos iguais e ordenar as estações de trabalho para encontrar o tempo de ciclo (intervalo de tempo entre duas peças consecutivas).

A seqüência de etapas necessárias para o balanceamento de uma linha de montagem uni-produto é apresentada por Davis *et al.* (2001):

a) Especificar a relação seqüencial entre as tarefas utilizando um diagrama de precedências. O diagrama consiste de círculos e setas. Os círculos representam tarefas individuais; as setas indicam a ordem do desempenho das tarefas.

b) Determinar o tempo de ciclo necessário (C) para atender a produção desejada, utilizando a seguinte fórmula:

$$C = \frac{\text{Tempo de produção por dia}}{\text{Saídas por dia (em unidades)}} \quad (1)$$

c) Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho (N_t) requerido para satisfazer a restrição de tempo de ciclo, utilizando a seguinte fórmula:

$$N_t = \frac{\text{Soma dos tempos de tarefas (T)}}{\text{Tempo de ciclo (C)}} \quad (2)$$

d) Selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária, para o caso de empate na alocação.

e) Alocar tarefas, uma por vez, à primeira estação até que a soma dos tempos das tarefas seja igual ao tempo do ciclo, ou até que nenhuma outra tarefa seja viável devido a restrições de tempo ou de seqüência. Repetir o processo para as demais estações de trabalho até que todas as tarefas sejam alocadas.

f) Avaliar a eficiência da linha de montagem resultante, utilizando a eq. (3). Se a eficiência for insatisfatória, rebalancear a linha utilizando outra regra de decisão.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Soma dos tempos das tarefas (T)}}{\text{Número real de estações de trabalho (Na)} \times \text{Tempo de ciclo (C)}} \quad (3)$$

A metodologia para balancear a linha de montagem multi-produtos é a mesma da linha de um só produto, considerando-se como tempo de ciclo o tempo ponderado em função da quantidade a produzir de cada modelo (MARTINS, 1998).

Projetar uma linha multi-modelo pode ser uma tarefa complexa. Segundo Macaskill (1972), o problema de balancear uma linha multi-modelo está nos agrupamentos de tarefas, já que estas devem ser agregadas e distribuídas nas estações de trabalho de tal maneira que não ultrapassem a precedência e que em nenhuma estação de trabalho seja dado mais trabalho do que pode ser terminado no tempo do ciclo. Bhattacharjee e Sahu (1987) sugerem que, para o balanceamento desse tipo de linha, sejam utilizadas técnicas como o *branch and bound* e simulação.

Como visto acima, o agrupamento das tarefas no balanceamento de linha é feito heurísticamente com a ajuda de um diagrama de precedência. Deve-se indicar os postos de trabalho e deslocar as atividades adequadas nas áreas precedentes até que a duração do ciclo seja preenchida ao máximo possível. Segundo Francis *et al.* e White (1974) apud Bartlett *et al.* (1994), os algoritmos heurísticos são programas que visam auxiliar na decisão da construção e melhorias de *layouts*. Segundo Moreira (1996), os programas computacionais mais conhecidos são: *CRAFT* - (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique* - Técnica de alocação relativa de infra-estruturas computadorizadas), *ALDEP* - (*Automated Layout Design Program* - Programa de Desenvolvimento de Leiaute Automatizado) e *CORELAP* - (*Computerized Relationship Layout Planning* - Planejamento de Relacionamentos entre Leiautes Computadorizados).

Os programas computacionais permitem testar um grande número de configurações de postos de trabalho e solucionar problemas de balanceamento da linha, sejam estes de grande escala, reais ou irreais. Embora utilizem normas heurísticas de decisão, podem convergir depressa para encontrar um bom equilíbrio entre a produção e a disposição do arranjo físico (TANG; LIU, 2002).

A melhor maneira de alocar capacidades produtivas entre recursos fabris de uma linha de manufatura é aquela em que todas as estações de trabalho recebem a mesma quantidade de carga, imposta pela demanda de mercado (HILLIER; BOLING, 1979). Conforme Souza *et al.* (2002), muitos estudos têm buscado determinar qual sistema de balanceamento de linha é o melhor para situações genéricas ou particulares. Diversas formulações desenvolvidas parecem indicar não haver um tipo de sistema que apresente bom desempenho em todas as situações, devendo a escolha ser feita caso a caso.

2.5.3 *Layout* celular ou de grupo

É definido como arranjo físico celular aquele em que os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação, na qual os recursos transformadores necessários para atender as suas necessidades de processamento se encontram disponíveis no local (SLACK *et al.*, 1997).

Estações de produção em células são usadas para agilizar o processo ou combinações de operações. Podem ser designadas para um modelo simples de produção, para a elaboração

de lotes de produtos, para variações no *mix* de produção ou quando diferentes partes do produto são fabricadas seqüencialmente (GROOVER, 1987).

Os *layouts* celulares são baseados no agrupamento de peças para formar famílias de produtos. Segundo Krajewski e Ritzman (1999), peças distintas podem ser agrupadas em famílias baseadas em processos similares, seqüências familiares, pela composição do material, pela necessidade de ferramental semelhante ou da similaridade de manuseio.

O *layout* celular segundo Tompkins *et al.* (1996) e Silveira (1998), proporciona: (a) uma grande utilização dos equipamentos e baixa ociosidade; (b) a criação de grupos multifuncionais e visão do produto; (c) um maior controle do sistema e confiabilidade de entregas; (d) um melhor fluxo e uso do espaço do que o *layout* funcional; (e) uma boa combinação de flexibilidade e integração; e (f) uma melhoria nos estoques, *setups* e tempos.

Olorunniwo (1996), apresenta como maiores vantagens obtidas pela introdução da produção com células de manufatura, as seguintes: ampliação da flexibilidade nos processos, facilidade para se resolver problemas, redução e controle de custos, redução de prazos ou aumento da produção, melhoria da qualidade, controle de estoques e distribuição, controle das perdas. Ainda pode-se citar, segundo o autor, que existe a facilidade para se identificar a falta de habilidade por parte dos trabalhadores.

Para Wemmerlov e Johnson (1997), a manufatura celular é uma forma de organização de trabalho que representa uma alternativa para o tradicional modelo de *layout* por processo. O arranjo físico celular vem sendo utilizado entre outras coisas para reduzir o *lead time*, o inventário, os custos e promover a qualidade dos produtos fabricados.

No projeto do *layout* celular a seqüência de processos é a base para a formação de famílias de produtos. O campo de estudo que remete ao agrupamento de produtos em famílias é chamado de tecnologia de grupo. Como resultado, o *layout* de grupo é referido como sendo também uma tecnologia de grupo (FRANCIS *et al.*, 1992).

A Figura 11 ilustra um exemplo de célula de manufatura simples em forma de “U”, permitindo aos trabalhadores moverem-se de uma máquina para a outra, carregando e descarregando peças.

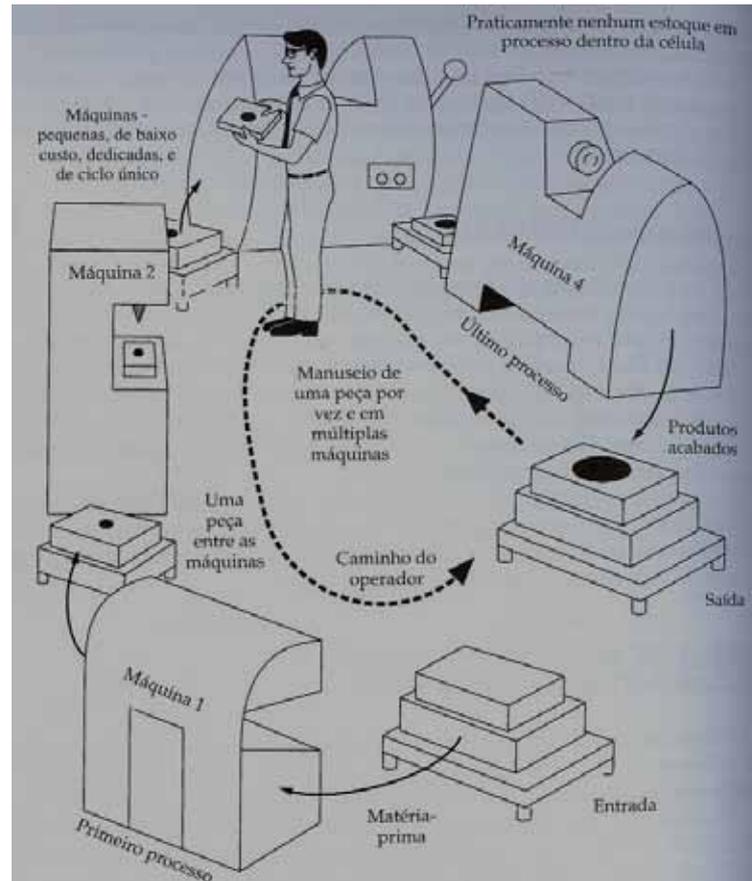


Figura 11: Exemplo de *layout* celular (Adaptado de Black, 1998)

As limitações do *layout* celular, segundo Tompkins *et al.* (1996), são: (a) requer supervisão geral; (b) níveis maiores de capacitação são requeridos dos funcionários se comparado ao *layout* por produto; (c) depende de um fluxo de material balanceado através da célula ou, de outra forma, uma área de armazenamento temporário será requerida; e (d) utilização de máquinas de custo baixo, se comparado ao *layout* por processo.

2.5.4 *Layout* fixo ou posicional

Segundo Slack *et al.* (1997), no arranjo físico posicional ou de posição fixa, quem sofre o processamento fica estacionário, ou seja, maquinários, equipamentos, instalações e pessoas se deslocam para o local correspondente do trabalho. Os motivos para isso se referem basicamente ao produto, que não pode ser movimentado de forma conveniente e sem problemas. Exemplos são as construções de navios em estaleiros, que são produtos muito grandes para serem movimentados, ou cirurgias de risco, onde a movimentação do paciente pode comprometer a sua saúde.

O principal problema em elaborar o *layout* posicional é organizar os recursos transformadores, como os equipamentos, maquinários, instalações e pessoas, em um espaço que muitas vezes é limitado. É necessário também organizar o arranjo físico de tal forma que se possa receber e armazenar suprimentos, e se movimentar até a área de execução sem interferir no trabalho das outras áreas ou pessoas (SILVEIRA, 1998). Um exemplo de *layout* posicional pode ser observado na Figura 12, onde as letras referem-se às estações de trabalho.

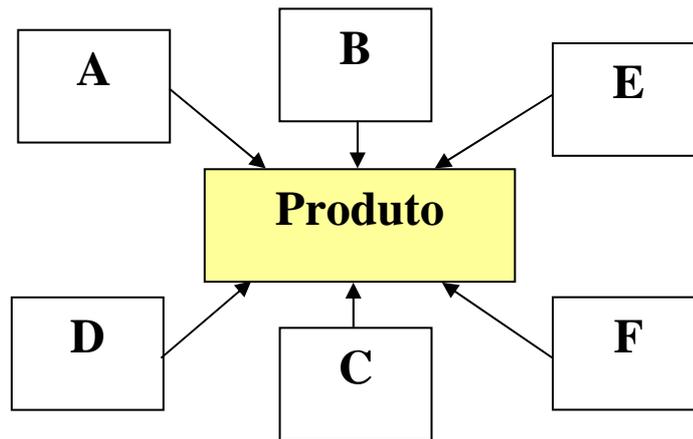


Figura 12: Exemplo de *layout* fixo (Adaptado de Silveira, 1998)

As vantagens do *layout* fixo são (Tompkins *et al.*, 1996):

- a) movimentação do material reduzido;
- b) enriquecimento do trabalho, por permitir que os indivíduos ou equipes realizem o trabalho inteiro;
- c) continuidade de operações e responsabilidade pelos resultados da equipe;
- d) altamente flexível, podendo acomodar mudanças no projeto do produto, *mix* e volume de produção.

De acordo com Slack (2002) e Tompkins *et al.* (1996), os *layouts* fixo apresentam algumas desvantagens, sendo apresentadas as principais como:

- a) custos unitários muito altos;
- b) as programações de espaço ou atividades podem ser complexas;
- c) significativa movimentação de equipamentos e mão-de-obra;
- d) pode ocorrer duplicação de equipamentos;
- e) maiores requisitos quanto a capacidade dos funcionários;
- f) necessidade de uma supervisão geral; e

g) baixa utilização dos equipamentos.

2.6 METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO SISTEMÁTICO DE *LAYOUT*

Nesta seção são apresentadas informações para a compreensão da metodologia de planejamento sistemático de *layout* (SLP – *Systematic layout planning*), incluindo as fases para a elaboração do SLP, alternativas similares para a elaboração do planejamento de *layout* e critérios de desempenho para o *layout*. A seção é encerrada com um levantamento bibliográfico sobre experiências de implantação do planejamento sistemático de *layout*.

Segundo Muther (1978), o sistema SLP é uma sistematização de projetos de arranjo físico, que consiste de uma estruturação de fases, de um modelo de procedimentos e de uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidas no planejamento. Colocado de forma simples, o SLP é uma ferramenta que irá auxiliar indivíduos na tomada de decisão quanto ao melhor posicionamento das instalações, máquinas, equipamentos e pessoal na linha de produção.

2.6.1 Informações para a compreensão da metodologia SLP

Para Muther (1978), o produto e a quantidade a ser produzida são os dados iniciais básicos para o desenvolvimento do planejamento sistemático de *layout*, sendo fornecidos pela equipe de engenharia do produto e pelo departamento de vendas, respectivamente. Isto significa que se deveria iniciar o planejamento do arranjo físico pesquisando amplamente as informações sobre o produto e a quantidade a ser produzida.

Conforme Yang *et al.* (2000), o processo envolvido em executar o SLP é relativamente claro: o objetivo é identificar dentre as opções de *layout* a que mais se adequa as necessidades estabelecidas pela empresa. Sendo assim, é uma ferramenta eficiente que fornece diretrizes para a avaliação de alternativas para o arranjo físico. Segundo os autores, o SLP é dentre os métodos de planejamento sistemático de *layout* o mais conhecido.

2.6.2 Fases para a elaboração do SLP

Na elaboração das fases do SLP, o planejador de *layout* deverá seguir seu planejamento, instalá-lo e colocá-lo em funcionamento da forma como foi concebido e desenhado. Para tanto, foram desenvolvidas quatro fases para a sua elaboração: localização, arranjo físico geral, arranjo físico detalhado e implantação (TOMPKINS *et al.*, 1996). As fases vêm apresentadas sequencialmente na Figura 13 e ilustradas na Figura 14.

Na primeira fase (localização), determina-se a localização da área das instalações. Na segunda fase, de arranjo físico geral, o arranjo físico estabelece a posição relativa entre as diversas áreas. A terceira fase, de arranjo físico detalhado, envolve a localização de cada máquina, equipamento e estabelece a localização de cada uma das características físicas específicas da área, incluindo todos os suprimentos e serviços. Na quarta e última fase (implantação) será planejado cada passo da implantação, incluindo a captação de capital e deslocamento das máquinas, equipamentos e recursos, a fim de que sejam instalados conforme o planejamento.

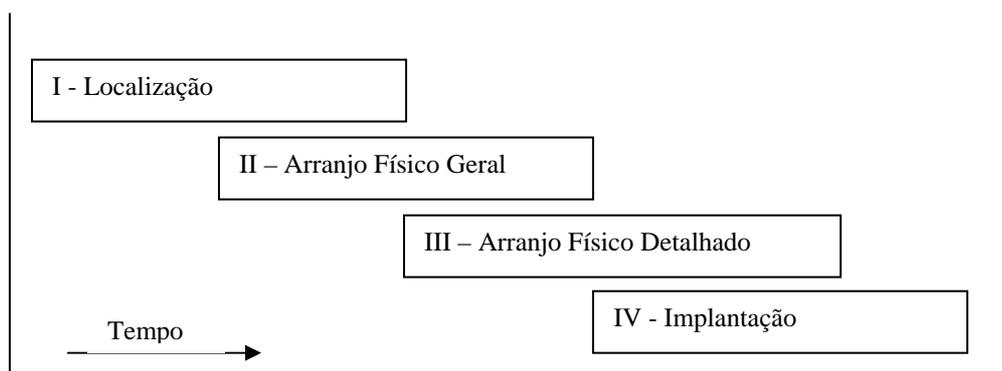


Figura 13: As quatro fases do SLP (Adaptado de Muther, 1978)

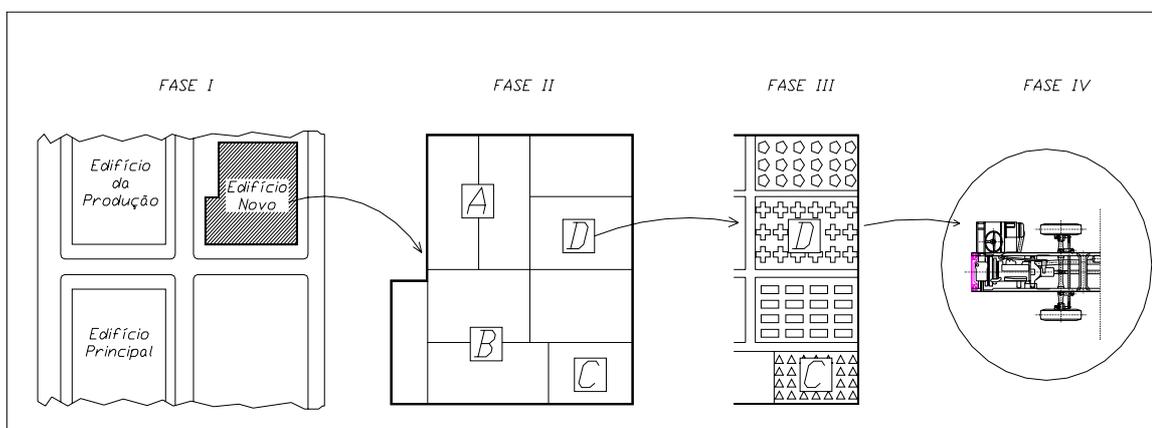


Figura 14: Fases do SLP (Adaptado de Muther, 1978)

A quantidade de informações detalhadas, dados específicos do *layout* e de técnicas de planejamento aumentam à medida que o projeto se transforma numa realidade física.

Para Muther (1978), todo o planejamento sistemático de *layout* baseia-se em três conceitos fundamentais:

- a) inter-relações, que verifica o grau relativo de dependência ou proximidade entre atividades;
- b) espaço, que analisa a quantidade, tipo e forma da configuração dos itens a serem posicionados; e
- c) ajuste do arranjo das áreas e equipamentos para dispor estes da melhor maneira possível.

Segundo Tompkins *et al.* (1996), o método de planejamento sistemático de *layout* é dividido em três fases, conforme mostra a Figura 15, denominadas de análise, pesquisa e seleção.

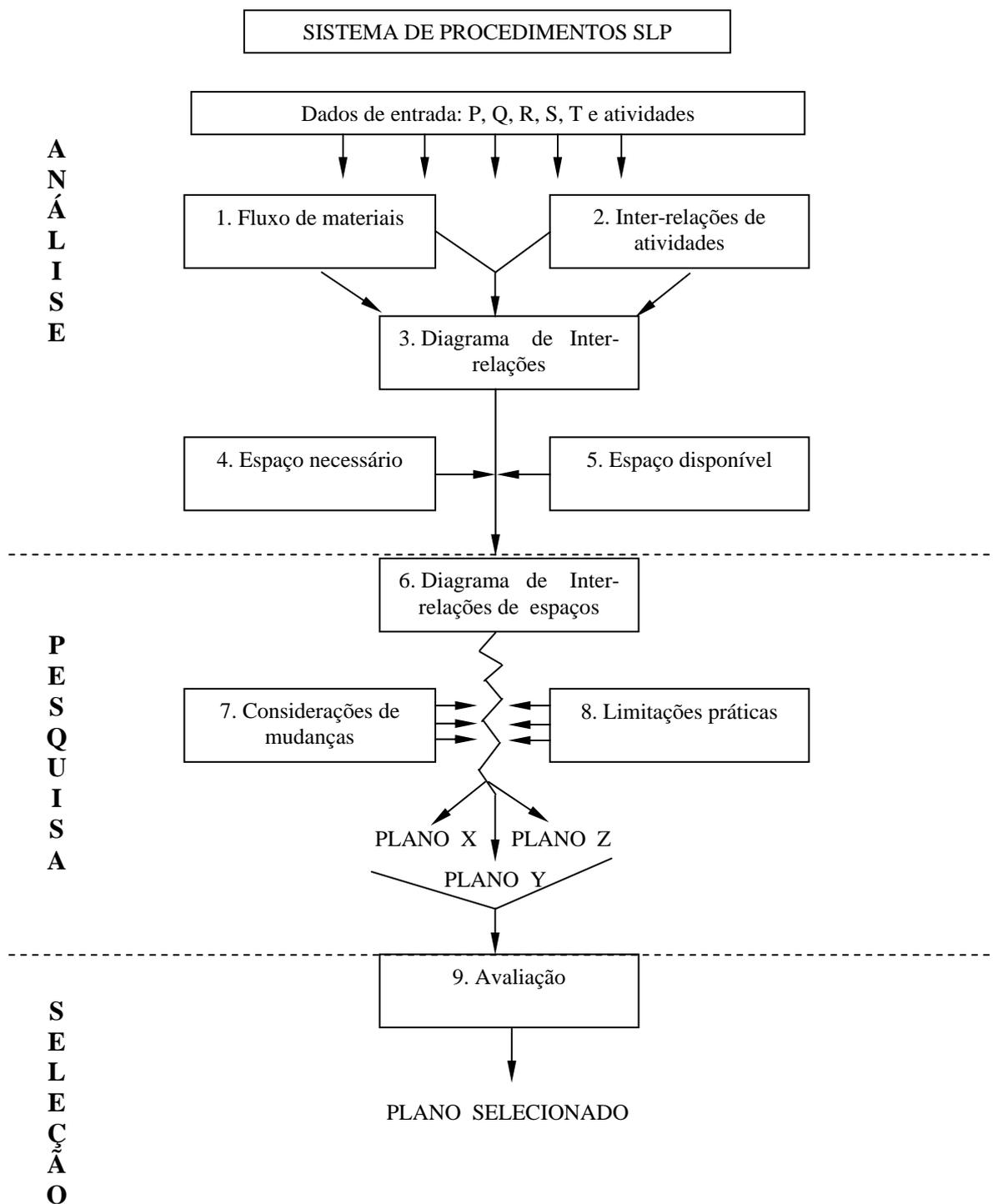


Figura 15: Procedimentos do SLP (Adaptado de Tompkins *et al.*, 1996)

Segundo Muther (1978), dentro da fase de Análise existem cinco etapas necessárias para a elaboração do estudo de *layout*. Inicialmente, analisam-se as informações sobre:

- Produto (P) – o que é produzido ou feito pela empresa ou área em questão, a matéria-prima, peças compradas, montadas, tratadas, mercadorias acabadas e/ou serviços prestados ou processados. Os produtos podem ser expressos em itens,

variedades, modelos, estilos, formas, classes de material, número de peças e grupos, entre outros.

- b) Quantidade (Q) – o montante do produto ou material produzido, fornecido ou utilizado. A quantidade pode ser expressa em número de peças, peso, volume ou valor do montante produzido ou vendido.
- c) Roteiro (R) – processo segundo o qual o produto ou material será fabricado. O roteiro pode ser definido por listas de operações e equipamentos, cartas de processo, gráficos de fluxo, etc.
- d) Serviços de suporte (S) – entende-se por recursos, atividades ou funções auxiliares que devem suprir a área em questão e que lhe darão condições de funcionamento efetivo. Os serviços de suporte incluem manutenção, reparo de máquinas, ferramentaria, sanitários, alimentação, atendimento de primeiros socorros, setores de expedição e recebimento, escritórios da fábrica, plataformas de descarga, áreas de armazenamento, etc.
- e) Tempo (T) – o dimensionamento do tempo envolve questões como quanto produzir ou quando o projeto será colocado em operação. Os tempos de operação para as funções produtivas determinam quantas máquinas serão necessárias, o que levará ao dimensionamento do espaço, da mão-de-obra e ao balanceamento das operações. A urgência de uma ação ou uma entrega também faz parte da medida do tempo, assim como o ritmo de produção e as respostas dos serviços de suporte.

Os cinco elementos acima formam a base para o planejamento das instalações. Baseado na *checklist* composta pela seqüência de letras PQRST, o projetista de *layout* terá um ponto de partida seguro, pois algumas vezes este início é a parte mais difícil do projeto

Outro dado preliminar é a identificação das várias atividades ou áreas incluídas no arranjo físico. Atividade é um termo geral utilizado largamente em projetos de *layout*, entende-se por atividade todos os elementos (que não pessoas ou materiais em processo) que são considerados como parte do arranjo físico. A atividade engloba cada fase do planejamento e, em diferentes situações, operações, funções, áreas, departamentos, grupos de máquinas, características dos prédios, etc. Por exemplo, uma atividade pode ser uma determinada máquina de teste dentro de um laboratório, a entrada principal dentro do terreno da fábrica, o departamento de vendas dentro do setor administrativo, etc.

A fase de reunião e análise das informações tem como objetivo: (a) identificar os elementos específicos necessários para a definição de um critério para o projeto em estudo; (b) projetar esses dados no futuro; (c) submeter os resultados à aprovação da alta direção; (d) examinar os dados iniciais através do diagrama do produto e quantidade, observando suas variações (o objetivo é definir o tipo de arranjo físico e as bases definitivas para a divisão das

áreas de atividades); e (e) identificar e definir as áreas de atividades a serem usadas no planejamento subsequente, buscando otimizar o tempo de execução do projeto.

No passo 1, faz-se a análise do *Fluxo de Materiais*, que consiste na determinação da melhor seqüência de movimentação dos materiais através das etapas exigidas pelo processo e na determinação da intensidade ou magnitude desses movimentos. O fluxo deve permitir que o material se movimente progressivamente durante o processo, sem retornos, desvios, cruzamentos, etc. Enfatiza-se nesta etapa a determinação do volume de itens transportados entre pares de departamentos e a freqüência da movimentação. Por itens entendem-se materiais, pessoas e informações. Tal determinação pode utilizar registros históricos, caso estes estejam disponíveis na empresa, ou ser feita através de observação direta ou de entrevistas com indivíduos nas diferentes áreas e departamentos da empresa. A análise do fluxo de materiais deve concentrar-se em períodos recentes, de forma a representar adequadamente a realidade da empresa.

Existem diversos métodos para analisar o fluxo de materiais e identificar qual deles utilizar em um dado projeto. Para auxiliar nessa escolha deve-se observar o volume e a variedade dos produtos a serem produzidos na fábrica. Freqüentemente o método mais utilizado é o das cartas de processo (MUTHER, 1978).

Geralmente, a análise das intensidades de fluxo entre cada par de atividades envolve a comparação de muitos dados numéricos, o que toma muito tempo para a elaboração do projeto. Para simplificar esse trabalho, o SLP classifica as intensidades de fluxo das atividades produtivas em cinco grupos, conforme ilustrado na Figura 16.

A = Absolutamente necessário	A = <i>Absolutely necessary</i>
E = Especialmente importante	E = <i>Epecially important</i>
I = Importante	I = <i>Important</i>
O = Proximidade normal	O = <i>Ordinary closeness (OK)</i>
U = Indiferente	U = <i>Unimportant</i>
X = Indesejável	X = <i>Undesirable</i>

Figura 16: Escala AEIOUX para o diagrama de relações (Adaptado de Urban, 1989)

Cada letra na Figura 16 representa as classes de intensidade do fluxo das atividades produtivas, as quais, junto com o roteiro de produção, formam as interligações para serem

utilizadas na fase de análise de proximidade entre as áreas de atividades. Utiliza-se vogais na classificação de intensidade do fluxo por três motivos: (a) as letras têm um significado no original em inglês; (b) facilidade de memorização; e (c) evita a utilização de números, pois estes são empregados para codificar e identificar as atividades.

No passo 2 (Inter-relações de Atividades), deverão ser integrados os serviços de apoio com cada área do departamento produtivo, estabelecendo desta forma uma classificação de proximidade. O objetivo é mostrar quais as atividades devem permanecer próximas e quais as que ficarão afastadas do fluxo de materiais. A melhor maneira de integrar os serviços de apoio aos departamentos de produção é através da elaboração da carta de inter-ligações preferenciais.

A carta de inter-ligações preferenciais é uma matriz triangular que representa o grau de proximidade e o tipo de inter-relação entre uma certa atividade e cada uma das outras envolvidas no processo em análise. Um exemplo de carta de inter-ligações e suas razões de proximidade pode ser observado na Figura 17. O exemplo foi feito para um escritório de engenheiros. A classificação de pares de atividades, segundo a proximidade, terá mais significado quando acompanhada da razão de proximidade.

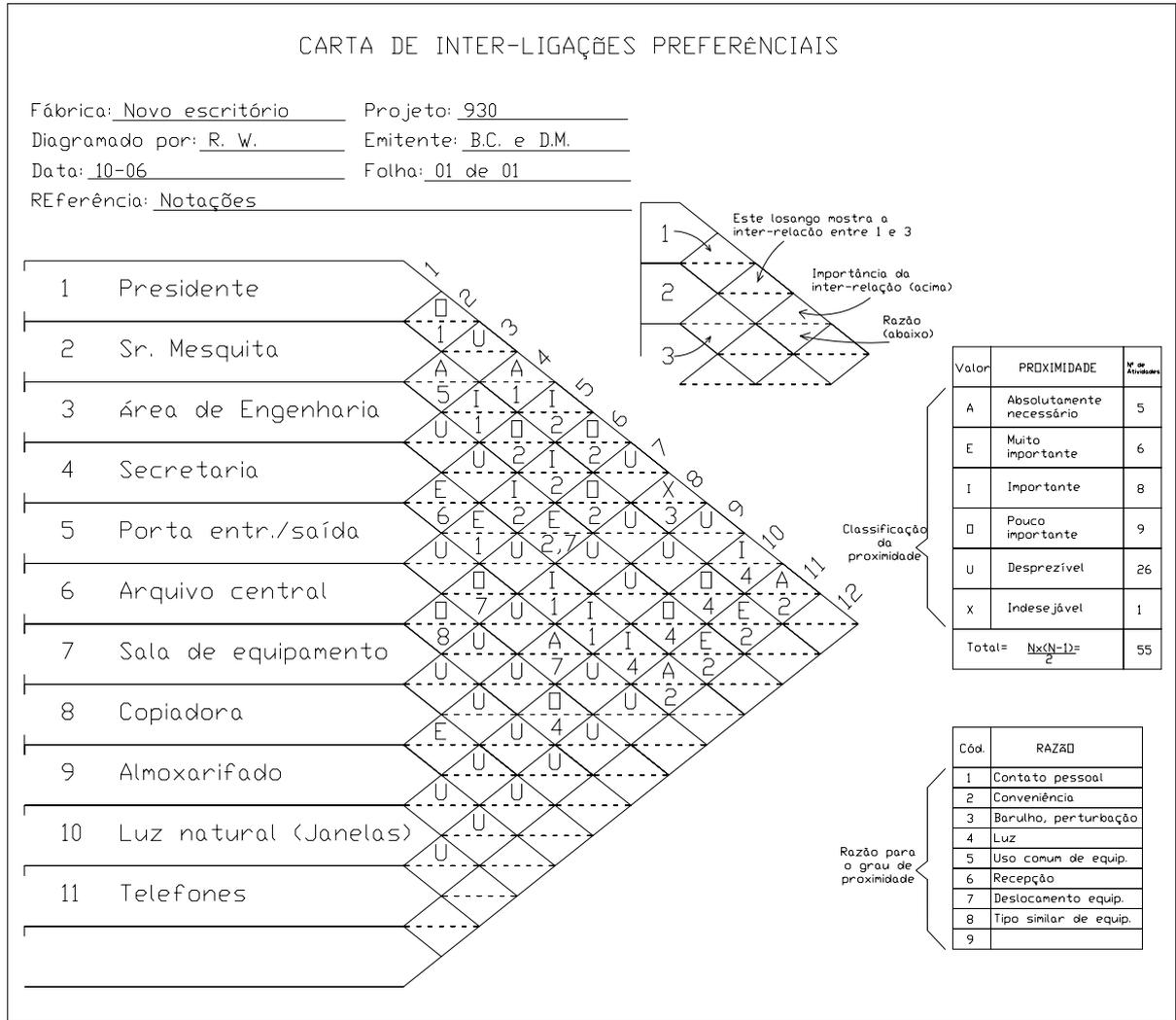


Figura 17: Exemplo de carta Inter-ligações preferenciais (Adaptado de Muther, 1978)

No passo 3, as áreas de produção e as áreas de serviços de suporte são combinadas no *Diagrama de Inter-relações*, onde as diversas atividades, departamentos ou áreas estão geograficamente relacionadas entre si, sem considerar o espaço que cada elemento requer no arranjo físico. Nesta etapa, busca-se uma visualização dos dados, cálculos e análises feitas para transformar essas informações sobre a seqüência de atividades e proximidades relativas em um esboço da localização de cada área.

Diversas técnicas podem ser utilizadas na construção do diagrama de fluxo e/ou inter-relações. Geralmente, começa-se pelas inter-relações mais importantes seguindo-se as de menor importância. As condições necessárias para construir o diagrama de fluxo são uma simbologia para a identificação de cada atividade, área ou característica e um método para indicar a proximidade relativa entre as atividades, a direção e a intensidade do fluxo de materiais. Quando não há interesse na direção do movimento do material ou quando o fluxo

envolvido é insignificante comparado às outras inter-relações, o diagrama pode ser construído a partir apenas da classificação de proximidade da carta de inter-ligações preferenciais. Para isso, existe um procedimento específico que inclui uma série de convenções. Estas convenções são usadas para economizar tempo e facilitar a compreensão e a interpretação do diagrama. Um diagrama utilizando convenções está exemplificado na Figura 18. Na figura, o formato de cada símbolo indica o tipo de atividade; o número dentro do símbolo serve para identificação das áreas e o número de linhas ligando os símbolos fornece o grau de proximidade desejada.

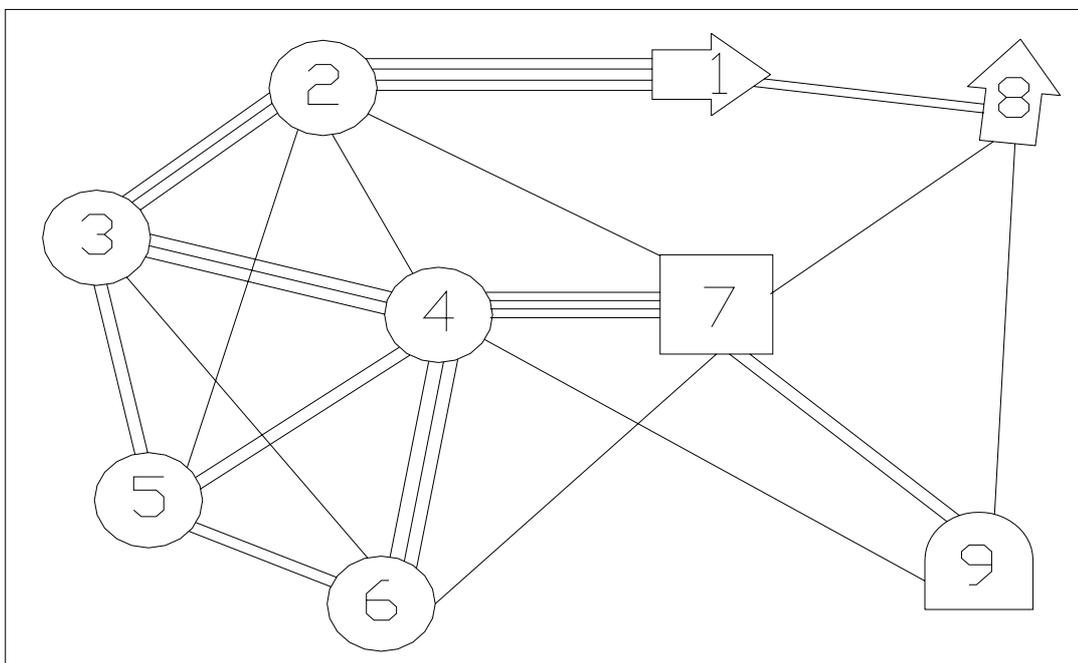


Figura 18: Diagrama de Inter-relações (Adaptado de Muther, 1978)

Nos passos 4 e 5 (Espaço Necessário e Disponível), analisam-se os requisitos de espaço, que são obtidos por meio da análise de máquinas e equipamentos utilizados na produção e dos serviços envolvidos. Esses requerimentos deverão ser balanceados de acordo com a disponibilidade de espaço existente na fábrica. Nesse momento, analisam-se quais áreas deveriam permanecer no mesmo tamanho, quais devem diminuir ou aumentar. Existem cinco métodos principais de determinação dos requerimentos de espaço: o método numérico, o método da conversão, os padrões de espaço, os arranjos esboçados e a projeção de tendências (TOMPKINS *et al.*, 1996).

A próxima fase do SLP é denominada Fase de Pesquisa e inicia pelo passo 6 (Diagrama de Inter-relações de Espaço). Essa fase é caracterizada pelo balanceamento entre o

espaço necessário e o disponível, que gera o diagrama de inter-relações de espaço. Este diagrama tem por finalidade demonstrar os espaços perdidos e ociosos dentro das áreas. Basicamente, o diagrama, quando completo, formará um arranjo físico. Tal reunião e adaptação dos espaços, pode ser feita de duas maneiras: esboçando várias combinações das alternativas dos ajustes e configurações das atividades envolvidas ou movimentando blocos de área unitária para cada uma das áreas envolvidas, montando com eles vários arranjos.

Nos passos 7 e 8 (Considerações de Mudanças e Limitações Práticas), o arranjo físico desenvolvido é ajustado e modificado ao se levar em conta as necessidades exigidas da nova linha de produção desejada. Essas necessidades podem ser descritas como: métodos de movimentação, recursos de estocagem, fatores relativos ao terreno e à construção, necessidades de pessoal, serviços auxiliares, suprimentos, controles e procedimentos. Cada idéia ou consideração que surgir deverá ser avaliada quanto a limitações práticas, tais como custo, segurança, especificações de construção, energia disponível, etc.

Concluída essa fase de ajustes e considerações, entra-se na etapa final do SLP, de Seleção. Nesse momento, estar-se-á de posse de dois ou mais projetos de *layout* alternativos. O passo 9 (Avaliação) tem como meta determinar qual alternativa será selecionada, o que é feito por meio de análises de custos e fatores intangíveis. Como resultado, chega-se ao arranjo físico selecionado, que poderá ser uma das alternativas ou uma combinação delas. Provavelmente, os melhores resultados serão obtidos quando comparados e listados as vantagens e desvantagens de cada plano. Sendo ainda, que planos muito semelhantes oferecem pouca oportunidade de escolha ou melhoramentos futuros.

Após a seleção da escolha, prepara-se para a mudança do *layout* de acordo com a aprovação e liberação da direção da empresa. Nesta etapa, possivelmente, surgirão algumas mudanças em decorrência de melhorias ou erros na elaboração do *layout*, porém deve-se ao término do projeto, fazer uma conferência para identificar as economias e os custos da conclusão do projeto.

Segundo Francis *et al.* (1992), antes de partir diretamente para a mudança dos departamentos é importante voltar e observar que nas organizações manufatureiras existem ciclos de expansão e de redução no negócio. O *layout* da produção também deve ser tratado dinamicamente, da mesma forma que existe as estratégias de longo prazo, também existe a necessidade de um plano macro. Este plano deve prever investimentos futuros e de adaptações às mudanças na produção.

2.6.3 Alternativas similares para a elaboração do Planejamento Sistemático de *Layout*

Existem algumas alternativas similares para a elaboração do Planejamento Sistemático de *Layout*. A escolha dentre as diversas alternativas metodológicas leva em consideração aspectos como: estrutura da empresa, objetivos, tempo de implantação das mudanças, recursos disponíveis, entre outros.

Krajewski e Ritzman (1999) relatam uma alternativa similar ao SLP. Os 3 passos básicos que envolvem essa alternativa servem tanto para o desenvolvimento de um novo *layout* como para um existente, sendo estes passos:

- a) a coleta das informações;
- b) o desenvolvimento de um diagrama de blocos; e
- c) a modelagem de um *layout* detalhado.

Na Figura 19 pode-se observar os passos que envolvem o desenvolvimento do arranjo físico.

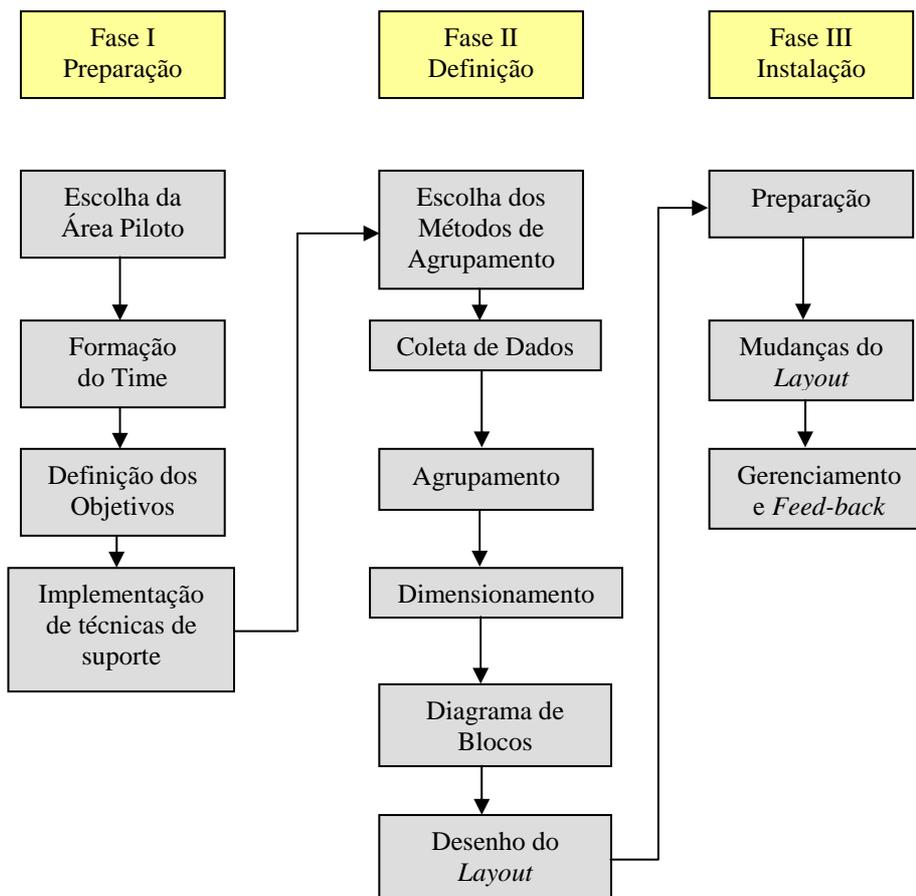


Figura 19: Passos do desenvolvimento do *layout* (Adaptado de Silveira, 1998)

Conforme ilustrado na Figura 19, na fase de preparação delimita-se a área a ser estudada, forma-se a equipe de trabalho e estabelecem-se os objetivos pretendidos na prática. Na fase de definição, realiza-se a coleta específica de dados e dimensiona-se de forma conceitual e real as melhorias propostas. Por fim, na fase de instalação, prepara-se a planta produtiva para as mudanças propostas e gerencia-se o andamento das modificações (SILVEIRA, 1998).

Segundo Lee (1997), devem ser feitas as seguintes perguntas a cada etapa do processo de implantação do *layout* sugerido:

- a) A operação é necessária ou pode ser eliminada?
- b) A operação pode ser combinada com outra operação?
- c) Locais ou pessoas, pode haver alguma mudança nesses fatores?
- d) Melhoramentos no método de execução da operação ou de seu equipamento podem ser feitos?

Outra alternativa de planejamento sistemático de *layout* é sugerida por Reis (1978), este pode ser organizado segundo as seguintes etapas:

a) a reunião dos elementos, ou seja, é preciso conseguir um compromisso equitativo entre os diversos elementos que influenciam no *layout*, sendo assim, devem ser analisados o material, o equipamento, o elemento humano, transportes, áreas de trabalho, estocagem e edificações;

b) a elaboração das soluções, onde convém proceder do geral para o particular, ou seja, ter sempre em mente o projeto global e a partir deste examinar os detalhes, este procedimento costuma ser mais eficiente do que determinar o *layout* a partir da fixação de uma ou duas máquinas importantes (é preferível planejar o ideal e a partir deste estabelecer o prático, pois na pior das hipóteses, podemos constatar o quanto se perde por não se adotar a solução ideal);

c) a representação das soluções pode ser feita em desenhos e/ou maquetes, o desenho é a forma mais usada e econômica, permitindo a reprodução e a conservação dos diversos projetos elaborados, enquanto às maquetes, possuem o inconveniente de não poderem conservar as soluções anteriores, as representações em maquetes podem ser feitas no plano ou no espaço. Esta última é usada quando a altura for um fator importante, as maquetes impressionam favoravelmente, por ocasião da venda da solução;

d) a escolha e venda da solução devem ser feitas, pelo menos em tese, de acordo com a rentabilidade de cada alternativa proposta, sendo que os métodos da engenharia econômica

podem ser aplicados nesta etapa, calcula-se para cada solução o custo de instalação e os ganhos devidos à diminuição dos transportes, melhor localização dos equipamentos, entre outros, obviamente outras vantagens não-mensuráveis, como os chamados fatores intangíveis que devem também ser levados em conta, a escolha será feita pela administração responsável, é conveniente apresentar as várias alternativas em ordem crescente de vantagens, expondo-as claramente e a solução escolhida deve ser implantada, passando o responsável pelo projeto de *layout* a acompanhar também esta fase.

2.6.4 Os critérios de performance para o *layout*

No planejamento sistemático de *layout* existem os critérios de performance, os quais podem incluir um ou mais fatores que influenciam na tomada de decisão da gerência. Esses critérios são:

- a) o nível de investimento de capital;
- b) as necessidades de manuseio de materiais;
- c) a facilidade de movimentação do estoque;
- d) a natureza e o ambiente de trabalho;
- e) a facilidade da manutenção dos equipamentos;
- f) as atitudes dos funcionários;
- g) a flexibilidade obtida na linha de produção; e
- h) a conveniência dos clientes e nível de vendas.

A decisão da gerência deve estar relacionada aos fatores que melhor enfatizam a boa solução do *layout* (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1999).

Segundo Davis *et al.* (2001), os critérios de performance devem incluir uma avaliação tanto dos fatores quantitativos como qualitativos. Conforme mostra a Figura 20.

QUALITATIVOS	QUANTITATIVOS
Infra-estrutura local	Custo de Mão-de-obra
Educação e qualificação dos trabalhadores	Custos de distribuição
Exigências de conteúdo do produto	Custos de instalação
Estabilidade política e econômica	Taxas de câmbio

Figura 20: Fatores qualitativos e quantitativos dos critérios de performance do *layout* (Adaptado de Davis *et al.*, 1998)

O autor ainda destaca que esses são os principais critérios de performance e devem ser considerados na execução de um arranjo físico.

Conforme Slack *et al.* (1997), são destacados ainda os seguintes critérios: (i) todos os processos que podem representar perigo para a mão-de-obra ou para clientes, não devem ser acessíveis a pessoas não autorizadas; (ii) o fluxo de materiais, informações ou clientes devem ser canalizados pelo arranjo físico de forma a atender aos objetivos da operação; (iii) a mão-de-obra deve possuir dispositivos de comunicação para agilizar e facilitar o contato com a supervisão e coordenação; e (iv) todos os arranjos físicos devem minimizar os espaços utilizados nas suas operações.

Segundo Moore (1962), deve-se dar atenção e importância também na elaboração do arranjo físico a questões como: ventilação, dispositivos de segurança, controle de ruído e outros aspectos de manutenção ou conveniência que contribuam para reduzir a fadiga física e mental dos operadores.

2.6.5 Experiências da implantação do planejamento sistemático de *layout*

O desenvolvimento da metodologia de planejamento de *layout* geralmente é simples e fácil, mas frequentemente é necessário olhar suas etapas anteriores para não esquecer de itens que não foram contemplados e/ou esquecidos no avanço da sua implantação (TANG; LIU, 2002).

Uma boa metodologia de planejamento de *layout* existe quando o custo-benefício desta mudança é superior a outros investimentos e a sua implementação ocorre no tempo e no valor estipulado. Uma eficiente metodologia de planejamento de *layout* deverá reduzir os custos da fábrica e elevar o nível de produtividade, entretanto o objetivo comumente buscado é a garantia da qualidade dos produtos e a satisfação dos clientes (SHA; CHEN, 2001).

Conforme Benjaafar (2002), o planejamento sistemático de *layout* pode causar impacto na performance operacional da fábrica de maneira significativa. O mais importante é identificar as características no arranjo físico que tendem a reduzir o *lead time*, *WIP* e melhoram o ritmo de transferência dos materiais. Então há escolha pelo *layout* terá relação direta na acumulação do *WIP* e no sistema de transporte de materiais.

Na maioria dos casos estudados, quando a metodologia de planejamento de *layout* foi bem elaborada o nível de evolução deste incluem a maximização: do processo de qualidade, da produtividade, da capacidade produtiva, da flexibilidade do processo, do fluxo de peças, de fatores humanos, de manutenção e a minimização no impacto sobre os custos (YANG *et al.*, 2000). Seguindo neste mesmo contexto, Kerns (1999) e Wrennall (1997), afirmam que o planejamento sistemático de *layout* feito de forma criteriosa gera ganhos na produtividade, vantagens competitivas perante outras empresas do mesmo segmento e retornos financeiros.

O SLP implantado corretamente fornecerá dados estratégicos importantes ao processo produtivo, que por sua vez agilizará a linha de produção, gerando vantagens competitivas a empresa e valor adicionado percebido ao cliente. Isto também significa dizer que a empresa poderá utilizar seus recursos de forma mais eficaz (KERNNS, 1999).

Uma disposição bem elaborada pelo planejamento sistemático de *layout* permite economias de custo para a fábrica e otimização no custo-benefício do projeto. Entretanto, desenvolver este planejamento é uma etapa demorada e freqüentemente precisa-se ser concluída no menor tempo possível, para não incorrer em perdas de produção e recursos financeiros (TANG; LIU, 2000).

Conforme Lacksonen e Hung (1998), embora a metodologia proposta pelo SLP possa comprovadamente resolver problemas de *layout* da fábrica, a qualidade da sua solução é dependente de peritos que fornecem os dados de entrada durante os processos da elaboração do *layout*. Conseqüentemente, uma equipe compreendida de peritos apropriados é necessária para a geração de soluções com qualidade.

Finalmente, ao se propor modificações ou novo *layout* para um dado local ou posto de trabalho, deve-se ter em conta a sua repercussão no volume de produção, na utilização do espaço, na qualidade do produto, no tempo de aprendizagem das operações executadas, na qualificação do operador, no salário a ser pago, no tempo de produção por peça, nos coeficientes de fadiga e outros fatores que possam recomendar ou desmerecer a solução proposta (MONKS, 1987).

3 MÉTODO DE TRABALHO

Neste capítulo serão apresentadas as informações relativas ao procedimento para o planejamento do SLP. Apresentar-se-á uma sistemática para a análise do *layout* fabril com vistas à mudança e será descrito o desenvolvimento operacional dos passos que envolvem o SLP, detalhando as ferramentas que estão propostas nas diferentes fases do método.

No método de trabalho, será utilizada a metodologia de Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP) desenvolvida por Muther (1978) e as técnicas de melhoria de *layout* descritas por Tompkins *et al.* (1996), entre outros autores pesquisados.

Para projetar um arranjo físico de uma operação produtiva, assim como qualquer atividade de projeto, deve-se iniciar com uma análise sobre o que se pretende que o arranjo físico propicie. Para auxiliar na decisão de qual método de *layout* utilizar na fábrica, pode-se usar um método de *layout* do tipo construção que, basicamente, envolve o desenvolvimento de um novo *layout* e o método do tipo melhoria e que tem por finalidade gerar *layouts* alternativos, baseados nos já existentes. Ambos os métodos utilizam parâmetros numéricos, funções e técnicas gráficas para gerar um *layout* ou dar uma solução ótima para o problema da empresa, porém, a solução final dependerá também de parâmetros não-numéricos, tais como sociais e motivacionais.

3.1 DESCRIÇÃO DETALHADA DO MÉTODO SLP

Para uma melhor compreensão dos passos que serão apresentados no planejamento do SLP, utilizar-se-á a seqüência dos passos metodológicos apresentados no Capítulo 2. Os passos que compõem esta parte do trabalho descrevem detalhadamente os procedimentos e as técnicas do sistema de procedimentos SLP, bem como sua importância na metodologia.

3.1.1 Dados de Entrada

Os dados de entrada estão relacionados ao estudo do volume de produção e variedade de produtos, pois fundamenta a base para a decisão sobre o tipo de arranjo físico que será adotado: posicional, funcional, linear ou uma combinação deles. Geralmente, a análise

produto-quantidade consiste na classificação dos diversos produtos, materiais ou itens envolvidos dentro da planta fabril.

Depois de elaborada a classificação dos diversos produtos, calcula-se a quantidade de produtos em cada classe e organizam-se as classes em ordem decrescente de quantidade. Após, plotam-se esses resultados num diagrama, conforme Figura 21, que é denominado diagrama produto-quantidade. Neste, o eixo vertical diz respeito à quantidade e o eixo horizontal é reservado para produtos, variedades ou itens.

O diagrama produto-quantidade se relaciona diretamente com o arranjo físico. Nas classes da extrema esquerda do diagrama, encontram-se poucos tipos de produtos que são fabricados em grandes quantidades: para esses produtos são utilizadas as técnicas de produção em massa que requerem arranjos físicos do tipo linear ou por produto. No outro extremo da curva, encontram-se muitos tipos de produtos fabricados em pequenas quantidades: essas são as condições adequadas para a utilização de um arranjo físico funcional ou arranjo por processo.

DIAGRAMA P-Q

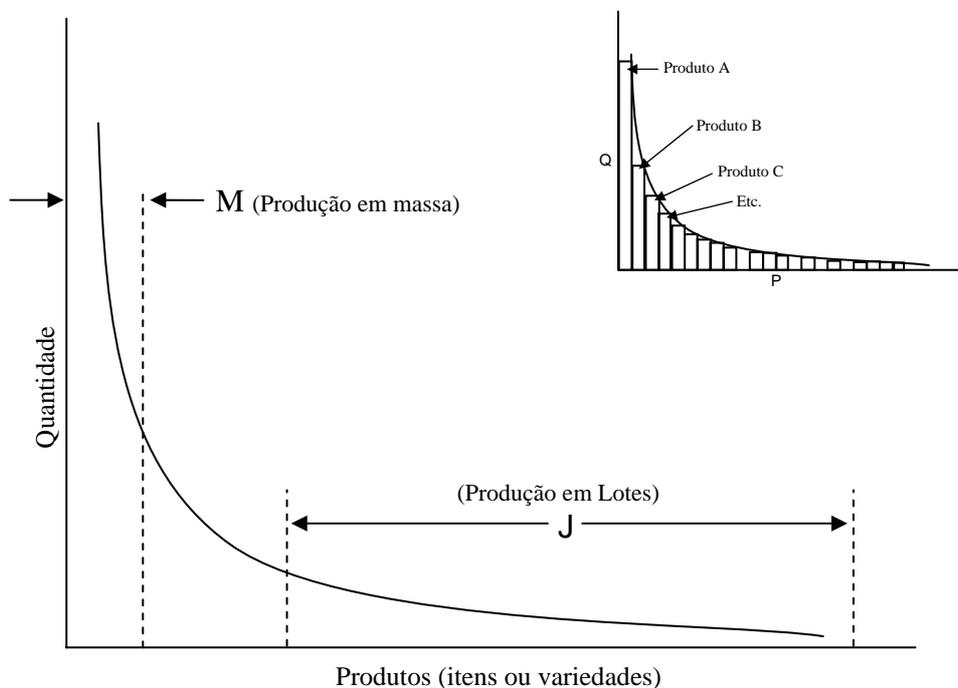


Figura 21: Diagrama Produto-Quantidade (Adaptado de Muther, 1978)

Analisou-se até agora a composição dos produtos e as tendências de volume de produção e variedade de itens produzidos. Porém, deve-se prever também as mudanças nas

características dos produtos e materiais, pois mudanças no projeto do produto podem vir a anular um projeto de *layout*. Com o objetivo de prever essas modificações futuras, deve-se analisar as mudanças anteriores nas características dos produtos ou materiais envolvidos, ou seja, os setores de planejamento do produto e de vendas são responsáveis pelas previsões, que depois de aprovadas pela alta administração, servirão de base para o projetista do arranjo físico desenvolver seu planejamento satisfatoriamente.

3.1.2 Fluxo de Materiais

Antes de iniciar a análise do fluxo de materiais, deve-se verificar os roteiros de fabricação, que representam como os itens ou produtos serão fabricados. O processo de fabricação estabelece a seqüência de operações necessárias para produzir o produto na quantidade e no tempo de operação ótimo, levando-se em conta vários outros fatores (desenvolvimento tecnológico, equipamentos disponíveis, mão-de-obra, investimentos necessários, custo de operação, etc.).

De posse de um roteiro de fabricação satisfatório, pode-se iniciar a análise do fluxo de materiais. A análise do fluxo de materiais consiste em determinar a seqüência de movimentação dos materiais através das etapas exigidas pelo processo e a determinação da intensidade desses movimentos na fábrica.

Para analisar o fluxo de materiais, geralmente, é utilizada a carta de processo, que se caracteriza por um recurso gráfico que facilita a visualização do fluxo e por usar um ou poucos produtos padronizados. A carta utiliza uma linguagem simbólica, atribuindo um símbolo a cada elemento e ligando os símbolos com linhas segundo a seqüência lógica do processo de fabricação do produto. A Figura 22 traz os símbolos, significados, ações, resultados e definições usadas na diagramação de processos de fabricação.

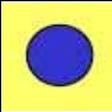
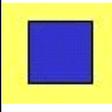
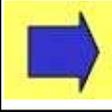
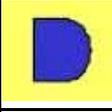
SÍMBOLO	AÇÃO	RESULTADO DA AÇÃO	DEFINIÇÃO DA ATIVIDADE
	Operação	Fabrica ou executa	Significa uma mudança intencional de estado, forma, ou condição sobre um material ou informação, como: montagem, desmontagem, transcrição, fabricação, embalagem, processamento, etc..
	Inspeção	Verifica	Identificação ou comparação de alguma característica de um objeto ou de um conjunto de informações com um padrão de qualidade ou de quantidade.
	Transporte	Movimenta	Movimento de um objeto ou de um registro de informação de um local para outro, exceto os movimentos inerentes à operação ou inspeção.
	Demora ou Espera	Interfere	Quando há um lapso de tempo entre duas atividades do processo gerando estoque intermediário no local de trabalho e que para ser removido não necessita de controle formal.
	Armazenamento	Guarda	Retenção de um objeto ou de um registro de informação em determinado local exclusivamente dedicado a este fim e que para ser removido necessita de controle formal.

Figura 22: Simbologia utilizada nos fluxogramas de processo (ASME- *The American Society of Mechanical Engineers*, 2004)

O fluxograma de processo tem o objetivo de representar esquematicamente o processo de produção através das seqüências de atividades de transformação, exame, manipulação, movimentação e estocagem por que passam os fluxos de itens de produção. O modelo registra seqüências fixas e determinísticas das atividades. As atividades distintas são representadas no modelo por símbolos gráficos e o fluxo de itens entre atividades sucessivas por segmentos que unem os símbolos correspondentes. Este modelo esquemático permite um entendimento global e compacto do processo de produção ao destacar e identificar as etapas constituintes e a sua ordem de execução.

A Figura 23 mostra uma carta de fluxo de processo elaborada para uma fábrica de rações.

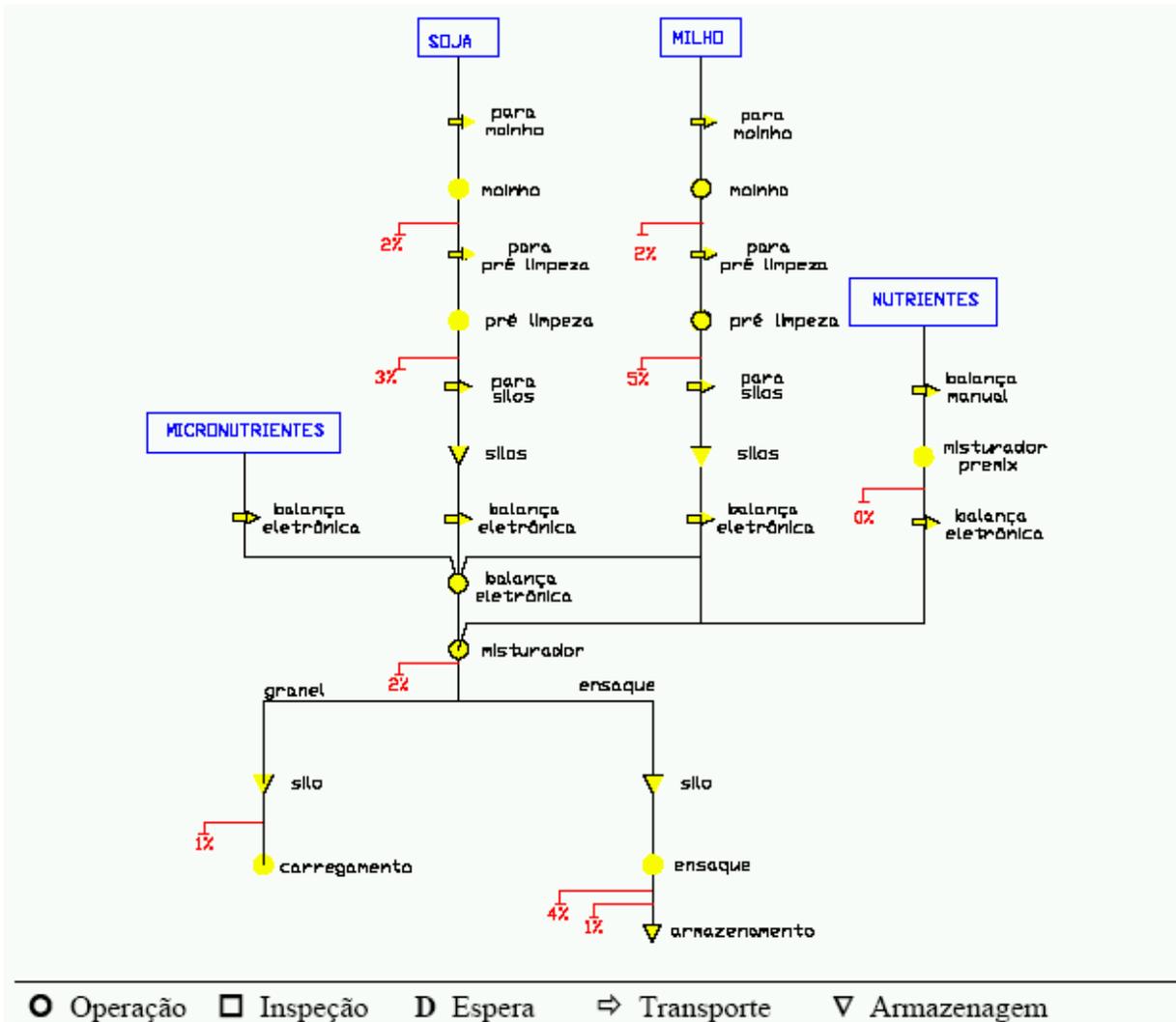


Figura 23: Carta de Fluxo de processo (Adaptado de Slack, 1997)

3.1.3 Inter-relações de Atividades

Para a determinação das inter-relações de atividades, deve-se relacionar as atividades de serviço e integrar os serviços de suporte ao fluxo de materiais. Para atingir esses objetivos, a melhor ferramenta é a carta de interligações preferenciais.

A carta de interligações preferenciais é uma matriz triangular que representa o grau de proximidade e o tipo de inter-relação entre certa atividade e/ou entre atividades. As informações necessárias para a construção da carta, bem como um exemplo de carta preenchida pode ser visto na Figura 24. Na carta, os setores (ou atividades) a serem analisados no *layout* são listados. Cruzamentos entre setores são representados por losangos, onde se indica o relacionamento entre dois setores. Existe um losango de interseção para cada par de setores. Na parte superior do losango, indica-se a preferência de proximidade entre setores

utilizando as letras A, E, I, O, U e X, com descrições apresentadas na Figura 17. Na parte inferior do losango, indica-se a razão da preferência declarada na parte superior. Razões mais freqüentes são apresentadas em uma tabela recebendo códigos numéricos.

O objetivo básico da carta é mostrar quais setores devem ser localizados próximos no *layout*. Para facilitar a elaboração da carta de inter-relações preferenciais é recomendável preparar um esboço do processo de fabricação de cada um dos componentes e da seqüência de montagem. Analisando o produto por completo e desmontando-se peça por peça, será possível obter o conhecimento necessário para se desenhar uma carta da seqüência de montagem, para uma posterior análise do fluxo de materiais.

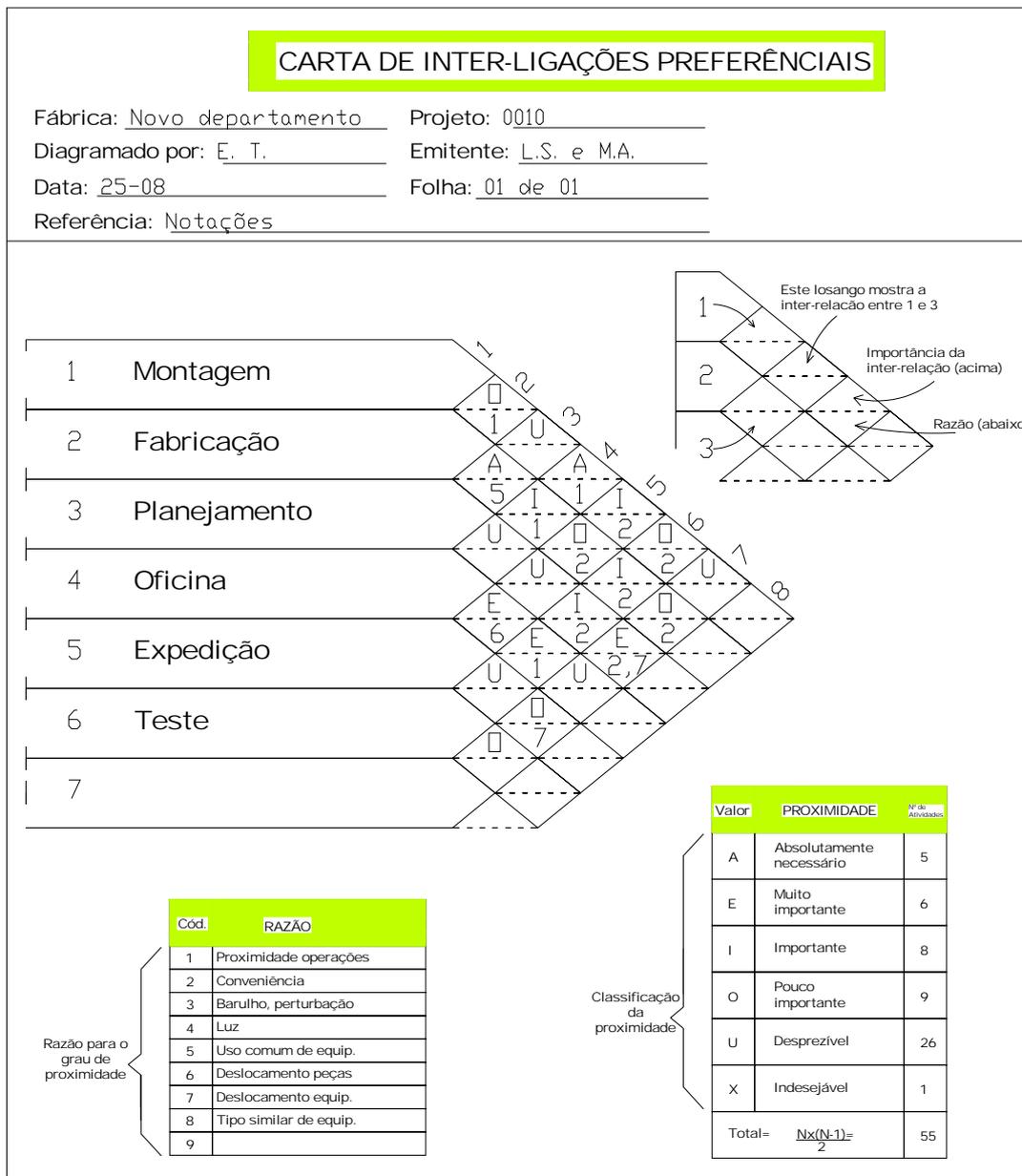


Figura 24: Carta de Inter-ligações Preferenciais (Adaptado de Monks, 1987)

3.1.4 Diagrama de Fluxo

Nesta etapa, busca-se uma visualização dos dados, cálculos e análises feitas até este momento, o objetivo é transformar essas informações sobre a seqüência de atividades e proximidades relativas em um esboço de localização. As condições necessárias para construir o diagrama são: uma simbologia para a identificação de cada atividade, área ou característica e um método para indicar a proximidade relativa entre as atividades, a direção e a intensidade do fluxo de materiais.

Ao diagramar as inter-relações da carta de interligações preferenciais, o fluxo de materiais já deve ter sido incorporado aos serviços de suporte e outras atividades que não o fluxo. Desta forma, todas as interligações serão diagramadas em conjunto.

Na determinação do fluxo, em alguns casos é conveniente diagramar o modelo de fluxo existente diretamente sobre a planta do arranjo físico atual. Isso irá possibilitar uma visão das inter-relações gerais existentes e permitir a comparação do fluxo atual com o que será proposto. Geralmente, o diagrama de fluxo é elaborado sobre a planta baixa da instalação atual. A Figura 25 traz um exemplo de diagrama de fluxo de uma instalação, mostrando os quatro itens que trazem os maiores problemas de movimentação na fábrica.

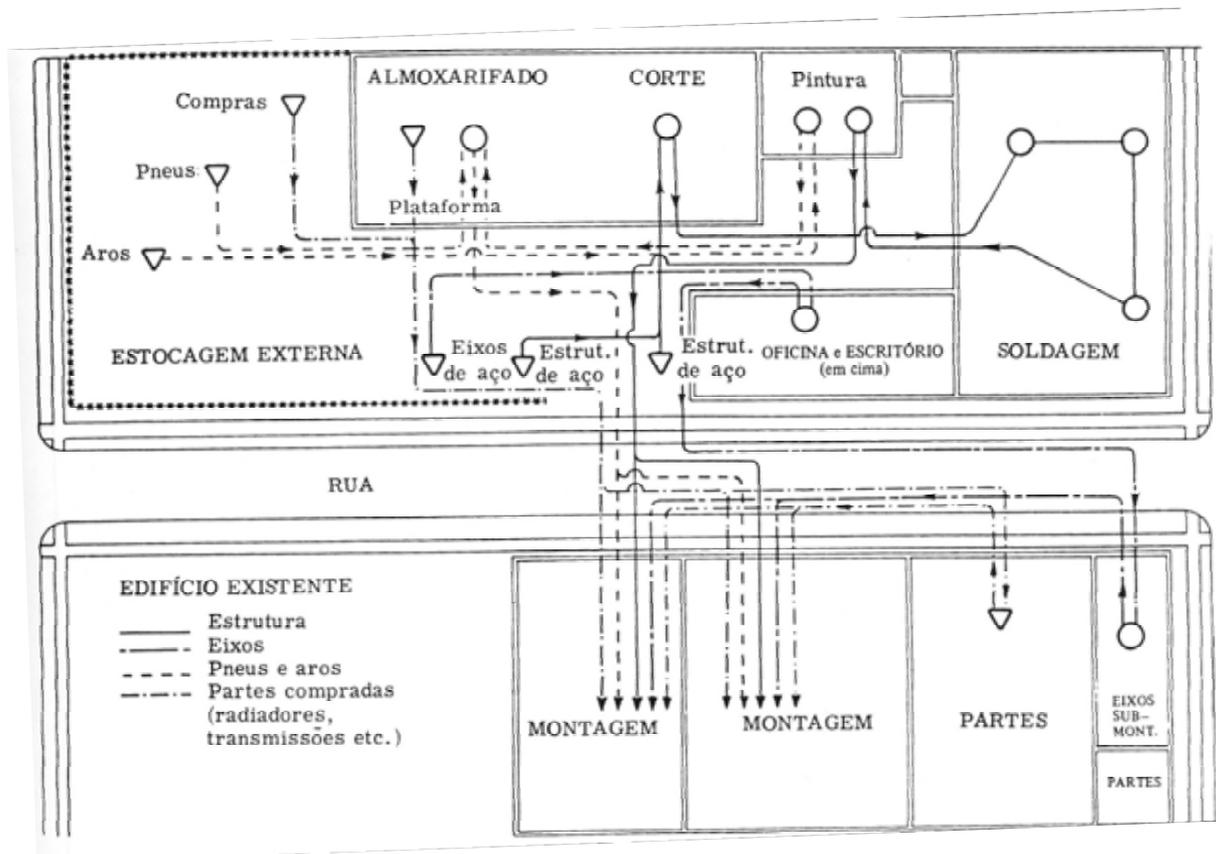


Figura 25: Diagrama de Fluxo (Adaptado de Muther, 1978)

O objetivo do diagrama de fluxo é encontrar um arranjo físico onde as distâncias entre as atividades sejam as mais próximas possíveis umas das outras, observando suas relações de interligações e proximidades. Para tanto, será preciso o desenvolvimento de novos diagramas de fluxo para encontrar uma alternativa melhor ou desejada pela empresa. Tal alternativa representará a interligação teórica ideal das atividades, independente da área necessária.

3.1.5 Determinação dos Espaços

Na determinação dos espaços será estabelecida a área necessária para cada uma das atividades desenvolvidas na planta fabril. Esses espaços deverão ser adaptados ao diagrama de fluxo, isto resultará no desenvolvimento de um diagrama de inter-relações entre espaço.

O diagrama de inter-relações entre espaços costuma representar um arranjo físico imperfeito, já que diversas restrições não são consideradas. Quando introduzidas as correções e ajustes baseados nas considerações de mudança e limitações práticas, obter-se-á o arranjo físico definitivo.

Para decidir a localização adequada das atividades dentro da área fabril, precisa-se começar utilizando um método básico de determinação dos requisitos de espaço. Porém, antes que isso seja feito, deve-se identificar as máquinas e equipamentos envolvidos no projeto. Para tanto, será necessário verificar os registros da empresa ou fichas de dados históricos dos equipamentos disponíveis no departamento de manutenção ou contabilidade.

Uma empresa pode inventariar seu material de várias maneiras. A Figura 26 mostra uma alternativa através da Folha de registro de equipamentos e máquinas, que contém as informações necessárias para a elaboração dos requisitos entre espaços. Outra alternativa, é através do uso de arranjos esboçados. Estes esboços formarão um plano detalhado preliminar e seu uso é recomendável para áreas críticas ou de alto investimento, equipamento relativamente fixo, maquinaria pesada ou para linhas com múltiplas estações de trabalho.

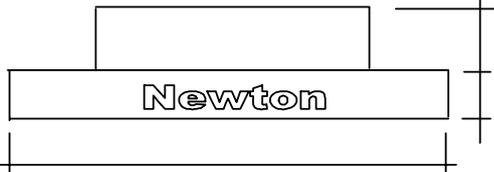
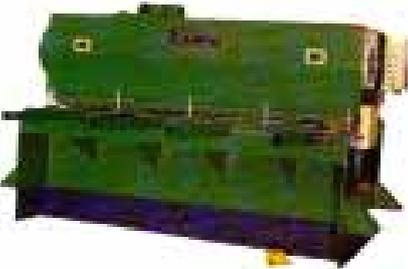
FOLHA DE DADOS DE EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS		
		Arquivo: _____
Fábrica: Soup Ltda	Local: Fabrica 01	Depto: Fab. De Chapas
Área: Fabricação	Setor: 311	
Elaborado por: T. Mazebuco	Aprovado: _____	Data: 25-08
Número de identificação: GL5		Nome/Tipo: Guilhotina
Velocidade: 15pcs/min		Fabricante: Newton
Identificação: GB-15M		
Suprimentos e serviços necessários		Dimensões e áreas necessárias:
Água: Não		Altura máxima: 2,18m
Drenos: Não		Peso: 0,5 Ton
Ar comprimido: Sim		Base: 2,5x1,6m
Fundações: Não		Tipo Movimentação: Manual
Nível: Sim		Operadores: 01
Exaustor: Não		Área livre: 8m
Chave Elétrica: Sim		Área ocupada: 4m
Vista Superior (escala: 1/50)		Template (escala: 1/50)
		
Notas/Observações:		

Figura 26: Folha de Registro de Equipamentos e Máquinas (Adaptado de Muther, 1978)

3.1.6 Diagrama de inter-relações entre espaços

Na adaptação do espaço ao diagrama, existe a alternativa de ajustar os espaços se levando em conta somente o diagrama de fluxo. Quando se utiliza o diagrama de fluxo como base, transforma-se cada atividade representada no diagrama pelo símbolo característico no tamanho que lhe foi atribuído. Cada atividade continuará a ser identificada pelo símbolo, número e possivelmente o nome. Porém, será acrescida a área em metro quadrado, desta maneira, tem-se a visualização do tamanho do espaço. A Figura 27 traz um exemplo de

diagrama de inter-relações entre espaços baseado no fluxo de materiais, numa fábrica de transformadores.

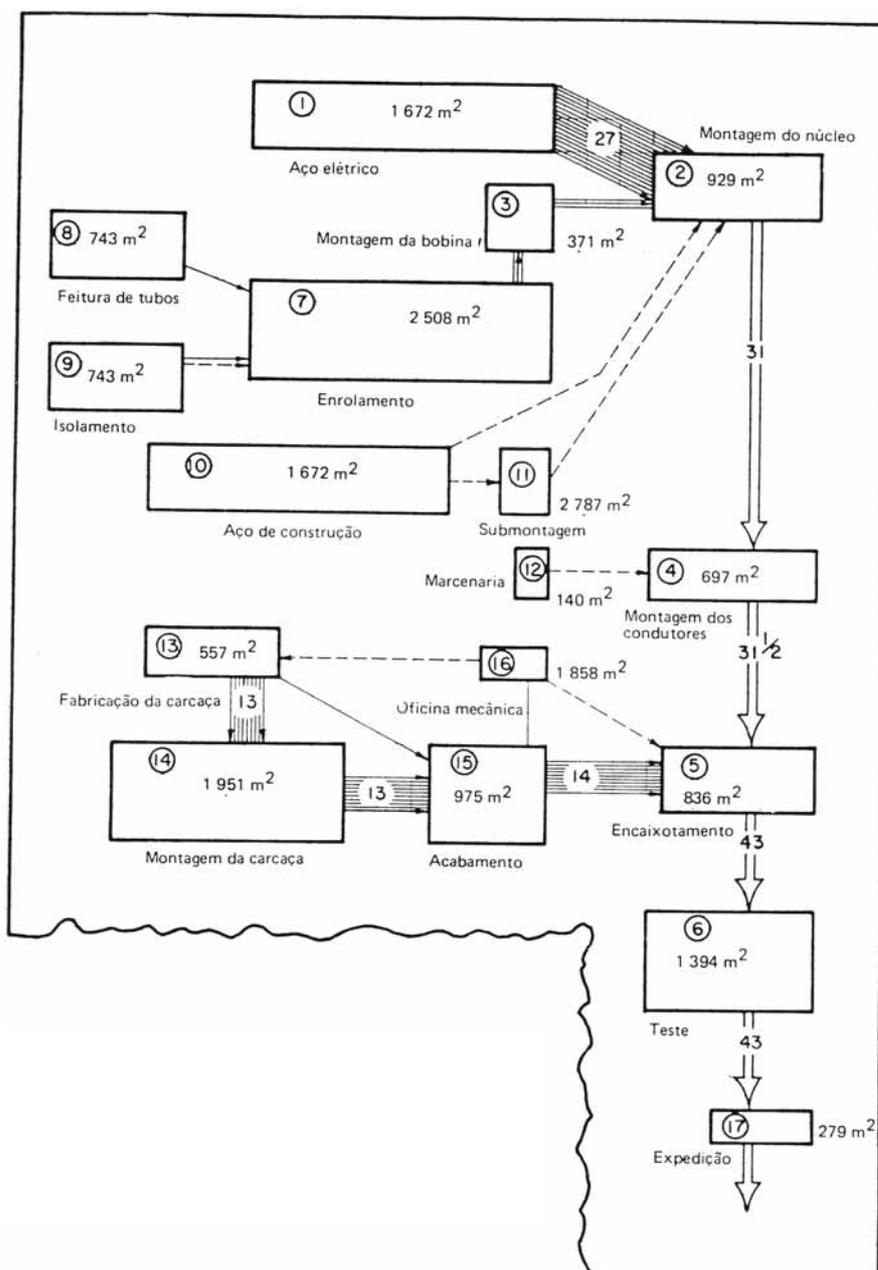


Figura 27: Diagrama de Inter-relações entre espaços (Adaptado de Muther, 1978)

Quando o diagrama de interligações entre espaços está arranjado e ajustado, deve-se registrá-lo, ou seja, identificar adequadamente o arranjo e datá-lo. O registro dessas várias alternativas do arranjo físico permitirá uma avaliação metodológica de cada uma das propostas por meio de comparação posterior de cada um dos desenhos que representam as várias alternativas de *layout*.

Tal comparação entre planos freqüentemente resulta na combinação das melhores características de cada alternativa em um novo *layout*. Este procedimento deve contar com o auxílio da alta administração, da chefia dos departamentos produtivos e do pessoal envolvido no projeto.

3.1.7 Considerações de mudanças e limitações práticas

Na adaptação do espaço ao diagrama, têm-se praticamente um *layout*. Provavelmente esse não será o melhor *layout* possível, já que não foram incorporadas muitas modificações ou limitações. Cada *layout* terá seu próprio conjunto de considerações de mudança, devido ao grande número de variações e da importância relativa de cada uma. Para fazer a avaliação de uma adaptação, utiliza-se a carta de procedimento universal de resolução de problemas, sendo este um método simples e básico de resolução de problemas.

No exemplo da Figura 28, pode-se observar como é resolvido um problema de considerações de mudança utilizando a carta de resolução de problemas.

CARTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	
Problema: Resolver o problema de estocagem do teto no chão da fábrica. Motivo: está gerando problemas de circulação.	Fábrica: Masa Ltda
Solicitante: Supervisor Kovas	Data: 25-Aug
Área/Depto.: Panelling	Analista: A. J. C.
1 - DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	
Realocar o estoque do teto para facilitar a circulação de pessoas e materiais, dentro do setor de montagem (Panelling)	
2 - ESTABELECIMENTO DOS FATOS	
a) Segundo a Logística o estoque está neste local por falta de espaço; b) Reclamação recebida pelo supervisor da Area em Junho/04; c) Custo de reparos no teto devido atrito com o chão R\$ 300,00/mês d) Custo de tempo perdido por deslocamentos desnecessários R\$ 200,00/mês; e) Perda de um posto de trabalho devido ao comprimento do teto próximo a linha de montagem R\$ 1000,00/mês.	
3 - REDEFINIÇÃO DOS FATOS	
Re-alocar o estoque para local mais adequado	
4 - ANÁLISE E DECISÃO	
a) A reclamação é procedente; b) Sem possibilidade de expandir a Fábrica ou área de logística; c) Construir um mezanino para estocá-lo R\$ 23.000,00; d) Adquirir equipamentos de segurança R\$ 380,00.	
5 - AÇÃO: O quê, quem, quando	
Fazer projeto para o mezanino - Adrian 15/07; Rever layout para incorporar o novo mezanino Adrian 31/07; Fabricar e montar novo mezanino - Machado 03/08; Rever com logistica nova sistemática de abastecimento - Krag 08/08; Iniciar a utilizar o mezanino como novo local de estoques para o teto - Kovas 09/08.	
6 - ACOMPANHAMENTO	
15/07 Adrian preparou uma carta circular para explicar o que seria feito para solucionar o problema; 31/07 Machado pegou aprovação com a gerência para a compra do material	
09/08 Krag, apresentou os planos para a nova sistemática de abastecimento dos tetos.	
09/08 Foi concluído o mezanino e sanado o problema.	

Figura 28: Carta de Resolução de Problemas (Adaptado de Muther, 1978)

A carta fornece um meio sistemático de analisar as considerações de mudança e de verificar as decisões tomadas para solucionar o problema. De qualquer forma, independentemente da maneira de como irá se resolver o problema de considerações de

mudanças, o que levará ao correto ajuste são as intensidades de fluxo e a distância percorrida do produto. O objetivo da carta está em estabelecer o custo e o tempo de operação para o cálculo das necessidades de capital.

As considerações que permitem desenvolvimento, projeto ou decisão são chamadas de considerações de mudança; as que ditam restrições ao planejamento são denominadas limitações práticas. Estas incluem restrições relativas a prédios já existentes, métodos de manuseio de materiais já implantados, sistemas de planejamento e controle das produções em vigor, entre outras. Seguramente, uma das mais importantes limitações é a questão da economia de custos e disponibilidade financeira para o investimento.

Por exemplo, em um determinado projeto de arranjo físico pode-se achar interessante a utilização de um sistema de transporte completamente automatizado e sincronizado. Entretanto, limitações práticas podem ser opor às vantagens de tal sistema: retorno sobre investimento, grande dependência de um único tipo de equipamento, problemas de fluxo de material que o sistema pode causar e outras limitações similares.

À medida que se comparam os prós e os contras de cada uma das alternativas, abandonam-se as possibilidades que se mostram fracas e continua-se somente com as alternativas aparentemente de valor prático. Essas alternativas serão então incorporadas aos vários ajustes do diagrama de inter-relações entre espaços e cada idéia auxiliará no desenvolvimento de um arranjo físico mais satisfatório. O próximo passo será decidir qual alternativa adotar para o arranjo final.

3.1.8 Seleção das Alternativas

Nesta etapa, busca-se determinar qual das alternativas candidatas será escolhida como *layout* a ser implantado. Para realizar essa seleção o método utilizado é o de listagem das vantagens. Esse sistema de prós e contras envolve apenas a listagem de todas as vantagens e desvantagens de cada alternativa. Essa simples comparação pode ser bastante efetiva, além de não consumir muito tempo para ser realizada. Um exemplo de como é feito a seleção de alternativas pode ser observado na Figura 29.

CARTA DE COMPARAÇÃO															
Descrição: Expansão da Fabricação p/ área de pintura															
Local: Setor 341	Data: 25/08														
Alternativa: "A"	Grupo: Suman														
Esboço do layout															
Descrição das Alterações															
1º Etapa = Demolir uma seção do mezanino	Manutenção														
2º Etapa = Demolir a parede e reconstruir	Fornecedor Externo														
3º Etapa = Movimentar um conjunto de secadores	Produção														
4º Etapa = Iniciar dois turnos e utilizar as novas instalações	Produção														
5º Etapa = Instalar pintura na nova área proposta	Fornecedor Externo														
6º Etapa = Reconstruir antiga seção do prédio	Fornecedor Externo														
7º Etapa = Mover pintura para as novas instalações	Fornecedor Externo														
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Vantagens</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Desvantagens</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. - Possibilidade de uso mais econômico do prédio</td> <td>1. - Demolição de uma seção do mezanino (estimativa: R\$ 12.000,00)</td> </tr> <tr> <td>2. - Economia de ferramentas</td> <td>2. - Demolição da parede</td> </tr> <tr> <td>3. - Possibilidade de fácil expansão</td> <td>3. - Remanejamento do setor de pintura (estimativa: R\$ 30.000,00)</td> </tr> <tr> <td>4. - Pode passar com facilidade ao sistema de um turno</td> <td>4. - Movimentação de um conjunto de secadores (estimativa: R\$ 15.000,00)</td> </tr> <tr> <td>5. - Amplo espaço para armazenamento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. - Mínimo cruzamento de fluxo</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Vantagens	Desvantagens	1. - Possibilidade de uso mais econômico do prédio	1. - Demolição de uma seção do mezanino (estimativa: R\$ 12.000,00)	2. - Economia de ferramentas	2. - Demolição da parede	3. - Possibilidade de fácil expansão	3. - Remanejamento do setor de pintura (estimativa: R\$ 30.000,00)	4. - Pode passar com facilidade ao sistema de um turno	4. - Movimentação de um conjunto de secadores (estimativa: R\$ 15.000,00)	5. - Amplo espaço para armazenamento		6. - Mínimo cruzamento de fluxo	
Vantagens	Desvantagens														
1. - Possibilidade de uso mais econômico do prédio	1. - Demolição de uma seção do mezanino (estimativa: R\$ 12.000,00)														
2. - Economia de ferramentas	2. - Demolição da parede														
3. - Possibilidade de fácil expansão	3. - Remanejamento do setor de pintura (estimativa: R\$ 30.000,00)														
4. - Pode passar com facilidade ao sistema de um turno	4. - Movimentação de um conjunto de secadores (estimativa: R\$ 15.000,00)														
5. - Amplo espaço para armazenamento															
6. - Mínimo cruzamento de fluxo															

Figura 29: Carta de Comparação das vantagens e desvantagens (Adaptado de Muther, 1978)

Quando mais pessoas interessadas são convidadas a tomar parte na avaliação das alternativas, se obtêm diversas vantagens. A participação neste estágio do estabelecimento das inter-relações e das necessidades de espaço traz para as consultas e discussões as pessoas que

estão realmente interessadas em que o projeto seja um sucesso, além de facilitar a aprovação e execução das mudanças já que as partes envolvidas estavam cientes das propostas.

Para conseguir que o projeto seja aprovado, pode-se seguir diferentes métodos, os quais dependem da natureza do projeto, da empresa e da espécie de aprovação que se deseja. Em geral, a obtenção de aprovação para o arranjo físico envolve: (i) rever o plano com as pessoas envolvidas, (ii) preparar uma apresentação clara e precisa das proposições, (iii) providenciar um sumário ou sinopse do desenvolvimento do projeto que foi sugerida ao usar a metodologia SLP, e (iv) preparar um roteiro oral ou escrito da apresentação, cujo objetivo específico será a obtenção de aprovação e a alocação das despesas.

Completa-se a metodologia do SLP quando o arranjo físico recebe aprovação. Na fase de implantação tem-se novamente a oportunidade para introduzir novas melhorias e modificações, tais como reparar, pintar e reformar os equipamentos, e reparar pisos, paredes, tetos, entre outras modificações.

De um modo geral, a instalação deverá ser feita em período de recesso de produção ou quando estão ocorrendo mudanças no produto, processo ou equipamento, o que auxiliará a evitar interrupções na entrega de produtos, perdas de tempo de produção e efeitos psicosociais negativos nos operários. Será difícil encontrar um período que evite todos esses problemas; de qualquer forma, a instalação deverá ser feita de forma a trazer o menor prejuízo possível à programação da produção. Como sugestão, as mudanças poderão ser feitas durante fins de semana, feriados, férias ou em épocas em que a produção seja tradicionalmente baixa.

4 RESULTADOS

4.1 Aplicação do SLP em um Processo de montagem de carrocerias para ônibus

Neste capítulo são apresentados os resultados da aplicação do SLP no *layout* de um processo de pintura em uma indústria montadora de carrocerias de ônibus. O capítulo é dividido nos seguintes itens:

a) Ambiente onde é realizado o estudo de caso – neste item, é apresentada a empresa, dados gerais de identificação, linha de produtos, caracterização dos tipos de produtos, mercados de atuação, unidades fabris, sistema de gestão da manufatura da empresa, caracterização macro da gestão da engenharia de processo e o macro fluxo da linha de produção;

b) Desenvolvimento da pesquisa – comentam-se as ações realizadas em cada uma das etapas que caracterizam a pesquisa-ação e que foram realizadas para alcançar os objetivos desejados nesta dissertação. Também neste item é apresentado um exemplo prático de análise de um processo de montagem de carroceria de ônibus e descrita a utilização da técnica do estudo do trabalho, realizada em uma das linhas de montagem do processo produtivo. A idéia é analisar a linha de montagem como forma de demonstrar a viabilidade de uso do SLP;

c) Perdas identificadas e sugestões de melhoria – neste item, é dada uma importância especial às perdas identificadas na análise do processo e linha de montagem. Nesse contexto, perdas encontradas são descritas e melhorias são sugeridas.

Conforme mencionado anteriormente, este trabalho de conclusão caracteriza-se como sendo do tipo pesquisa-ação, onde procura-se buscar a solução para os problemas observados e suas ações cabíveis, também nesse contexto aparece como sendo um estudo de caso. Na Figura 30, encontram-se as etapas da pesquisa-ação relacionadas com as fases do estudo de caso.

	Pesquisa-ação	Estudo de Caso
Etapa Exploratória	Buscar informações sobre o assunto e local abordado de pesquisa	Coletar dados do processo produtivo
Etapa Principal	Medir resultados alcançados com o método atual e aplicações sugeridas	Análise dos dados coletados e aplicação de técnica pesquisada
Etapa Ação	Operacionalização das ações de melhorias sugeridas	Elaboração de sugestões alternativas e execução prática da proposta
Etapa Avaliação	Avaliar conhecimento adquirido nas etapas e conclusões realizadas	Conclusões alcançadas na implantação da proposta e considerações

Figura 30: Relação da pesquisa-ação e estudo de caso (Adaptado de Souto, 2000)

Para facilitar a execução dos trabalhos na empresa analisada, uma mesma sistemática foi desenvolvida e utilizada em cada um dos trabalhos práticos elaborados. A sistemática utilizada resume-se em: (i) escolher uma equipe para a realização do trabalho prático, com participantes dos setores de engenharia de processo, qualidade, segurança, controle de materiais e pessoas do próprio setor onde seria realizado o trabalho, bem como de áreas de apoio (tais como manutenção, recursos humanos e treinamento); (ii) reunir a equipe todas as semanas para apresentar o que seria realizado, técnicas a serem utilizadas e verificar o que o grupo já conhecia a respeito do assunto; (iii) despertar o interesse da equipe em relação à elaboração do trabalho; (iv) treinar a equipe para o uso das técnicas a serem utilizadas; (v) montar um cronograma de atividades; (vi) realizar os trabalhos; e (vii) apresentar os resultados em uma reunião de fechamento de projeto.

4.2 Descrição da empresa

A razão social da empresa onde é realizado o estudo de caso é Marcopolo S/A. Suas atividades iniciaram em 06 de agosto de 1949, em Caxias do Sul - RS. O principal ramo de atividade é a fabricação e montagem de carrocerias para ônibus. A Marcopolo é a maior empresa montadora de carrocerias para ônibus do Brasil, atuando nos ramos de transporte coletivo urbano e rodoviário. O ramo de transporte urbano define-se como sendo aquele utilizado para movimentação de pessoas dentro das cidades, entre os centros e as periferias e vice-versa. Já o transporte rodoviário define-se como sendo aquele utilizado para movimentação de pessoas entre cidades, estados e países.

As linhas de produtos Marcopolo são as seguintes:

a) Série Viaggio (rodoviário): produtos econômicos, com capacidade em torno de 49 passageiros e opcionais, como sanitário e ar condicionado;

b) Série Paradiso e Multego (rodoviário): produtos de alto nível e conforto, com capacidade em torno de 57 passageiros e opcionais como sanitário e ar condicionado;

c) Série Torino, Articulado, Bi-articulado e Viale (urbano): produtos de alta agilidade e resistência, ideal para centros urbanos, com capacidade de 46 até 240 passageiros, com opção de ar-condicionado; e

d) Série Sênior (micro-ônibus): produtos versáteis, adaptáveis a qualquer tipo de necessidade e padrão de funcionalidade.

Estes tipos de carrocerias são produzidos em unidades e/ou em lotes com características próprias e facilmente identificadas. Também podem ser classificados como bens duráveis, atendendo às necessidades terciárias dos clientes e usuários, podendo atender níveis mais elevados de exigência e conforto.

O processo industrial está estruturado para atender às características de fabricação e montagem das carrocerias desenvolvidas, atendendo às especificações técnicas e às necessidades dos clientes. O objetivo é atender a demanda de mercado; com essa finalidade os produtos da Marcopolo são desenvolvidos e fabricados segundo as seguintes concepções: (i) unidades prontas totalmente montadas - *Complete Built Units* (CBU); (ii) unidades parcialmente desmontadas - *Semi Knock Down* (SKD); (iii) unidades totalmente desmontadas - *Complete Knock Down* (CKD); e (iv) unidades semi-prontas, sem o chassi - *Partial Knock Down* (PKD).

Estas unidades são desenvolvidas para atender aos mercados nacional e internacional. Os produtos são constantemente aprimorados e novas gerações são desenvolvidas para suprir as necessidades de mercado identificadas, usando-se novos materiais e tecnologias de ponta. A empresa consolidou ao longo do tempo um estilo de produto personalizado, definindo um referencial de marca, forma e *design*, o que possibilita aos clientes Marcopolo uma gama variada de produtos.

Os produtos Marcopolo são comercializados no Brasil e no exterior por uma rede de filiais, representantes e agentes de venda, oferecendo aos clientes assistência técnica e serviço de pós-venda, e isto a partir de um treinamento operacional especializado aos seus funcionários. O diversificado número de produtos desenvolvidos ao longo dos anos vem

possibilitando a Marcopolo apresentar crescimento na sua participação de 48,9% para 57,2% entre os fabricantes brasileiros associados a FABUS no ano de 2003.

O grupo Marcopolo S/A está formado por nove unidades fabris, capazes de produzir de 45 a 60 carrocerias/dia. As plantas fabris estão localizadas no Brasil, Portugal, Argentina, México, Colômbia e África do Sul.

4.2.1 Sistema de gestão da manufatura da Marcopolo

Como uma empresa líder de mercado, a Marcopolo tem procurado ao longo do tempo desenvolver técnicas e ferramentas de gestão capazes de contribuir para o crescimento dos colaboradores, clientes e fornecedores. A empresa está implementando, desde o ano de 1986, um sistema integrado de gestão da manufatura denominado Sistema Integrado Marcopolo de Produção Solidária (SIMPS). O SIMPS se fundamenta na filosofia de gestão japonesa *just-in-time*, caracterizando uma estratégia de competição voltada para o crescimento industrial, liderança de mercado, produtividade, qualidade, melhoria do ambiente de trabalho e rentabilidade dos produtos e serviços. A Figura 31 apresenta de forma esquemática os elementos constituintes deste sistema de gestão e sua interação.



Figura 31: Sistema Marcopolo de Produção Solidária (SIMPS)

Os objetivos do SIMPS são:

- a) manter sincronismo no processo produtivo, através da interligação e interdependência de todos os processos da empresa;
- b) eliminar perdas que não agregam valor ao produto, como estoques, retrabalhos, desperdícios de materiais, movimentação, tempo de espera e peças defeituosas;
- c) evitar interrupções no fluxo de trabalho como troca de ferramentas, realizando autocontrole da execução das tarefas administrativas e produtivas, melhorando a organização geral do local de trabalho, implementando programas de manutenção e facilitando o acesso a material disponível em todas as áreas e a informações corretas;
- d) aumentar a produtividade, tornando a empresa flexível e ágil através de capacitação da força de trabalho, polivalência, disposição de máquinas e equipamentos de acordo com o fluxo de trabalho, e racionalizando a movimentação;
- e) simplificar o processo produtivo através de informação padronizada acessível e clara, padronização das atividades e definição lógica da seqüência das operações de montagem;
- f) trazer melhorias contínuas através de times de trabalho, difusão de técnicas administrativas e de tendências de mercado;
- g) desenvolver e aprimorar times de trabalho no comprometimento com a empresa, responsabilidades definidas, treinamentos específicos, desenvolvimento social, cultural e econômico;
- h) aumentar a competitividade no mercado, oferecendo produtos e serviços de maior valor agregado, realizando treinamentos adequados ao uso dos produtos, fortalecendo a marca, atendendo ao mercado com velocidade e personalização aos clientes; e
- i) aproximar os fornecedores da fábrica através de entrega direta nas linhas de montagem, desenvolvimentos simultâneos, divulgação da filosofia do SIMPS e participação no planejamento e execução das atividades (pró-atividade).

4.2.2 Caracterização macro da gestão da engenharia de processo da Marcopolo

As atividades desenvolvidas pela engenharia de processo estão vinculadas ao planejamento estratégico da Marcopolo, priorizando ações que objetivam: a viabilidade de implantação de novos projetos e a sua sustentabilidade de fabricação e montagem, o

desenvolvimento de melhorias e alterações otimizando o processo produtivo, o monitoramento constante dos indicadores de desempenho para encontrar possíveis focos de racionalizações, reduções de custo e melhoria da qualidade. O departamento da engenharia de processo da empresa está estruturada conforme mostra a Figura 32.

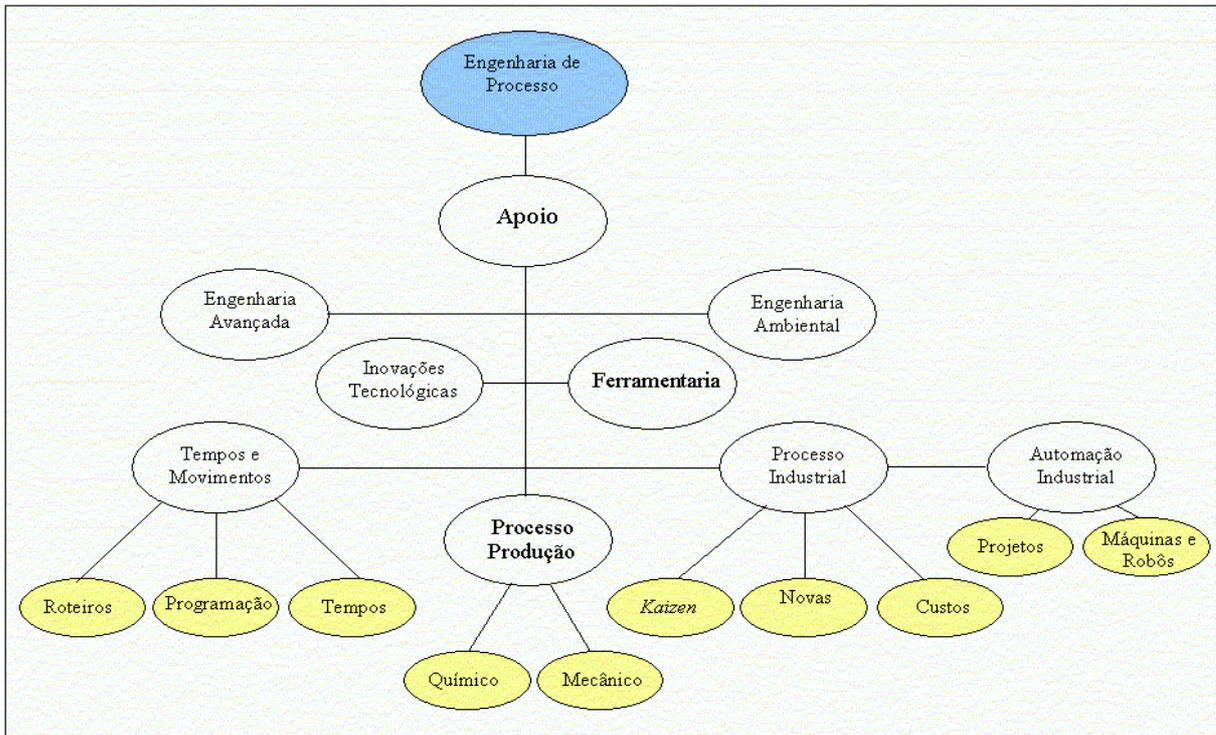


Figura 32: Estrutura da engenharia de Processo (Marcopolo, 2004)

A macro estrutura da engenharia de processo está dividida nos seguintes processos e atividades:

a) processos mecânicos – este é responsável por acompanhar e auxiliar a fabricação e montagem dos produtos protótipos, definir os processos de montagem na linha de produção, fazer as transferências das atividades entre setores, conforme a necessidade do produto, comprar máquinas de pequeno porte e testar a viabilidade de novas ferramentas;

b) processos químicos – é responsável por desenvolver tecnologias alternativas para produtos e processos químicos, racionalizar processos e elaborar descritivos operacionais para a utilização dos produtos químicos;

c) tempos e movimentos – cabe a este setor fazer o dimensionamento de mão-de-obra, executar e analisar o cálculo da produtividade, cronometrar os tempos de fabricação e montagem, elaborar os roteiros de fabricação e programar as máquinas automatizadas CNC;

d) engenharia ambiental - esta é responsável pela adequação da empresa à legislação vigente e relações com os órgãos públicos de controle, pelo tratamento e as análises dos efluentes líquidos e destinação dos resíduos sólidos industriais, pelo monitoramento e identificação do desperdício dos materiais, pela procura de tecnologias limpas e reuso de materiais no produto ou processo produtivo;

e) automação industrial e ferramentaria – responsáveis pela criação, fabricação e montagem de máquinas especiais, gabaritos, ferramentas, além de também dar suporte para a montagem e assistência aos sistemas de robótica;

f) engenharia avançada - tem como finalidade desenvolver sistemas de desenhos bi e tridimensionais integrados com o banco de dados corporativo da empresa, pela elaboração dos *designers* das superfícies complexas, pela programação de máquinas automatizadas e engenharia reversa;

g) *kaizen* – tem como objetivo a melhoria contínua dos processos existentes utilizando ferramentas de gestão (como 5S, TPM e *Kanban*, entre outras), alterações de *layout* e o desenvolvimento de novos projetos.

4.2.3 Linha de montagem de ônibus da empresa analisada

Como o assunto no estudo de caso diz respeito ao processo produtivo de uma linha de montagem de ônibus, os principais aspectos relacionados a sua elaboração são analisados nesta seção. São eles: o macro fluxo da linha, máquinas e equipamentos utilizados, a mão-de-obra, o *lead time* e o sistema de inspeção.

O *macro fluxo da linha de montagem* pode ser visualizado na Figura 33 e será também apresentado em tamanho maior no Anexo A. A linha de montagem é composta por dois setores que executam as atividades de montagem da parte estrutural da carroceria, um setor de pintura e outros dois setores responsáveis pela montagem de acabamento final do ônibus.

Existe ainda para auxiliar nestas atividades o setor de fabricação, que tem como finalidade abastecer componentes e/ou conjuntos montados para os setores através do sistema *just-in-time*. Ambos os setores na linha de montagem possuem quatro postos de trabalho em duas linhas que executam as mesmas atividades. Tais atividades estão agrupadas de acordo com o balanceamento de linha elaborado pelo departamento de engenharia.

A linha de montagem de ônibus analisada é similar a todas as demais linhas de montagem existentes nas outras unidades do grupo Marcopolo. A direção da empresa definiu que, a linha deve possuir um *tack time* de aproximadamente quatro horas e vinte minutos em um turno de trabalho de 8,8 horas/dia. O avanço da linha é feito manualmente, através do controle e o andamento das atividades supervisionado pelo supervisor ou líder da área. Devido à destreza dos operários no período de montagem dos componentes do ônibus o avanço da linha, muitas vezes sofre oscilações que variam significativamente.

Os diferentes tipos de *máquinas e equipamentos* utilizados ao longo da linha de montagem são compostos por: ponte rolante, cabines de pintura, estufas, máquinas de solda, gabaritos, régua, furadeiras pneumáticas, rebidadeiras, parafusadeiras, dispositivos de fixação à vácuo, entre outras. Uma grande quantidade desses dispositivos são desenvolvidos especificamente para cada tipo e modelo de produto, e podem ainda ser ajustados ergonomicamente aos seus operadores. A empresa utiliza um sistema de manutenção preventiva para assegurar o funcionamento e durabilidade de suas ferramentas. Além disso, todos os colaboradores da linha de produção são treinados para realizar a lubrificação e o ajuste de pequenos reparos em suas ferramentas.

No que diz respeito à *mão-de-obra*, na linha de produção da empresa analisada trabalham aproximadamente 200 funcionários, 6 dos quais sendo supervisores. Existem também funcionários especializados em suas áreas que são treinados para auxiliar na montagem de qualquer atividade dentro da linha de montagem. A mão-de-obra é incentivada a melhorar seu desempenho através de um sistema de participação nos lucros da empresa. O sistema de prêmio salarial leva em consideração a produtividade, a qualidade do produto, as faltas ao trabalho, os desperdícios e a incidência de acidentes no trabalho.

O *lead time* do processo de montagem da carroceria de ônibus varia entre os diversos modelos de produtos e depende geralmente de várias especificações definidas e exigidas pelo cliente desde o início até o final do processo produtivo. Para tanto, definir exatamente um *lead time* é uma tarefa difícil, sendo que, a grande maioria dos produtos são elaborados de acordo com as necessidades individuais de cada cliente. Por exemplo, podem conter no pedido do ônibus: ar condicionado, calefação, sanitária, som, vídeo, entre outros.

Além de um *sistema de inspeção* que verifica 100% dos produtos no final da linha de montagem, existem 4 postos que executam verificações para garantir que o produto siga o fluxo de produção com a qualidade exigida pela empresa. A maioria dos ônibus possui um

checklist de não-conformidades no final do processo produtivo. No entanto, normalmente poucos ajustes são necessários para tornar o produto conforme.

4.3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O caso prático apresentado neste trabalho de conclusão caracteriza-se por uma grande interação entre o autor do trabalho e a equipe de funcionários, supervisores e técnicos da empresa analisada. A proposta de aplicação de conceitos do SLP e os passos seguidos no desenvolvimento deste estudo o caracterizam como sendo do tipo pesquisa-ação.

Conforme mencionado no Capítulo 1, o objetivo da pesquisa-ação é integrar a observação e a ação. Para que isso seja alcançado, é necessário uma cumplicidade entre o pesquisador e a equipe de trabalho, objetivando a busca de soluções para os problemas observados.

4.3.1 Aplicação dos passos metodológicos do SLP no setor de pintura

Os passos a seguir estão relacionados com a seqüência apresentada no diagrama de procedimentos do SLP, desenvolvido por Muther (1978). A seqüência inicia-se pela fase de análise, que compreende analisar a coleta dos dados de entrada, o fluxo de linha, as inter-relações de atividades, o diagrama de inter-relações, o espaço necessário e o disponível. Na seqüência, tem-se a fase de pesquisa, que engloba o diagrama de inter-relações de espaço, considerações de mudanças e limitações práticas. Por fim, tem-se a fase de seleção, que abrange a avaliação do plano selecionado.

No presente estudo, a fase de análise teve início com a coleta de dados de entrada buscando informações relativas ao setor de pintura e pelo contato inicial entre o pesquisador e os membros da organização onde a pesquisa é realizada, objetivando a detecção de problemas e possibilidades de ação.

4.3.2 Coleta de dados de entrada

Esta etapa caracterizou-se pela realização de várias reuniões. A primeira reunião aconteceu na primeira semana de novembro de 2003, com a presença da direção da empresa e

foram apresentados os objetivos pretendidos neste trabalho. Também foram realizadas diversas reuniões com a equipe criada para acompanhar cada uma das atividades práticas do estudo de caso (análise do *layout* existente, análise do fluxo de linha, identificação das perdas no processo produtivo e nas operações). Nessas reuniões informava-se a todos os participantes o assunto em questão e eram discutidos os problemas e as possibilidades de solução. Vários técnicos que não participavam da equipe foram consultados. Fornecedores externos também foram consultados objetivando obter o máximo de informações pertinentes, bem como o melhor custo-benefício e tempo de execução.

O atual *layout* do setor de pintura é resultante da prática do dia a dia, adaptado após a aquisição de um pavilhão, através da utilização dos equipamentos existentes dentro da planta fabril no ano de 2002. O aumento da produção fez surgir alguns problemas, como o uso mal dimensionado do espaço disponível, o posicionamento inadequado de alguns equipamentos e as dimensões ora exageradas ora exíguas de alguns sub-setores. O setor analisado foi identificado pela direção da empresa como sendo o gargalo do processo produtivo e o contaminador do ambiente da fábrica, por executar atividades de lixamento numa área não confinada e por não possuir um sistema de exaustão adequado. A mudança de *layout* no setor de pintura ocorreu em função de vários fatores e objetivos, entre eles: necessidade de adaptações e melhorias no processo produtivo e no ambiente da fábrica, melhoria na eficiência do setor e redução de perdas existentes no processo produtivo e aumento de sua capacidade produtiva.

O primeiro passo para as realizações das propostas de *layouts* foi o entendimento de como o *layout* atual funcionava. Também foi elaborado pelo grupo um cronograma com o plano de ação e todos os itens que deveriam ser observados e melhorados dentro da área. Isto não só auxilia na identificação de problemas operacionais, como também na visualização de restrições às modificações, como paredes, colunas e equipamentos fixos. O cronograma desenvolvido pelo grupo para o setor de pintura, junto com o plano de ação, pode ser encontrado no Anexo B.

Na coleta dos dados de entrada, um estudo extensivo foi realizado no atual *layout* do setor de pintura para desenvolver uma lista completa dos equipamentos e sua exata localização. Isto inclui a tomada de medidas de cada elemento, como equipamentos, áreas de trabalho, corredores, acessos e paredes. Para elaborar essa tomada de medidas, utilizou-se o *software* Autocad. O resultado pode ser encontrado no Anexo C.

A seguir, apresentam-se os principais tópicos e os itens estudados durante a coleta de dados para o processo de mudança e implantação do *layout*

a) Volume de produção e variedade de produtos

Para verificar o volume de produção e variedade de produtos, o trabalho foi realizado com o uso da Tabela 1 – Relatório de Produção Mensal de Ônibus de 2003, que retrata o *mix* de produtos e as quantidades produzidas no período de 2003.

Tabela 1: Relatório de Produção Mensal de Ônibus de 2003

RELATÓRIO DE PRODUÇÃO MENSAL DE ÔNIBUS -2003 (MASA)														
Models	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total	Perc.%
Andare F94	-	-	15	15	-	-	15	5	-	12	28	8	98	25%
Andare K94	-	2	-	-	5	-	4	-	1	9	-	-	21	5%
Andare B7R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	1%
Semi-lux	-	3	2	5	1	-	2	3	4	1	2	3	26	7%
Rural	-	1	-	-	5	5	-	-	-	-	-	4	15	4%
Torino OF1722	29	20	-	-	-	-	-	15	8	32	-	5	109	28%
Torino B7R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	1%
Torino F94	-	-	-	-	12	22	7	8	45	1	4	6	105	27%
Torino Artic.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6	9	2%
TOTAL	29	26	17	20	23	27	28	31	58	55	47	32	393	100%
Meta	21	21	21	21	21	21	40	40	40	40	40	40	366	

Fonte: Marcopolo, 2003

Para ilustrar o relatório, utilizou-se a Figura 34 contendo a produção mensal de ônibus no ano de 2003 e a meta estipulada para o período.

Produção Mensal de ônibus - 2003 (MASA)

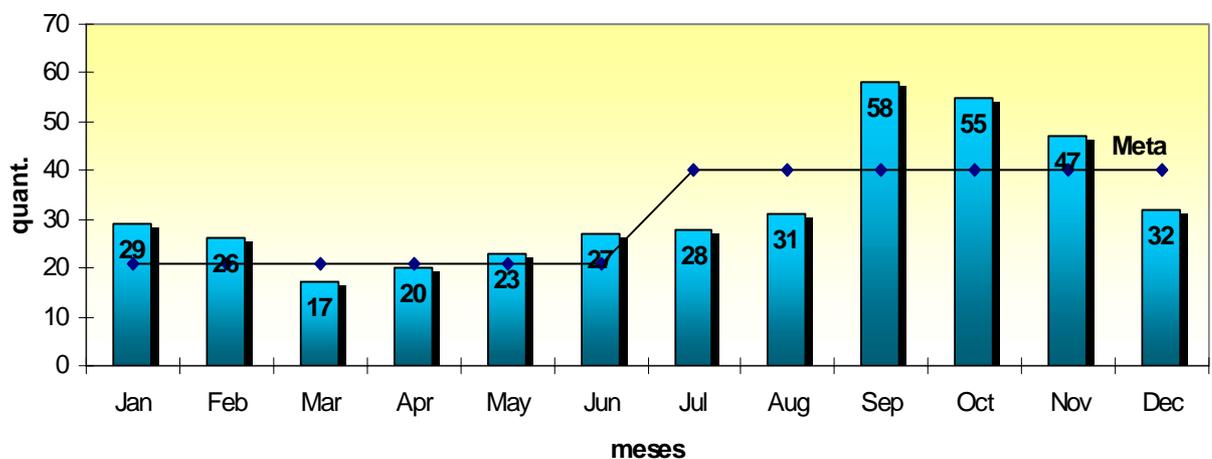


Figura 34: Produção Mensal de Ônibus (Empresa Marcopolo, 2003)

A meta estimada para o primeiro semestre do ano de 2003 foi de um ônibus diário. Isto se deve ao fato da empresa estar iniciando suas atividades em uma fábrica alugada e pelos funcionários não terem conhecimento ou contato com o produto ônibus. No segundo semestre a meta foi estipulada em dois ônibus por dia, conforme pode ser verificado na Figura 34.

Com o aumento da produção em 100% no segundo semestre do ano de 2003, o setor de pintura passou a ser considerado pela gerência o gargalo de produção da empresa. O setor de pintura, para manter os níveis de produção desejados, necessitou buscar ajuda de pessoas externas. A movimentação interna do setor tornou-se problemática e o tempo dispendido em movimentação aumentou, além dos constantes atrasos do ônibus para o setor subsequente, entre outros problemas.

b) Movimentação do produto

No intuito de identificar como é o trajeto do produto dentro da fábrica e para auxiliar na etapa seguinte (fluxo de linha), verificou-se as formas de movimentação utilizadas pela fábrica para o deslocamento do produto.

O principal método de movimentação do produto é através do uso de tratores, sendo que seguidamente utiliza-se a mão-de-obra do setor para pequenos deslocamentos do ônibus. Estes dois métodos de movimentação são comuns em toda a estrutura da empresa, não sendo exclusiva do setor da pintura, servindo tanto para a movimentação do produto entre postos de trabalho, como para o deslocamento do produto entre setores. Existe nesse processo um problema que é o uso coletivo do trator, ocasionando muitas vezes a espera e atraso no deslocamento do ônibus para o próximo posto de trabalho ou entre setores.

O sistema de deslocamento do ônibus é ilustrado na Figura 35.



Figura 35: Deslocamento do ônibus com o auxílio do trator e colaboradores (Empresa Marcopolo)

c) Rotina de produção

No sentido de estabelecer padrões de fluxo de linha, a rotina de produção deve ser estabelecida e analisada.

O fluxo de produção para os diversos modelos de produto dentro da empresa é padronizado e as atividades de produção são descritas por posto de trabalho. O roteiro de produção pode ser analisado através das seqüências de atividades descritas por posto. Estas seqüências e atividades foram definidas pelo setor de engenharia e revisadas pelo grupo deste projeto. Na Tabela 2 pode-se verificar a seqüência das atividades, seus respectivos postos e os tempos de execução das atividades.

Tabela 2: Descrição e tempos das atividades no setor de Pintura

TEMPOS DO SETOR DE PINTURA 430 - MASA											
Station-1 Preparação p/ Primer			Station-3 Preparação p/ Pintura			Station-4 Pintura			Station-5 Liberação Final		
Código	Descrição da Atividade	Andare	Torino	Código	Descrição da Atividade	Andare	Torino	Código	Descrição da Atividade	Andare	Torino
913	PREPARACAO TRASEIRA PRIMEIRA PARTE	2,266	0,858	922	PREPARACAO TRASEIRA SEGUNDA PARTE	1,858	0,866				
914	PREPARACAO FRENTE PRIMEIRA PARTE	1,215	1,351	923	PREPARACAO FRENTE SEGUNDA PARTE	1,120	0,893				
915	PREPARACAO LATERAIS PRIMEIRA PARTE	3,183	1,025	924	PREPARACAO LATERAIS SEGUNDA PARTE	1,867	1,217				
916	PREPAR. TETO PRIMEIRA PARTE S/AR CONDICIONADO	1,071	1,192	925	PREPAR. TETO SEGUNDA PARTE S/AR CONDICIONADO	0,383	0,330				
918	FAZER ISOLAMENTO INTERNO	1,317	0,908	927	REVISAR PREPARACAO SEGUNDA PARTE	0,198	0,200				
921	PREPARACAO PARA O TRABALHO	0,289	0,219	366	COLAR LATERAIS	0,096	-				
2335	ISOLAR PORTINHOLAS LATERAIS NORMAIS	-	0,300	929	RETIRAR ISOLAMENTO INTERNO	0,284	0,432				
930	PREPARAR PRIMEIRA PARTE 1(UMA) PORTA 850 A 870	0,394	0,394	2796	PINTAR RODAS (DOIS EIXOS)	0,381	0,381				
2573	ISOLAR E PINTAR BAGAGEIRO	2,633	-	4434	LIMPAR E RETOCAR BAGAGEIROS	0,966	-				
2795	PREPARAR RODAS (DOIS EIXOS)	0,760	0,760	4484	PINTAR PRETO FRENTE, TRASEIRA E VAO DE RODA	2,050	1,599				
4197	PASSAR PEGA-PO NO CARRO	0,167	0,167	2596	PREPARAR SEGUNDA PARTE UMA PORTA	0,152	0,152				
4428	ISOLAR MOTOR LIMPADOR PARA BRISA	0,333	-	2510	ISOLAR TOMADA AR POR CIMA E DENTRO DO CARRO	0,282	0,282				
4490	ISOLAR CHAPELONA DIANTEIRA	0,366	0,366	2520	RETIRAR ISOLAMENTO TOMADA DE AR	0,112	0,112				
4491	ISOLAR CHICOTES DA FRENTE	0,116	0,116	2523	RETOCAR PINTURA TOMADA DE AR	0,200	0,200				
SUB-TOTAL		14,110	7,656	SUB-TOTAL		9,949	6,654				
Station-2 Aplicação do Primer			Station-4 Pintura			Station-5 Liberação Final			TOTAL DE TEMPOS PARA PINTAR O TORINO		
Código	Descrição da Atividade	Andare	Torino	Código	Descrição da Atividade	Andare	Torino	Código	Descrição da Atividade	Andare	Torino
928	APLICAR FUNDO (Primer)	0,798	0,582	4485	PINTAR COR BASE LISA	1,794	1,794				
955	TEMPO DE CURA DA APLICAÇÃO DO FUNDO	0,750	0,750	956	TEMPO DE CURA DA COR BASE LISA	0,750	0,750				
SUB-TOTAL		1,548	1,332	SUB-TOTAL		2,544	2,544				
SUB-TOTAL		5,156	7,148	SUB-TOTAL		11,030	3,050				
TOTAL DE TEMPOS PARA PINTAR O ANDARE		44,337		TOTAL DE TEMPOS PARA PINTAR O TORINO		36,364					

Para nivelar o conhecimento do grupo sobre como funciona o roteiro de produção do ônibus no setor de pintura, foi desenvolvido um memorial contendo a seqüência do processo.

A pintura do ônibus inicia sua operação com a limpeza da carroceria, usando-se para essa atividade panos e solvente. O objetivo é remover as gorduras e sujeiras de toda a superfície externa da carroceria. Posteriormente, isola-se a carroceria em áreas onde não vai haver pintura. Na seqüência são verificadas e eliminadas as imperfeições da superfície externa da carroceria, com o uso de massa *poliéster* e lixadas as partes que receberão a pintura de fundo para melhorar a ancoragem do *primer* (primeira cor aplicada na carroceria, que tem como função proporcionar uma melhor aderência da tinta na superfície externa da carroceria). Seguindo o processo, é aplicado o *primer*; após a sua aplicação, a carroceria é mantida dentro de uma estufa para secar a tinta. Após esse período de cura, lixa-se o *primer* e limpa-se novamente a carroceria, para melhorar a ancoragem da tinta de cor base. A cor base da carroceria é feita dentro de uma cabine de pintura (cor base é a cor predominante da carroceria). Na seqüência, isola-se a carroceria para a pintura dos desenhos, letreiros e faixas. Posteriormente, lixam-se as partes a serem repintadas e a carroceria volta para a cabine de pintura para receber as novas cores. O processo é repetido até serem pintadas todas as cores descritas no esquema de pintura, elaborado pela área comercial. Na seqüência, pinta-se também as rodas e as calotas do ônibus. Por fim, é retirado o isolamento da carroceria e revisa-se toda a pintura da carroceria para ver se a mesma está em condições satisfatórias e nos níveis de qualidade exigidos pela empresa.

4.3.3 Fluxo de Linha

Uma vez obtidas as seqüências de produção, o passo seguinte será a análise do fluxo de linha e da intensidade de movimentação do produto.

Devido à similaridade entre os modelos e as seqüências de produção entre os produtos no setor de pintura, a determinação da relação do fluxo de linha entre os postos de trabalho envolvidos é relativamente fácil: basicamente, a diferença de um modelo para o outro está no tempo das atividades, sendo que as seqüências das atividades no processo produtivo são as mesmas.

Com o objetivo de representar esquematicamente o processo de pintura do ônibus no setor de pintura e mostrar globalmente as etapas que constituem a ordem de execução das atividades, foi elaborada a carta de fluxo de processo. Essa carta pode ser vista na Figura 36.

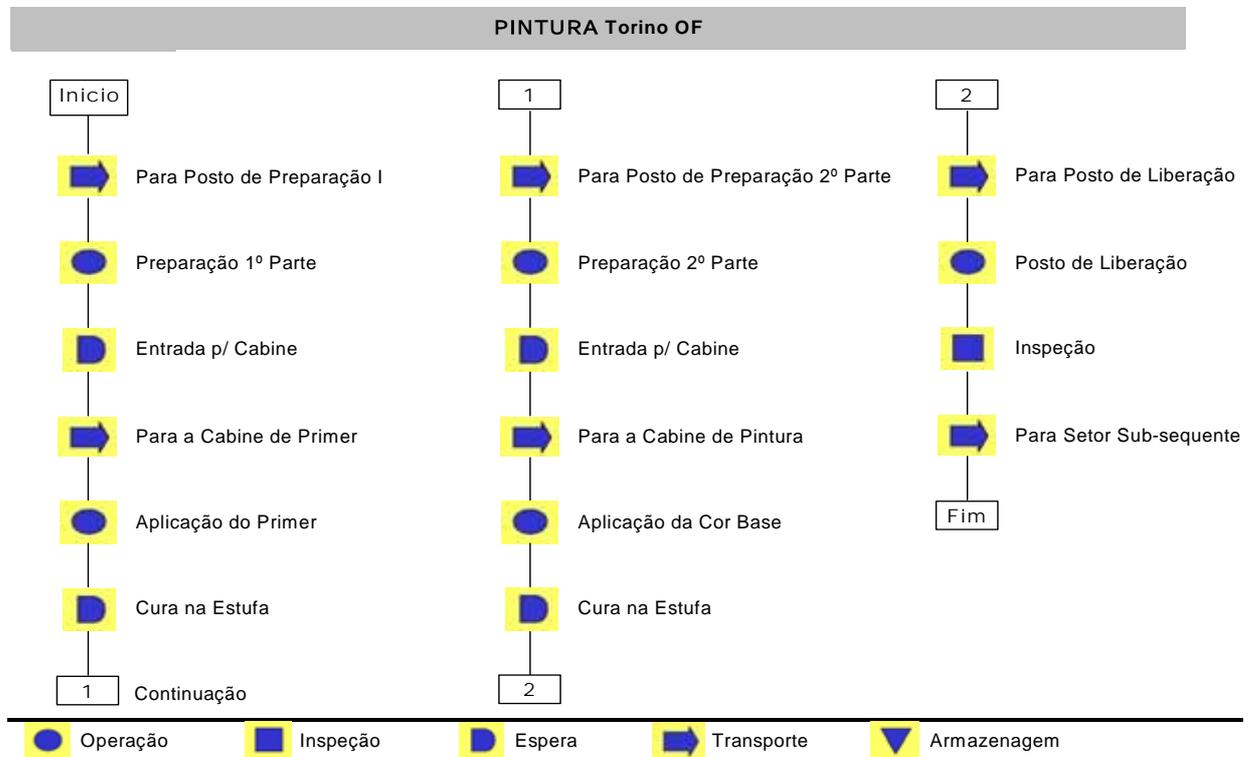


Figura 36: Carta de Fluxo de Processo do Setor de Pintura

Na seqüência do trabalho, elaborou-se o fluxo de linha. Este está baseado no modelo de ônibus que apresentou a maior porcentagem de produção no ano e considerado pela área comercial como o ônibus tendência para o ano de 2004. Trata-se, neste caso, do modelo de ônibus Torino OF1722.

A utilização do *software* Autocad na elaboração do *layout* atual do setor veio a auxiliar na determinação dos espaços de cada elemento, dos equipamentos, das áreas de trabalho, dos corredores, acessos e paredes. Devido a isso, o projeto não seguiu a correta seqüência de passos proposta pelo SLP e antecipou a etapa de inserção dos dados para a determinação dos espaços.

O fluxo de linha desenvolvido pode ser visto na Figura 37 e contém no Anexo D uma cópia ampliada.

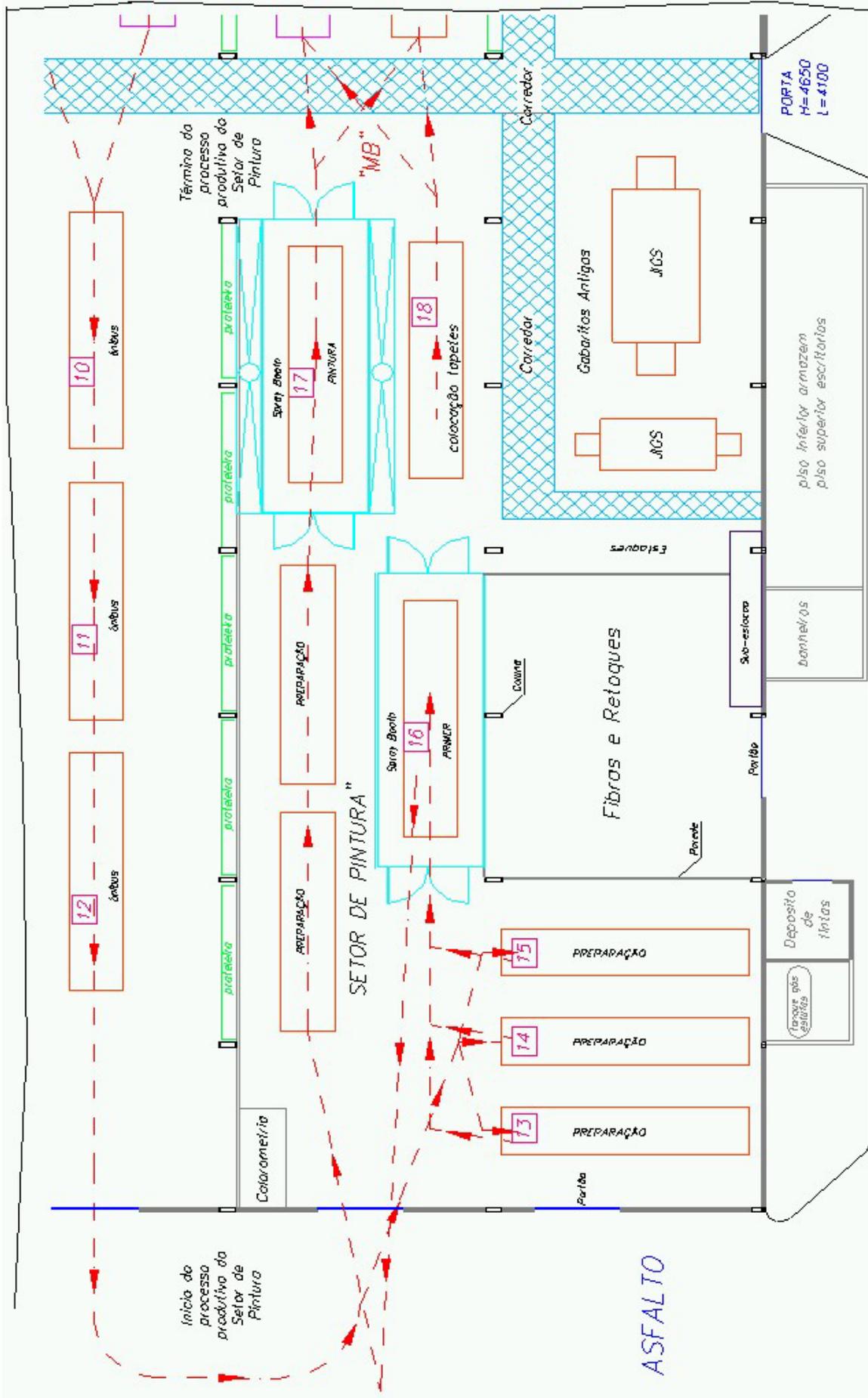


Figura 37: Fluxo de linha atual do Setor de pintura

Após a verificação do fluxo de linha no *layout* atual, iniciou-se um estudo para identificar o tempo dispendido com movimentações dentro do setor de pintura e o número de metros lineares percorrido pelo ônibus para concluir o processo de pintura. Esses dados são importantes para a comparação com propostas alternativas de *layouts* a serem desenvolvidas. Os valores estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Distâncias e tempos de movimentação do ônibus no processo de pintura

DISTÂNCIAS E TEMPOS DE MOVIMENTAÇÃO DO ÔNIBUS NO PROCESSO DE PINTURA			
POSTOS-ATIVIDADES	Média		OBSERVAÇÕES
	Distância (m)	Tempo (min.)	
Deslocamento para o Setor de pintura	73	11,0	Problemas com o uso compartilhado do trator
Deslocamento do Setor de pintura até a Preparação do ônibus	61	8,8	O ônibus só pode ser movimentado no processo, se o próximo ônibus não estiver no posto sub-sequente, caso contrário não há como
Deslocamento da Preparação do ônibus até a Cabine de Primer	72	10,3	Geralmente existe a espera pela movimentação pela dificuldade de movimentação e pelo fluxo confuso
Deslocamento da Cabine de Primer até o Posto de retoques e lixamento	191	13,5	O deslocamento só pode ser feito se o mesmo for retirado do setor de Pintura e manobrado externamente do pavilhão
Deslocamento do Posto de retoques e lixamento até a cabine de Pintura	70	8,6	Geralmente existe a espera pela movimentação pelo atraso do ônibus para o próximo setor
Deslocamento da cabine de Pintura até o próximo setor ou posto de inspeção	72	8,5	Problemas de pintura em função dos filtros estarem contaminados e emissão de poeiras no ar devido ao lixamento das fibras.
TOTAL	466	49,7	

Verificou-se ao final da análise que o ônibus, para concluir o processo de pintura, levaria 50 minutos e percorreria 466 metros lineares. Caso fosse utilizado o tempo em que o trator não estava disponível para fazer a movimentação naquele determinado momento (algo que não foi considerado quando da tomada de tempos), o tempo iria aumentar significativamente.

4.3.4 Inter-relações de Atividades

Nesta fase, os dados obtidos são discutidos entre o grupo participante e será estudado, mais detalhadamente, o relacionamento entre as áreas, observando quais postos ou áreas de suporte deveriam estar próximas, conforme sua necessidade e razão de preferência. Para tanto, usa-se a carta de inter-relações preferenciais. Essa carta, apresentada na Figura 38, mostra o cruzamento entre os postos e as atividades de suporte envolvidos no processo de pintura.

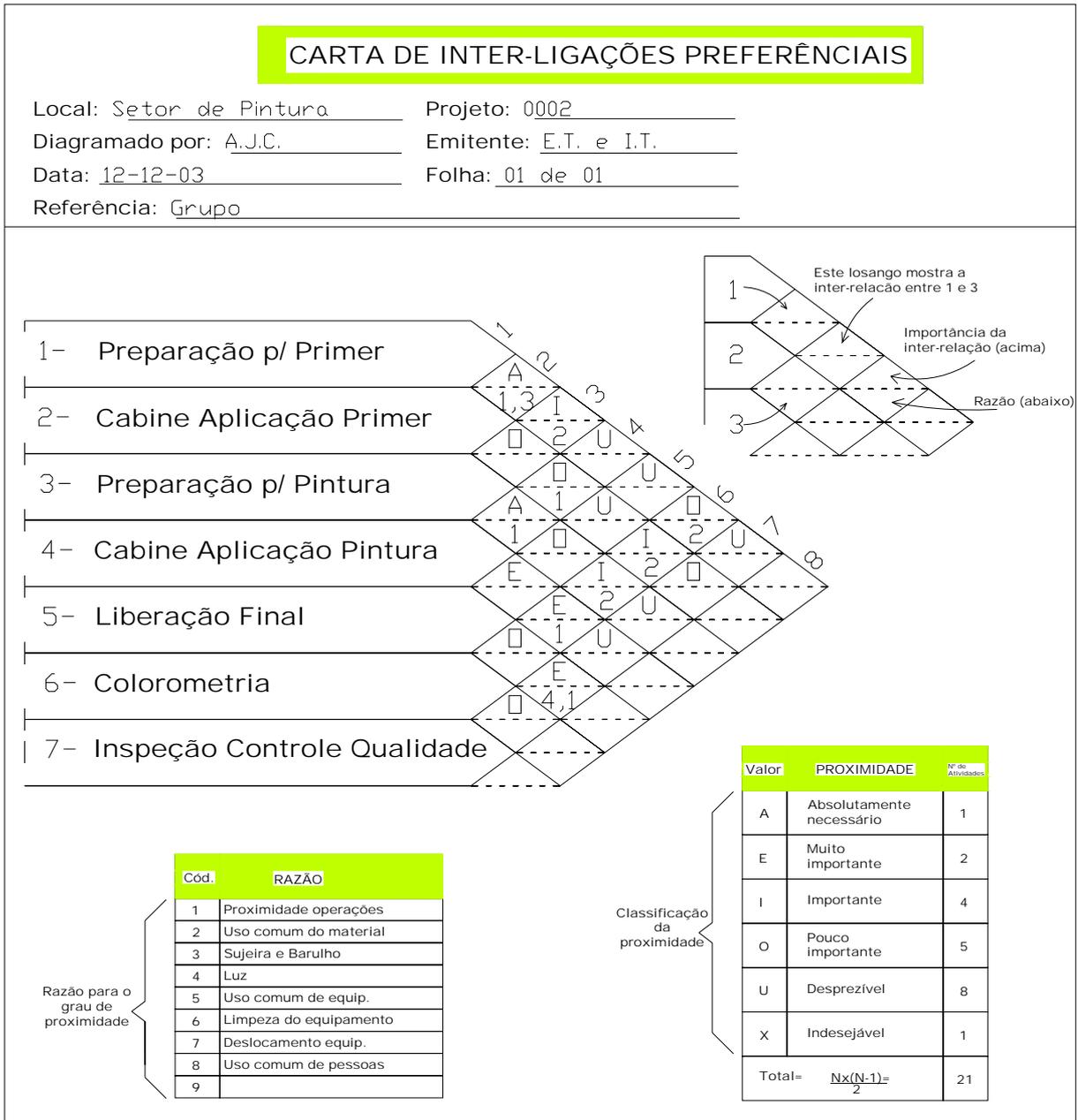


Figura 38: Carta de Inter-ligações Preferenciais do Setor de Pintura

Para determinar a interligação entre cada par de atividade e a razão de proximidade, o grupo analisou as interligações em conjunto. Após, reuniu-se com o supervisor e o líder da área e explicou suas conclusões, questionando a veracidade das informações expostas e, em comum acordo, revisando a relação e razão de proximidade das atividades.

De posse desses dados, pode-se compreender melhor a necessidade de algumas atividades estarem próximas e suas razões de proximidades dentro do setor. As principais necessidades identificadas pelo grupo vêm listadas a seguir:

i) a preparação de pintura deve estar perto ou em linha com a cabine de *primer*, pela proximidade de operações e redução de movimentação;

ii) o posto de liberação tem uma relação forte com a atividade de inspeção final, por serem as mesmas pessoas a executarem essas atividades de correção nos itens apontados pela área de apoio;

iii) a área de inspeção deve estar próxima da cabine de pintura, por possibilitar um controle mais efetivo da pintura e por estar próximo do local com a melhor iluminação para verificar irregularidades que podem ocorrer no processo ou produto;

iv) o posto de preparação para a pintura deve estar na saída da cabine de *primer* para agilizar o seu processo de execução e reduzir movimentações;

v) a colorimetria deve estar em um local onde não proporcione risco de incêndio e contaminação para o setor.

4.3.5 Diagrama de Fluxo

Para a determinação do diagrama de fluxo com base nos dados fornecidos pela carta de inter-relações de processo, o grupo optou pelo método de diagramar o fluxo diretamente sobre a planta baixa da fábrica. Isso possibilita verificar facilmente as inter-relações gerais existentes e permite a comparação do fluxo atual do arranjo físico com o que será proposto. A Figura 39 traz o fluxo mostrando os itens identificados pelo grupo que impedem a elaboração de um melhor arranjo físico e uma melhor movimentação.

As partes em amarelo no *layout* indicam as principais restrições apontadas pelo grupo, as quais dificultam a elaboração de novas propostas de *layout*. Por exemplo, a área da sub-estação está localizada dentro da área de pintura, o que ocasiona cuidados especiais caso exista a necessidade de sua permanência no local, visto que, as gerações de arcos elétricos podem ocasionar faíscas e aumentar o risco de incêndio no setor, outro item verificado, é o posicionamento de colunas no centro do setor, que dificultam a movimentação do produto, o deslocamento de equipamentos, entre outros.

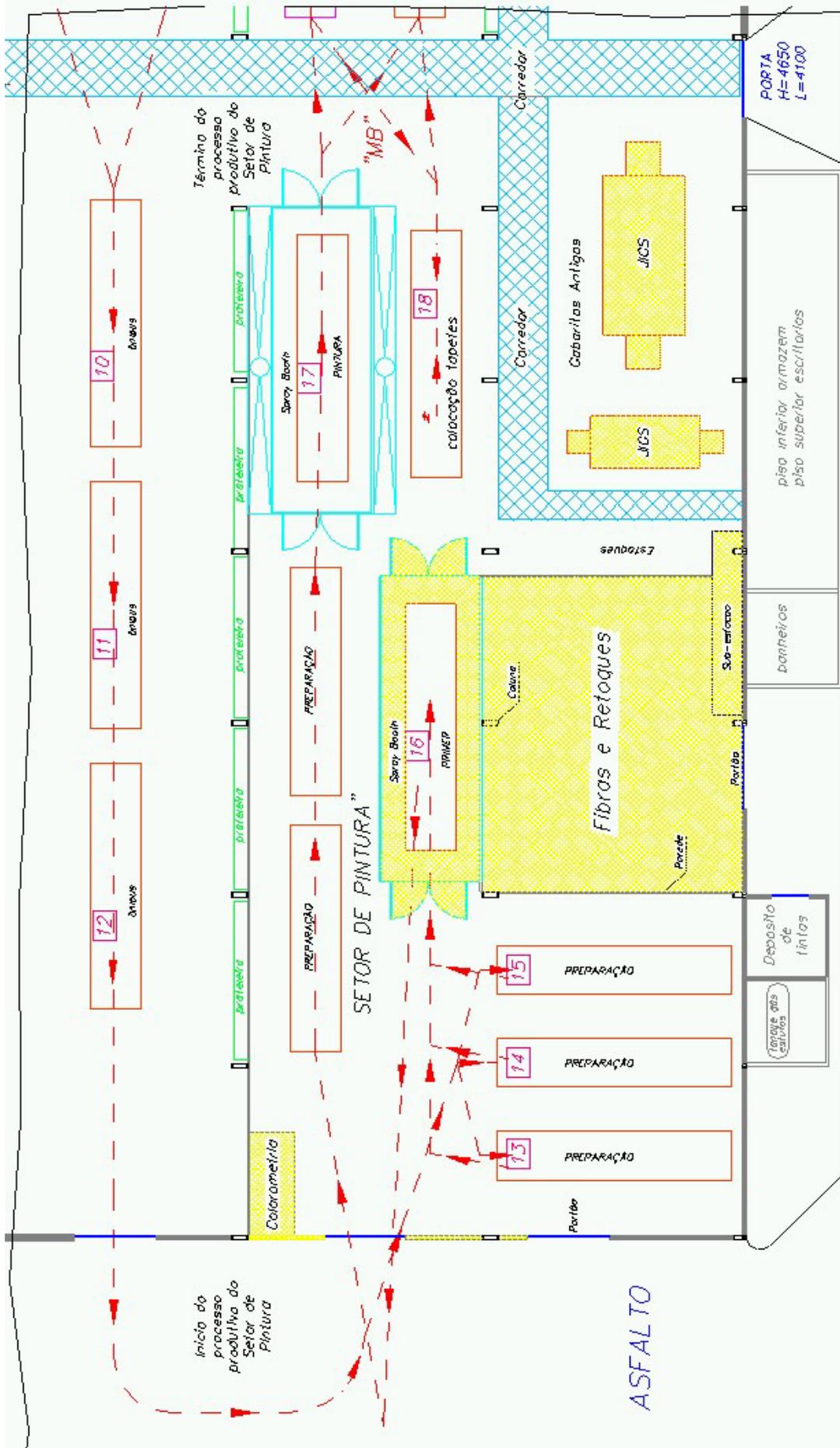


Figura 39: Fluxo de linha com restrições do Setor de pintura

No diagrama de fluxo, a meta consiste em reduzir as distâncias entre as atividades, integrando aquelas com necessidades similares e proporcionando ao setor um fluxo linear. Para elaborar o diagrama de fluxo, supõe-se que algumas tentativas devam ser elaboradas para estabelecer a melhor alternativa.

Após determinada a ordem de posicionamento dos postos de trabalho e atividades, duas alternativas de *layout* podem ser desenvolvidas: um planejamento restrito para o prédio já existente, levando em consideração as restrições do mesmo, ou um planejamento novo, onde o prédio existente e suas restrições não são levadas em consideração. Neste estudo, como não é de interesse da direção da empresa a médio prazo a construção de um novo prédio, optou-se pela primeira opção, a qual tenta melhorar o *layout* existente.

4.3.6 Determinação dos Espaços

A determinação das necessidades de espaço é talvez a etapa mais difícil no estudo de *layout* de uma planta. Não importando o método utilizado, a previsão de volumes futuros deve ser estabelecida antes do início dos cálculos. As áreas mínimas necessárias em cada posto de trabalho, no caso em estudo, estão descritas na Tabela 4. Estas áreas foram determinadas considerando o volume de produção estimado pelo departamento de vendas e pelo relatório anual de produção de 2003.

Tabela 4: Áreas mínimas necessárias para o processo de pintura

ÁREAS MÍNIMAS NECESSÁRIAS PARA O PROCESSO DE PINTURA		
POSTOS-ATIVIDADES	ÁREA (m ²)	OBSERVAÇÕES
Preparação para o Primer	216	Necessidade de área extra para manobrar com o trator
Cabine para aplicação do Primer	200	Considerando a área com as portas fechadas da cabine
Preparação para a Pintura	228	Necessidade de área extra para manobrar com o trator
Cabine para aplicação da Pintura	168	Considerando a área com as portas fechadas da cabine
Liberação Final e Inspeção	79	Considerando 01 carrinho e 01 andaime de cada lado do ônibus
Área de movimentação	352	Dificuldade na movimentação devido as colunas e obstáculos
TOTAL	1027	

Na determinação dos espaços será estabelecida a área necessária para cada uma das atividades desenvolvidas no setor de pintura. Esses espaços deverão ser adaptados ao

diagrama de fluxo, o que resultará no desenvolvimento de um diagrama de inter-relações entre espaço.

Para a determinação dos requisitos de espaços é importante que se identifique detalhadamente as máquinas e equipamentos envolvidos no projeto. Neste caso, utilizou-se os registros existente na empresa. A empresa, para inventariar o seu patrimônio, determina que equipamentos acima de R\$ 380,00 sejam contabilizados e recebam uma plaqueta de patrimônio. No departamento de contabilidade ficam registradas as características do bem, data de compra e período de amortização. A Figura 40 mostra a folha de registro de equipamentos e máquinas, que contém as informações necessárias para a elaboração dos requisitos entre espaços, sendo esta arquivada no setor de engenharia de processo para facilitar o controle e ação de possíveis problemas que possam ocorrer nos equipamentos.

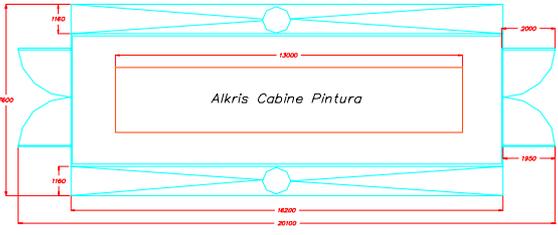
FOLHA DE DADOS DE EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS		
Fábrica: MASA Ltda		Local: Fabrica 01
Área: Pintura		Depto: Acabamento
Elaborado por: Alex M.		Setor: 430
Aprovado:		Data: 12/12
Número de identificação: CP01		Nome/Tipo: Cabine de Pintura/Estufa
Velocidade:		Fabricante: Alkris
Identificação: MASA0103		
Suprimentos e serviços necessários		Dimensões e áreas necessárias:
Água: Sim	Gás: Sim	Altura máxima: 5,16m
Drenos: Sim	Termômetro: Sim	Peso: 1,5 Ton
Ar comprimido: Sim		Base: 16.15x5,2m
Fundações: Não		Tipo Movimentação:
Nível: Sim		Operadores: 03
Exaustor: Sim		Área livre:
Chave Elétrica: Sim		Área ocupada: 184m ²
Vista Superior (escala: 1/50)		Template (escala: 1/50)
		
Notas/Observações:		
A cabine de pintura possui um sistema de aquecimento interno o que a caracteriza também como estufa ou seja, pode ser usada para as duas finalidades: pintura e secagem do ônibus.		

Figura 40: Folha de dados da Cabine de Pintura

4.3.7 Considerações de mudanças, Restrições e Limitações práticas

Considerando os dados obtidos até então, já podem ser citadas algumas das maiores desvantagens do atual *layout* do setor de pintura: (i) fluxo de linha confuso; (ii) manobras demasiadas e grande dispêndio de tempo em movimentação; (iii) indefinição de postos para a execução das atividades; (iv) atrasos na entrega do produto para o próximo setor e entre postos; (v) geração do principal contaminador de partículas sólidas para o restante da fábrica; (vi) sistema de exaustão ineficiente; (vii) geração de filtros das cabines de pintura contaminados; e (viii) perdas de horas produtivas em função dos operadores estarem parados pela elevada movimentação do ônibus.

O projeto de um novo *layout* em fábricas existentes pode encontrar algumas restrições, na maioria impostas pela estrutura física da fábrica. No caso do setor de pintura, quando a fábrica foi adquirida as cabines de pintura e estufa já estavam dispostas no *layout*. Portanto, ineficiências do atual *layout* derivam dessas restrições físicas. As principais restrições que o setor de pintura impõe são:

i) a cabine de aplicação de *primer* está centralizada no setor, impedindo a movimentação e circulação adequada do produto internamente;

ii) existem colunas no setor de pintura que restringem a mudança dos equipamentos existentes e dificultam a movimentação do produto;

iii) as portas de entrada e saída do setor não estão posicionadas para que sejam utilizadas de forma a facilitar e agilizar o deslocamento do produto; e

iv) a localização da sub-estação elétrica da fábrica encontra-se dentro da área de pintura e o que restringe o seu deslocamento para outro local mais adequado é o alto investimento que geraria.

Para resolver os problemas encontrados pelo grupo de trabalho no setor de pintura, aplicou-se o mesmo procedimento adotado na carta de resolução de problemas sugerido pelo SLP. Essa carta tem como objetivo fornecer um meio sistemático para analisar e verificar as soluções que serão tomadas para a resolução dos problemas elencados durante a coleta dos dados e estabelecer o custo e o tempo de operação, levando em conta os requisitos de capital.

A seguir são apresentadas as principais restrições de mudança para a adequação do *layout*:

i) a solicitação da supervisão e do pessoal da linha de produção é que o posto de preparação para o *primer* seja separado da pintura ou enclausurado, para conter a impregnação de poeiras para o setor e para o restante da fábrica;

ii) a cabine de pintura deve ser deslocada para um dos cantos da fábrica, para facilitar a alocação dos outros postos de trabalho no setor;

iii) deve-se verificar a possibilidade de remoção de colunas internas do prédio, para facilitar a movimentação e circulação do ônibus;

iv) deve-se deslocar as portas de acesso existentes no setor para uma posição que melhore a entrada e saída do produto;

v) a sub-estação elétrica deve ter uma área ao seu redor para circulação, movimentação e manutenção, além de não poder estar obstruída por objetos ou pessoas.

Para solucionar o problema de contaminação de poeiras no restante da fábrica, utilizou-se a carta de resolução de problemas, apresentada na Figura 41.

CARTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS		
Solicitante:	<u>Luis</u> Telefone: <u>219 99 10</u>	Data: <u>15/12</u>
Área/Depto		
Envolvido:	<u>Pintura</u> Supervisor: <u>Kovas T.</u>	Responsável: <u>Adrian</u>
Descrição	Resolver o problema da contaminação de poeiras da fábrica.	
Problema:	Motivo: está gerando problemas de qualidade no produto e sujeira na fábrica.	Data Solicitação: <u>15-Dec</u>
DEFINIÇÃO DO PROBLEMA		
Eliminar o problema da contaminação de poeiras criada pelo posto de preparação de pintura dentro do setor de Pintura.		
ESTABELECIMENTO DOS FATOS		
a) Segundo o setor de Pintura a contaminação ocorre porque o posto de preparação para o primer não está num local isolado; b) A reclamação sobre o excesso de poeira na fábrica é geral; c) Os custos com retrabalho na pintura dos ônibus por contaminação de partículas é R\$ 500,00/ônibus; d) Custo de tempo perdido pela mão de obra é R\$ 100,00/ônibus.		
REDEFINIÇÃO DOS FATOS		
Alocar o posto de preparação para o primer num local isolado ou enclausurar		
ANÁLISE E DECISÃO		
a) A reclamação é procedente e geral por toda a fábrica; b) Existe a possibilidade de expandir o setor de pintura, para realocar o posto; c) Contruir um local isolado para o posto R\$ 15.500,00; d) Adquirir equipamentos para a circulação e dissipação da poeira R\$ 85.000,00.		
AÇÃO: O quê, quem, quando		
Fazer uma proposta de enclausuramento - Adrian 17/12; Analisar a proposta dentro dos layouts selecionados e incorporar a idéia - Adrian 22/12; Contratar um fornecedor para fabricar e montar as paredes e portas - Sean 24/12; Executar a alteração - Fornecedor 02/01.		
Definiu-se que a compra dos equipamentos de dissipação de poeira seria feito num outro momento		
ACOMPANHAMENTO		
17/12 Adrian preparou uma carta para circular e informar o problema e solução para o mesmo.		
18/12 Sean pegou a aprovação com a gerência para a liberação da ordem de fabricação e montagem das paredes e portas. 02/01 o fornecedor se comprometeu a executar as modificações dentro do setor de pintura. 15/01 O fornecedor deu o prazo final para a conclusão do enclausuramento da área de preparação para o primer		

Figura 41: Carta de Resolução de Problema para a contaminação de poeiras na fábrica

4.3.8 Seleção das Alternativas

Para realizar a seleção da melhor alternativa, o método utilizado foi o da listagem das vantagens e desvantagens das alternativas candidatas. A comparação auxilia de forma efetiva na decisão, além de não consumir muito tempo para ser realizada. A carta de comparação pode ser observada na Figura 42.

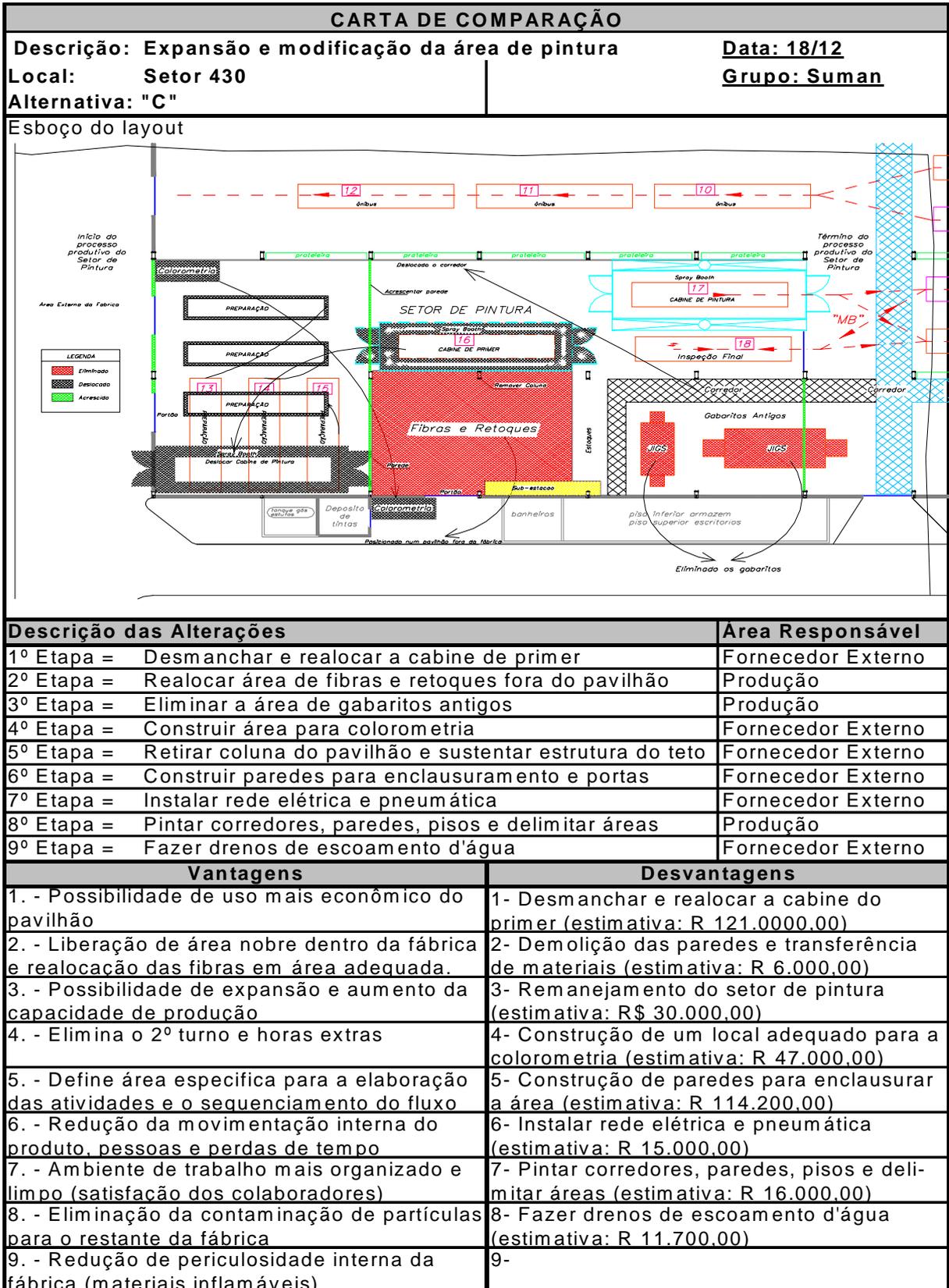


Figura 42: Carta de Comparação para a seleção de propostas

Além do aumento proposto na capacidade produtiva, outro item considerado importante na seleção da proposta do *layout* foi a solução do problema de contaminação gerado pelo setor de pintura para o restante da fábrica. Esse item gerava uma forte pressão na decisão das propostas, pois o problema foi levantado pela área de produção e gerava insatisfação por parte dos funcionários. O problema deveria ser sanado com a conclusão do *layout* proposto, além de ser definido como meta para o grupo e pela direção da empresa, sendo este o segundo item de maior importância na tomada de decisão pela escolha do *layout*.

4.3.9 Instalação

De acordo com os resultados obtidos, a direção da empresa se comprometeu a realizar uma reunião com o grupo de trabalho, afim de que estes apresentassem os benefícios e melhorias obtidos com a mudança proposta para o novo *layout* do setor de pintura. Outro objetivo era a definição do cronograma de implantação da nova alternativa de *layout*, com os custos financeiros e operacionais envolvidos.

No sentido de fornecer uma lista de resultados consistente e comparável, foi utilizado o método de comparação entre distâncias e tempos perdidos com movimentações, no qual em cada *layout* foi computado a menor distância retilínea entre os postos de trabalho ou atividades e o menor tempo de movimentação. Existem, no entanto, quatro pontos a serem destacados:

i) a distância retilínea mais curta entre os postos de trabalho ou atividades é usada como medida de proximidade;

ii) é assumido que a proximidade é função linear da distância retilínea mais curta;

iii) o tempo mais curto entre os postos de trabalho ou atividades é usada como medida de redução de movimentação; e

iv) é assumido que a redução da movimentação é função linear do tempo mais curto.

A Tabela 5 traz a comparação entre as propostas e suas distâncias e tempos.

Tabela 5: Análise das Distâncias e Tempos percorridos pelo ônibus no processo de pintura

DISTÂNCIAS E TEMPOS PERCORRIDOS PELO ÔNIBUS NO PROCESSO DE PINTURA								
POSTOS-ATIVIDADES	Layout Atual		Seleção 01		Seleção 02		Seleção 03	
	Distância (m)	Tempo (min.)						
Deslocamento para o Setor de pintura	73	11,0	70	10,4	74	10,6	25	3,8
Deslocamento do Setor de pintura até a Preparação do ônibus	61	8,8	52	8,2	42	8,2	18	3,5
Deslocamento da Preparação do ônibus até a Cabine de Primer	72	10,3	68	9,8	70	10,4	27	3,9
Deslocamento da Cabine de Primer até o Posto de retoques e lixamento	191	13,5	184	13,0	168	11,8	77	5,5
Deslocamento do Posto de retoques e lixamento até a cabine de Pintura	70	8,6	62	8,8	52	8,2	12	3,4
Deslocamento da cabine de Pintura até o próximo setor ou posto de inspeção	72	8,5	64	8,9	54	8,3	22	4,1
TOTAL	466	49,7	430	48,7	386	46,9	156	20,4

Como pode-se verificar na Tabela 5, os tempos não variam muito entre as alternativas (seleções), pois nos re-arranjos conseguem-se pequenas reduções de distâncias entre os postos de trabalho e aumenta-se o tempo de manobra na maioria dos casos. No caso da proposta de seleção 03, o *layout* é modificado radicalmente e os tempos caem em aproximadamente 145%. Porém, para a execução dessa proposta, os investimentos também elevam-se na mesma proporção.

A escolha da melhor alternativa, dentre as apresentadas na Tabela 5, foi feita pela direção da empresa. A seleção 3, foi considerada a que mais se adequava as necessidades do setor de pintura, suas vantagens estavam relacionadas com a padronização do processo de pintura e em decisões políticas.

Conforme citado anteriormente, a movimentação das máquinas e dos equipamentos e sua correta localização dentro do *layout* são importantes e fazem parte da fase de implantação. A sua correta preparação minimizará perdas financeiras, tempo de execução e ganhos de produção.

Nessa etapa de mudança, devem-se preparar os desenhos e plantas das instalações, arranjar as linhas de serviços e suprimentos, esquematizar todo o processo de mudança e notificar as pessoas envolvidas. Isso possibilitará que o projeto possua um levantamento de custo mais preciso. Nestas previsões, deve-se incluir as economias esperadas com a implantação do novo arranjo, os gastos e os investimentos necessários para a instalação.

A Figura 43 apresenta as estimativas de custo de instalação para a proposta selecionada.

CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DO LAYOUT 2003 - 2004
SETOR DE PINTURA - 430 (MASA)



Itens	Descrição	2003				2004				INVESTIMENTO		
		Dezembro/03	Janeiro/04	Fevereiro/04	Março/04	Planejado	Aprovado	Realizado	Planejado	Aprovado	Realizado	
01	Desmanchar e realocar a cabine de primer		OK						R\$ 121.000,00	R\$ 121.000,00	R\$ 124.123,12	
02	Retirada da coluna e estruturação do teto		OK						R\$ 74.250,00	R\$ 74.250,00	R\$ 80.159,36	
03	Abertura, complemento e deslocamento das portas			OK					R\$ 41.200,00	R\$ 41.200,00	R\$ 41.223,65	
04	Construir paredes e portas para enclausuramento da área				OK				R\$ 61.500,00	R\$ 61.500,00	R\$ 61.500,00	
05	Deslocar área de fibras para fora do prédio		OK						R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 4.100,00	
06	Construir área para a Colorometria				OK				R\$ 47.000,00	R\$ 47.000,00	R\$ 50.187,00	
07	Eliminar gabaritos antigos		OK						R\$ 1.350,00	R\$ 1.350,00	R\$ 1.000,00	
08	Instalar rede elétrica e pneumática								R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00	
09	Fazer a abertura dos drenos para saída d'água								R\$ 11.700,00	R\$ 11.700,00	R\$ 11.500,00	
10	Colocação dos vidros e frames nos portões e paredes								R\$ 3.150,00	R\$ 3.150,00	R\$ 3.150,00	
11	Instalar transfer para a movimentação dos ônibus								R\$ 130.000,00	R\$ 130.000,00	R\$ 150.652,15	
12	Pintar corredores, paredes, pisos e demarcar áreas								R\$ 12.000,00	R\$ 12.000,00	R\$ 15.680,26	
13	Aquisição de ferramentas (pistolas de pintura, lixadeiras)								R\$ 14.400,00	R\$ 14.400,00	R\$ 14.570,65	
14	Sistema de exaustão para o setor								R\$ 106.600,00	2ª etapa		
18	Troca dos vidros dos lanternis em toda a Pintura								R\$ 17.950,00	2ª etapa		
19												
TOTAL									R\$ 663.100,00	R\$ 538.550,00	R\$ 572.846,19	

LEGENDA		
PREVISTO PARA EXECUÇÃO		MUDANÇA CRONOGRAMA
OK		ATRASSO CRONOGRAMA

Figura 43: Cronograma de Implantação com Custos

Para auxiliar na instalação e na leitura das mudanças do *layout*, elaboraram-se desenhos com as medidas das posições e das novas localizações propostas do arranjo físico na planta baixa da fábrica. Isso facilita a compreensão do espaço interno da área do setor de pintura para os instaladores. Também visando acompanhar o andamento das obras, alguns integrantes do grupo foram destinados a estarem presentes nas alterações. Essas alterações também foram programadas para coincidir com o período de férias da empresa, visando não acarretar em interrupção na produção.

A implantação total do cronograma para a seleção 3 é de 03 meses, tendo início em dezembro de 2003 e término previsto para fevereiro de 2004. Porém, sabe-se que em virtude de fatores, econômicos, condições climáticas, indefinições, re-trabalhos, entre outros, o cronograma poderá sofrer alterações e se estender além da data prevista.

O *layout* selecionado para o setor de pintura (seleção 3) compreende a melhor disposição física dos equipamentos, pessoas, áreas de trabalho e de fluxo. De um modo geral, o arranjo físico tornou-se mais racional. Na Figura 44 pode-se ver o novo *layout* selecionado, com seu fluxo de linha, também está disponível o *layout* ampliado no Anexo E.

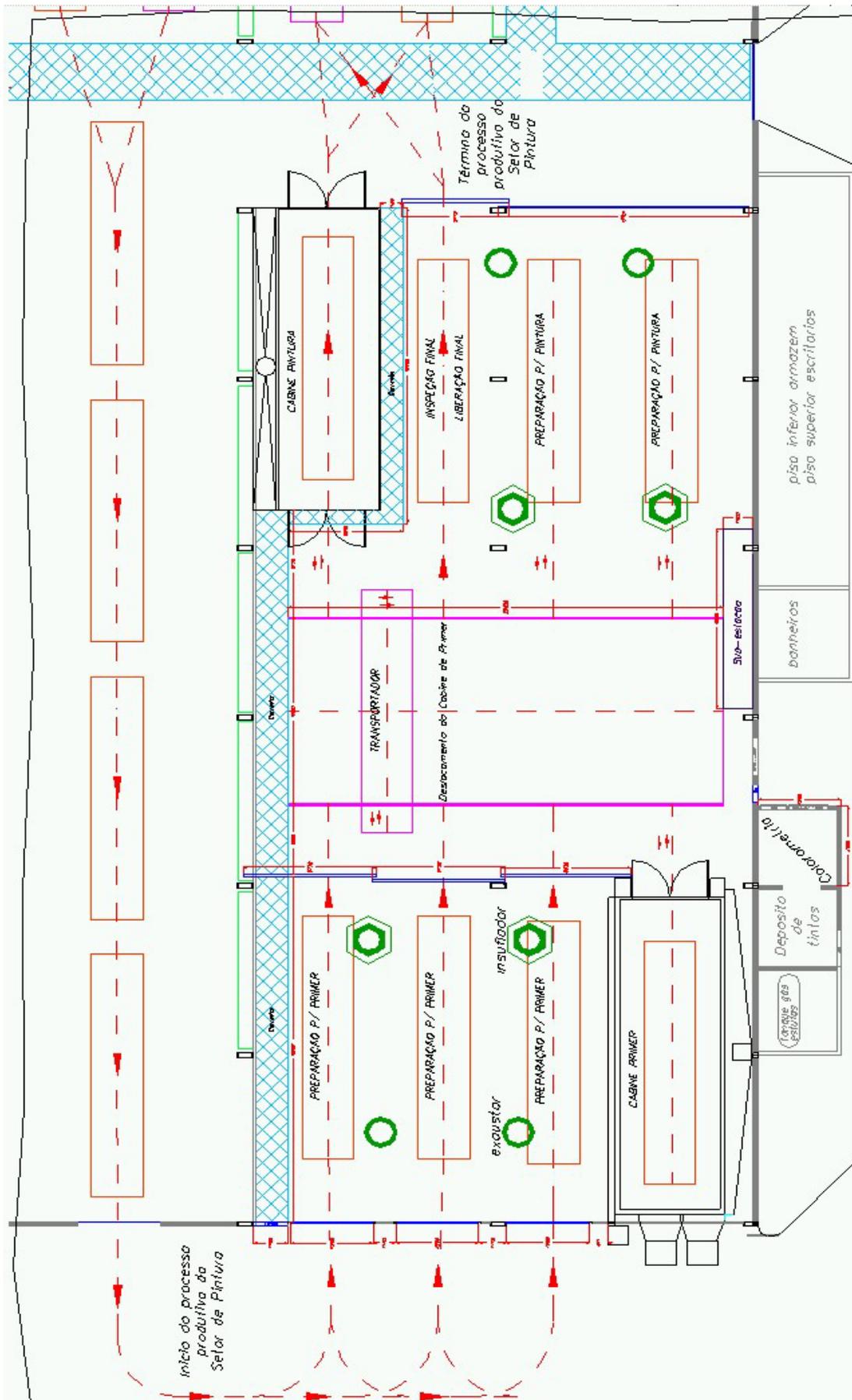


Figura 44: Layout proposto aprovado para o Setor de Pintura

4.4 Considerações a Respeito do Estudo

Nesta seção, pretende-se comparar alguns indicadores disponíveis do *layout* antigo com o atual, buscando assim descrever as vantagens obtidas com a implantação do novo *layout*.

Analisando o sistema de *layout* proposto em relação ao arranjo físico que estava sendo utilizado, verificou-se que o mesmo acrescentou valor às atividades do setor de pintura em aspectos relacionados à produção, qualidade e tecnologia, conforme descrito nas seções seguintes.

4.4.1 Aspectos Relacionados à Produção

No *layout* antigo, o aumento da produção gerou a necessidade de aumento da quantidade de horas produtivas e conseqüente demanda por horas extras, além da abertura do segundo turno de trabalho, gerando custos adicionais para a carroceria de ônibus. O *layout* antigo também continha uma restrição no sentido de impossibilidade de atender a novas demandas que poderiam ser solicitadas pelo mercado. No *layout* proposto esses problemas são sanados, sendo ampliada a capacidade de produção de 1 para 3 carros por dia sem a utilização de horas extras. Esse aumento é decorrente da eliminação do gargalo de produção apresentado pelo setor de pintura, além disso, outros fatores também contribuíram para atingir esse nível de incremento, tais como: melhorias no fluxo de linha, padronização de processos, reduções em movimentações e em tempos de operações.

A alteração do *layout* também beneficiou a área de vendas, pois os negociadores puderam oferecer melhores condições e prazos de entrega aos clientes, detectar e desenvolver novos mercados e estabelecer novas estratégias de vendas.

Outro item analisado foi o índice de produtividade. Este é calculado pela empresa através da fórmula de horas produtivas, divididas pelas horas disponíveis, onde as horas produtivas são representadas pelo tempo que o produto (ônibus) demora a ser elaborado e as horas disponíveis, por sua vez, são representadas pelas horas em que o colaborador está disponível na empresa voltado para a manufatura do produto.

Para determinar o índice de produtividade (P), utiliza-se a seguinte fórmula:

$$P = \frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas disponíveis}} = \% \quad (4)$$

A meta de produtividade diária estipulada pela alta administração na empresa é de 55%. No *layout* antigo, os índices alcançados pelo setor de pintura encontraram-se numa média de 31%; com a implantação do *layout* proposto, o índice alcançou uma média de 48%, ainda abaixo da meta, porém mais próxima de ser alcançada.

4.4.2 Aspectos Relacionados à Qualidade

O índice de qualidade estipulado pela empresa no setor de pintura é de 15 pontos, A Figura 45 mostra como é feita a análise de pontuação, (quanto menor o índice melhor a qualidade do produto).

RELAÇÃO DE DEMÉRITOS		
PONTOS	CLASSE DE DEFEITOS	DESCRIÇÃO
50	Itens que prejudicam a segurança	Itens que influenciam no veículo, pondo em risco a segurança dos passageiros ou a de terceiros. Exemplos: Mangueira de freio furada, suporte do estepe sem soldar, extintor de incêndio sem carga ou faltando, vareta de suspensão solta, entre outras.
30	Prováveis defeitos que afetariam o uso do veículo, funcionalidade e erros de documentos ou falta de peças	Defeitos que certamente provocaram reclamações pelo cliente, componentes do carro que não funcionam, itens em desacordo com o pedido de vendas, entre outros. Exemplos: Entrada de água e pó, panes no sistema elétrico, cabo do motor de partida ou bateria frouxo, itens de ficha faltando no veículo em desacordo, esquema de pintura errado, entre outros.
10	Possibilidade de incidências de reclamações	Defeitos que não influenciam sobre a segurança do veículo, porém podem surgir com o passar do tempo. Exemplos: Mangueiras e chicotes em atrito com a carroceira, regiões do veículo sem tratamento anti-corrosivo, espelho retrovisor frouxo, porta desregulada, diferenças na cor da pintura, entre outros.
5	Defeitos visuais dificilmente percebidos	Defeitos que influenciam sobre a qualidade do produto e podem ser eliminados. Exemplos: Enfumaçados de pintura, vidros do veículo sujos, sujeiras dentro do carro ou nos bagageiros, perfis desalinhados, entre outros.

Figura 45: Relação de Deméritos

No *layout* antigo, a média do índice estava em 26 pontos. Não existia um controle de qualidade padronizado e o indicador era frequentemente afetado por problemas relacionados a poluição, constante retrabalhos, insatisfação dos funcionários e desorganização do setor. No *layout* proposto são solucionados os itens apresentados acima e o índice após a conclusão do

layout, decresceu para 17 pontos. Foram implantadas especificações de qualidade padronizadas, auditorias de inspeção do produto, controle de equipamentos de inspeção, medição e ensaios, além da divulgação de uma política de qualidade.

O domínio dessas informações também possibilitou à empresa avaliar os itens que frequentemente acarretam perdas e auxiliou na tomada de decisão para a solução dos mesmos. Além disso, a empresa pode avaliar melhor o grau de desperdício que o setor estava gerando em seus processos e que constantemente eram repassados para o custo do produto.

4.4.3 Aspectos Relacionados à Tecnologia

No *layout* anterior não eram realizadas avaliações relacionadas a este escopo. O *layout* proposto considera que a introdução e inovação de tecnologias de processo para o setor são importantes e estratégicos para a Marcopolo, pelos seguintes motivos:

- a) através do conhecimento das máquinas e processos que o setor emprega é possível fazer-se inferências sobre o custo do produto;
- b) através do conhecimento dos métodos de manutenção que o setor utiliza é possível controlar os riscos de eventuais problemas em seus equipamentos; e
- c) através do conhecimento do grau de evolução do sistema de exaustão, tratamento de efluentes e do gerenciamento ambiental é possível prevenir possíveis problemas de imagem para a Marcopolo, decorrentes de impactos negativos ao meio-ambiente.

Especificamente para a setor de pintura, o *layout* proposto ampliou o domínio e o conhecimento de suas atividades e limitações. Através dos resultados obtidos, pode-se identificar os pontos falhos e as perdas produtivas, apontando com maior segurança ações necessárias de melhorias. Houve uma melhoria para a empresa, pois o *layout* anterior não permitia um diagnóstico preciso do desempenho do setor. Com o novo *layout*, a empresa obteve maior segurança na hora de definir a quantidade de ônibus a ser produzida e o prazo de entrega dos mesmos.

Enfim, o novo *layout* proposto proporciona maior capacidade produtiva, qualidade e segurança aos gestores da área de produção, pois possibilita um diagnóstico mais rico e detalhado do desempenho do setor de pintura, gargalo do sistema produtivo analisado.

5 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas respectivamente as conclusões deste trabalho de conclusão, a avaliação do método proposto e sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Considerações Finais

A alteração de *layouts* existentes ou o desenvolvimento de novos *layouts* é uma tarefa desafiadora. Em muitos casos existem restrições financeiras e físicas, assim como limitações práticas as quais devem ser consideradas, por exemplo: alterações no projeto do prédio, terreno, impossibilidade de expansão da fábrica, entre outros.

O presente trabalho demonstrou o processo de análise e aplicação do método SLP em um *layout* de uma empresa produtora de carrocerias de ônibus, mais especificamente no setor de pintura da linha de produção da empresa. Os resultados foram positivos e o conhecimento obtido através do método exposto para a alteração de *layout* foi assimilado pelas pessoas envolvidas e aumentou ainda mais o interesse da empresa em aplicá-lo nos demais setores, visto que a aproximação sistemática produz benefícios consideráveis.

As seguintes conclusões decorreram da realização do trabalho. Em relação à metodologia analisada no trabalho, concluiu-se que o procedimento e os passos orientados pelo Planejamento Sistemático de *Layout* fornecem uma base metodológica para a coleta de dados, pesquisa e análise do arranjo físico, ponderando minuciosamente os dados relevantes.

Com relação à aplicação prática do SLP no estudo de caso, verificou-se que a análise do fluxo de linha entre os postos de trabalho e setores pode ser realizada sem interrupções, já que a carroceria transportada tem seqüência e postos definidos para a elaboração das atividades nas fases do processo. Da mesma forma, o desenvolvimento de um novo *layout* para o setor de pintura e de alguns setores adjacentes originou melhoria, demonstrando os resultados e benefícios do uso de uma metodologia bem estabelecida na solução de problemas da Engenharia de Produção.

Na seqüência, são elencados alguns dos benefícios obtidos com a adoção do *layout* proposto na empresa analisada. Primeiramente, constatou-se a redução na distância total de movimentação da carroceria, aproximando os postos de trabalho através das relações de

afinidade (tarefas), além de reduzir deslocamentos desnecessários. Da mesma forma, o enclausuramento do posto de preparação de pintura possibilitou ao setor conter a emissão de particulados para o restante da fábrica, mantendo um ambiente limpo e saudável. Contatou-se uma melhoria na movimentação do produto com o deslocamento de uma das colunas de sustentação do teto do prédio, onde situa-se o *layout* analisado.

Através de uma correta definição do seqüenciamento do produto e dos postos de trabalho com suas respectivas atividades, obteve-se ganho no controle da produção. O sistema de trabalho ficou simples e compreensível, devido a uma melhora na organização espacial e nas condições de trabalho dos operadores. Por fim, percebeu-se uma melhora no índice de satisfação dos funcionários em geral e ganhos no desempenho dos indicadores de qualidade e produtividade.

5.2 Avaliação do Método Utilizado

As etapas apresentadas no Capítulo II e III permitiram que o processo de análise do *layout* gerassem propostas de alternativas de novos arranjos em uma empresa do ramo metal mecânico. O método permitiu que o grupo envolvido no estudo de caso conhecesse profundamente os passos do planejamento sistemático de *layout*, auxiliando na elaboração de novas alternativas, levando em consideração o nível de relacionamento entre os postos de trabalho, através do fluxo de linha e dos processos pelo setor utilizado.

O trabalho proposto partiu de uma visão macro do setor de pintura, como o entendimento do SLP descrito na primeira etapa, passando para as fases que o compõe e atingindo seu ápice na aplicação da revisão bibliográfica ao estudo desenvolvido.

Apesar da maioria das informações estar prontamente disponíveis na empresa, algumas dificuldades foram encontradas. Em alguns casos, o roteiro de produção poderá subitamente ser alterado por uma solicitação do cliente ou por uma incompatibilidade técnica do produto com sua aplicação final, afetando o desenvolvimento de estudo de *layout*. Da mesma forma, existem restrições quanto à utilização de algumas máquinas e equipamentos em determinados postos dentro do setor de pintura, informações estas que não estão disponíveis nos roteiros de produção ou registros de segurança (trata-se de dados reais de conhecimento do responsável pelo setor ou do departamento técnico responsável). Salienta-se, assim, a grande importância da presença de uma equipe multifuncional junto ao grupo de estudo.

O trabalho permitiu comprovar a eficiência, a validade do método utilizado e os resultados obtidos, além de abrir novas oportunidades para a aplicação do método utilizado em outros setores da empresa e em coligadas do grupo.

5.3 Trabalhos Futuros

Sugere-se a realização dos seguintes desdobramentos na pesquisa apresentada neste trabalho:

- a) aplicar *softwares* de simulação para a formulação do diagrama de relações e proximidade, atingindo uma acurácia e agilidade ainda maior no tempo de resposta;
- b) associar as relações de deslocamento do produto entre postos de trabalho a fatores econômicos, como a quantificação do tempo perdido nos deslocamentos e os materiais utilizados em todo o processo, para uma análise mais real dos custos envolvidos no projeto;
- c) ampliar o número de produtos na análise, aproximando ainda mais a proposta de *layout* à realidade da empresa;
- d) aplicar a metodologia nos demais setores da empresa e em outras empresas do grupo, com diferentes *mix* de produção, máquinas e fluxos operacionais;
- e) criar um processo de divulgação das metodologias empregadas, a título de ampliar os trabalhos e aumentar ainda mais a credibilidade da sistemática na solução de problemas estruturais.

Durante a execução do projeto de alteração do *layout* do setor de pintura, uma série de possibilidades quanto às aplicações das análises e das técnicas proposta pelo SLP nos demais setores da empresa foram identificadas como, por exemplo, no setor de acabamento e de estrutura da carroceria, percebendo as vantagens, tanto em nível econômico de eficiência como organizacional.

Surgiu também a idéia de um segundo projeto adicional, no qual se consideraria a empresa como um todo, a título de identificar o posicionamento individual de cada setor e em nível macro.

REFERÊNCIAS

- ACKOFF, R. L.; SASIENI, M. W. *Fundamentals of Operations Research*. New York: John Wiley, 1967.
- ASME. *The American Society of Mechanical Engineers*. Journal of Engineering Materials and Technology. Disponível em: www.asme.org.
- BALAKRISHNAN, J. *The Dynamics of Plant Layout*. Management Science, Institute of Management Sciences, v. 39, n. 5, p. 654-55, May 1993.
- BARTLETT, H.; BAXEVANOGLU, A.; KOCHHAR, A.K. *The application of systematic techniques to the re-layout of a low volume manufacturing system*. Journal of Engineering Manufacture, Institute Engineering Manufacture, v. 208, n. 2, p. 89-102, Jun 1994.
- BECKER, C.; SCHOLL, A. *A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing*. International Journal of Operational Research, ISSN, v. 21, n. 4, p. 01-29, 2003.
- BENJAAFAR, Saifallah. *Modeling and Analysis of Congestion in the Design of Facility Layouts*. Management Science, Institute of Management Sciences, v. 48, n. 5, p. 679-704, May 2002.
- BETTS, J.; MAHMOUD, K.I. *Identifying multiple solutions for assembly line balancing having stochastic task times*. Computers Industrial Engineering, v. 16, n. 3, p. 427-425, May 1989.
- BHATTACHARJEE, T.K.; SAHU, S. *A critique of some current assembly line balancing techniques*. International Journal of Operations & Production Management, v. 7, n. 6, p. 32-43, 1987.
- BLACK, J.T. *O projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre: Artes Médicas Editora Bookman, 1998.
- BOE, W.; CHENG, C. *A close neighbour algorithm for designing cellular manufacturing systems*, International Journal of Production Research, v. 29, n. 10, p. 2097-2216, 1991.
- CAMPOS, V. F. *TQC: Controle da Qualidade Total no Estilo Japonês*. 6. ed. Rio de Janeiro; Fundação Christiano Ottoni Escola de Engenharia da UFMG, 1992.
- CASSEL, R. A. *Desenvolvimento de uma abordagem para a divulgação da simulação no setor calçadista gaúcho*. Porto Alegre, 1996. 147p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CEDARLEAF, Jay. *Plant Layout and Flow Improvement*. Bluecreek Publishing Co. Washington, 1994.

- CHAKRAVORTY, S.; ATWATER, J. *Do JIT lines perform better than traditionally balanced lines?* International Journal of Operations & Production Management, MCB, v. 15, n. 2, p. 77-88, 1995.
- CHASE, R.; AQUILANO, N. *Production and Operations Management*. Manufacturing and Services, Irwin, Chicago, IL, 1995.
- CHI, L. P.; SAU, F. F. *A study of the effect of time variations for assembly line balancing in the clothing industry*. International Journal of Clothing Science and Technology, MCB, v. 11, n. 4, p. 181-188, March 1999.
- CHIANG, W. *Visual Facility layout design system*. International Journal of Production Research, ISSN, v. 39, n. 9, p. 1811-1836, 2001.
- CURY, Antonio. *Organização e Métodos: Uma Visão Holística*. 6 ed. São Paulo: Atlas, 1994.
- DAVIS, M.; NICHOLAS, Aquilano; RICHARD, Chase. *Fundamentos da administração da produção*. 3. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2001.
- FRANCIS, R. L.; MCGINNIS, L.F.; WHITE, J.A. *Facility Layout and Location: an Analytical Approach*. Prentice Hall do Brasil Ltda, Rio de Janeiro. 2 ed., 1992.
- GHOSH, S.; GAGNON, R.J. *A Comprehensive Literatura Review and Analysis of the Design, Balancing and Scheduling of Assembly Systems*. International Journal of Production Research, v. 27, n. 4, p. 637-70, 1989.
- GLAGOLA, JOHN R. *An Introduction to Strategic Facilities Planning*. Real Estate Issues, Spring, p. 13-15, 2002.
- GÓES, M. L. *Proposta de um novo layout para o setor de estamparia de uma empresa de autopeças*. Minas Gerais, 2001. Dissertação de Mestrado, EFEI – Escola Federal de Engenharia de Itajubá.
- GROOVER, M. P. *Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1987.
- HARMON, ROY L.; PETERSON, LEROY D. *Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- HILLIER, F.S.; BOLING, R.W. *On the optimal allocation of work in symmetrically unbalanced production lines systems with variable operations times*. Management Science, v. 25, n. 8, p. 721-728, 1979.
- IRANI, S. A.; HUAUG, H.; UDAI, T.K; ZHANG, H.; ZHOU, J. *Approaches for Simplification of the Material Flows in a Facility prior to Design of its Layout*. Department of Industrial, Welding and Systems Engineering, 1998.
- IANNI, Octavio. *Teorias da Globalização*. 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.

- KERNS, F. *Strategic facility planning (SFP)*. Work Study, MCB University Press, v. 48, n. 5, p. 176-181, 1999.
- KOSTROW, P. *The Facilities Planning Process*. Facilities Planning, Executive, p. 10-14, May-June, 1996.
- KOTLER, P. *Administração de Marketing*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. *Operations Management: Strategy Analysis*. 5 ed. Addison-Wesley Longman, Inc, 1999.
- LACKSONEN, T.; HUNG, C. *Project scheduling algorithms for re-layout projects*. IIE Transactions, v. 30, n. 1, p. 91-99, Jan 1998.
- LEE, Quarterman. *Facilities and Workplace Design: An Illustrated Guide*. Engineering and Management Press, Norcross, Georgia, 1997.
- _____. *How to balance a manufacturing work cell*. IE Solutions Conference, Institute of Industrial Engineers, v. 21, n. 23, p. 1-5, May 2000.
- LEWIS, J. D. *A Empresa conectada: como as empresas líderes vencem através da aliança cliente – fornecedor*. São Paulo: Pioneira, 1997.
- LIKER, J. *Engineering for lean Manufacturing: a cross-functional process*. Automotive Design & Production, v. 110, n. 12, p. 33-34, Dec 1998.
- MACASKILL, J.L.C. *Production-Line Balances for Mixed-Model Lines*. Management Science, v. 19, n. 4, p. 423-434, Dec 1972.
- MARTINS, P. Garcia. *Administração da Produção*. São Paulo: Saraiva, 1998.
- MASON, E.R. *Plant Layout requirements for the factory of the future*. AIPE Facilities Management, Operation and Engineering, v. 16, n. 1, p. 32-35, Jan/Feb 1989.
- MAYER, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1990.
- MEREDITH, Jack R. *The management of operations a conceptual emphasis*. 4 ed. Operation New York: John Wiley, 1992.
- MONKS, J.G. *Administração da Produção*. São Paulo: Mgraw-Hill, 1987.
- MONTREUIL, B.; VENKATADRI, U. *Strategic Interpolative Design of Dynamic Manufacturing Systems Layouts*. Management Science, Institute of Management Sciences, v. 37, n. 6, p. 682-694, Jun 1991.
- MONTREUIL, B.; VENKATADRI, U.; RATLIFF, H.D. *Generating a layout from a design skeleton*. IIE Transactions, v. 25, n. 1, p. 3-15, Jan 1993.
- MOORE, J. M. *Plant Layout And Design*. Macmillan Publishing CO., New York, 1962.
- MOREIRA, D. Augusto. *Administração e operações*. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

- MUTHER, R.; WHEELER, J.D. *Planejamento sistemático e simplificado de layout*. São Paulo: IMAM, 2000.
- MUTHER, Richard. *Planejamento do layout: sistema SLP*. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.
- OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre, Bookman, 1997.
- OLORUNNIWO, Festus. *Changes in production planning and control systems with implementation of cellular manufacturing*. Production and Inventory Management Journal, 1st Quarter, p. 65-69, 1996.
- REIS, Dayr R. A. *Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1978.
- RIGGS, J. L. *Production Systems: Planning Analysis and Control*. New York: John Wiley, 1970.
- SANTOS, N.; ARAÚJO JR., L. O. *Sistema de Tecnologia de Grupo: Um Estudo de Caso Através de Análise de Fluxo de Produção*. Revista Produção, v. 9, n. 1, p. 65-82. Rio de Janeiro: ABEPRO, 1999.
- SHA, D.Y.; CHEN, C. *A new approach to the multiple objective facility layout problem*. Integrated Manufacturing Systems, MCB University Press, v. 12, n. 1, p. 59-66, July 2001.
- SILVEIRA, G. *Layout e Manufatura Celular*. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS Apostila não publicada, 1998.
- SILVEIRA, G. *Uma Metodologia de Implantação da Manufatura Celular*. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SKINNER, W. *The focused factory*. Harvard Business Review, p. 182-83, May-June 1974.
- SLACK, N. *et al. Administração da Produção*. São Paulo: Atlas, 1997.
- SLACK, Nigel. *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SMUNT, T.L.; PERKINS, W.C. *The efficiency of unbalancing production lines: and alternative interpretation*. International Journal Of Production Research, vol. 28, n. 6, p. 1219-20, 1990.
- SOUTO, Rodrigo S. *Aplicação dos princípios e conceitos do Sistema Toyota de produção em uma etapa construtiva de uma empresa de construção civil*. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção, Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção/UFRGS, 2000.
- SOUZA, F.B.; RENTES, A. F.; AGOSTINHO, O.L. *A interdependência entre sistemas de controle de produção e critérios de alocação de capacidades*. Revista Gestão e Produção, vol. 9, n. 2, p. 215-234, Ago 2002.
- TABUCANON, M.; CHANGLI, W. *Balancing method for a semiautomatic production line*. Journal of Integrated Manufacturing Systems, MCB, vol. 4, n. 1, p. 4-13, 1993.

TANG, L.; LIU, J. *A modified genetic algorithm for the flow shop sequencing problem to minimize mean flow time*. Journal of Intelligent Manufacturing, Netherlands, vol. 13, n. 1, p. 61-67, Feb 2002.

THIOLLENT, Michel. *Metodologia da pesquisa – ação*. 7 ed. São Paulo: Cortez, 1996.

TOMPKINS, J. A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A. et al. *Facilities Planning*. 2 ed. New York: John Wiley, 1996.

TREIN, F. A. *Análise e Melhoria de Layout de Processo na Indústria de Beneficiamento de Couro*. Porto Alegre, 2001. 100p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

URBAN, T. L. *Combining Qualitative And Quantitative Analyses In Facility Layout*. Production and Inventory Management Journal; Third Quarter, v. 30, n. 3, p. 73-77, 1989.

VERGARA, S.C. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

VISCHER, J. C. *Strategic Work-Space Planning*. MIT Sloan Management Review Fall, v. 37, n. 1, p. 33-42, 1995.

WEIMER, G. *A new manufacturing age?* Manufacturing Management, Material Handling Management, v. 57, n. 11, p. 24, Oct 2002.

WEMMERLOV, U.; JOHNSON, D. *Cellular manufacturing at 46 user plants: implementation experiences and performance improvements*. International Journal of Production Research, v. 32, n. 1, p. 29-49, 1997.

WRENNALL, W. *Facilities planning and design a foundation stone of the BPR pyramid*. Industrial Management, Institute of Industrial Engineers, v. 39, n. 4, p. 7-11, 1997.

YANG, T.; CHAO-TON, S.; YUAN-RU, H. *Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities*. International Journal Of Operations Production Management, vol. 20, n. 11, p. 1359-71, 2000.

YANG, T.; PETERS, B.A. *A spine layout design method for semiconductor fabrication facilities containing automated material handling systems*. International Journal Of Operations Production Management, vol. 17, n. 5, p. 490-501, 1997.

YIN, R.K. *Case Study Research: design and methods*. 2. ed. Applied social research methods series; v.5, London: SAGE Publications, 1994.

ANEXOS

Anexo A – *Layout* macro da linha de montagem da empresa Masa

Anexo B – Cronograma do plano de ação do setor de pintura

**CRONOGRAMA DO SETOR DE PINTURA - 430 (MASA)
PLANO DE AÇÃO**

Participantes: Adriano (4544), Everaldo (4251), Alex (4343), Ivo (4578), Shean (4705), Ricardo (4554), Lói (4437), Barbosa (4067)

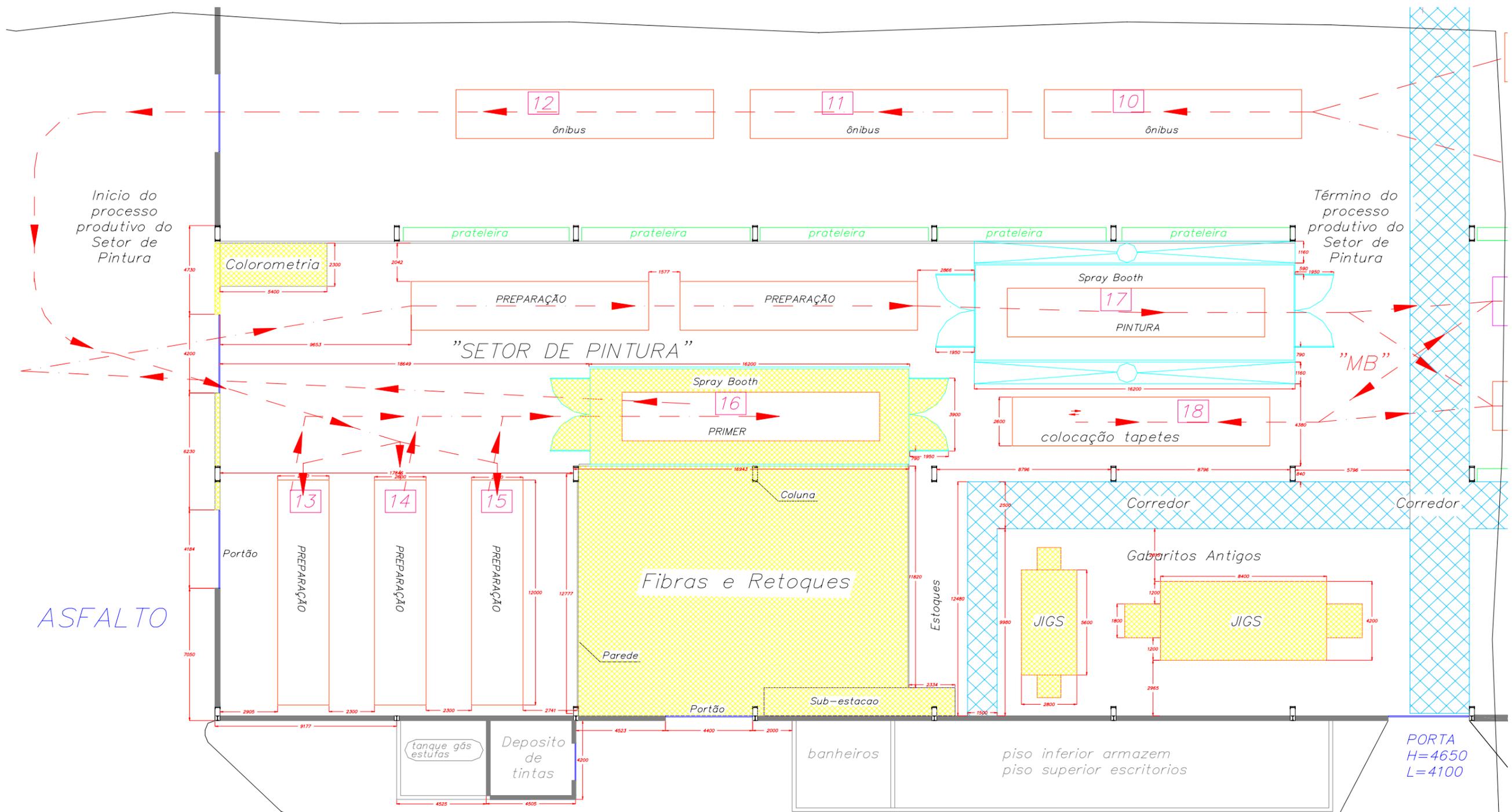
Local: Sala de Reunião "COMPRAS" . Horário: 13:30 às 14:30 - Segundas-feiras

Data: 2003/11/03

AÇÕES	OBJETIVOS	ETAPA	STATUS				RESPONSÁVEIS	PRAZO
			25%	50%	75%	100%		
Layout Atual da Pintura	* Definir o layout atual	Analisar o layout atual;	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Adriano/Everaldo	10 dias
	* Definir o fluxo de linha	Analisar o fluxo de linha e materiais	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Adriano/Shean	10 dias
	* Definir fluxo de informações	Analisar sistema de informações;	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ivo/Barbosa	5 dias 10/11/2003
Posicionar corretamente o layout dentro da fábrica	* Adequar o layout as instalações existentes;	Analisar o layout atual junto as áreas envolvidas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lói/Adriano Grupo	3 dias 13/11/2003
Mapeamento do processo produtivo da Pintura	*Efetuar mapeamento das atividades desenvolvidas pelo setor	Analisar atividades; Identificar atividades críticas; Verificar necessidade de alterações no processo produtivo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Adriano/Everaldo Lói/Barbosa Ivo/Shean Ricardo	15 dias 28/11/2003
Fazer propostas de layout	* Fazer propostas de layout para adequar a nova necessidade	Definir propostas para o layout Elaborar os layout's Aprovação e construção	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupo Adriano/Everaldo Ivo/Everaldo	20 dias 18/12/2003
Definir a melhor proposta de layout	* Verificar as vantagens e desvantagens das propostas selecionadas	Estudar as propostas selecionadas Elaborar os layout's com possíveis mudanças Definir data de Aprovação e Implantação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupo Adriano/Ricardo Everaldo/Ivo	5 dias 23/12/2003
Implantar o layout selecionado	* Adequar o setor para as futuras instalações	Definir planos de sequenciamento das atividades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupo	03 dias
		Acompanhamento das mudanças	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Adriano/Everaldo Ivo/Shean	30 dias 27/01/2004
Fazer o balanceamento das atividades do setor430	* Adequar o posto a posto	Definir quantidade de pessoas por posto Balancear atividades Definir o Tack time da linha	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupo Adriano/Everaldo Adriano/Ricardo	15 dias 15/02/2004
Definir sistema de abastecimento, prateleiras, carrinhos para o setor 430	* Adequar a filosofia de abastecimentos proposta	Definir quantidade de prateleiras e carrinhos, Definir peças, Kanban, carro-a-carro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupo Processo Logística	
Troca dos vidros dos lanternins em toda a montagem "B" Começar pela Pintura	* Padronizar a iluminação por vidros da fábrica	Substituir por vidro os lanternins de fibra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manutenção Compras	
Introdução das informações com padrões visuais na linha	* Padronizar a execução das tarefas		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Processo	
Desenvolvimento dos descritivos operacionais para a linha	* Padronizar a execução das tarefas	Iniciar pelas atividades críticas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Processo	
Desenvolvimento do plano de treinamento para os funcionários	* Treinar os funcionarios, garantir a qualidade exigidos pelos clientes	Envolver o Treinamento para o início do plano de desenvolvimento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Processo Treinamento	
Estudar as UP's dos carros	* Definir tempo nos postos de trabalho	Analisar os tempos Ajustar novos tempos no sistema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Processo SETM	
Documentar o Processo Atual e o Antigo	* Montar trabalho comparativo das evoluções do Kaizen	Filmar o processo antigo Tirar fotos, etc..	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupo	
Sistema de Exaustão Teto	* Adequar os setores que necessitam desse sistema de exaustão	Verificar novos locais de acordo com as evoluções dos trabalhos de kaizen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manutenção Processo Produção	
Desenvolver Central de Inflamáveis	* Desenvolver tubulações até as linhas Eliminar periculosidade Facilitar o abastecimento dos carros	Construir Central de Liquidos Inflamáveis Preparar a linha para o novo sistema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grupo	
Sistema de Sprinkler	* Eliminar problemas de segurança	Dar sequencia ao PPCI (Plano de Prevenção Combate a Incêndio)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Processo Segurança	
Tabela de limpeza das Mangas	* Resolver o problema de exaustão no setor de pintura	Criar uma planilha de limpeza das mangas Fazer a limpeza observando a aspiração após a troca das mesmas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Manutenção	

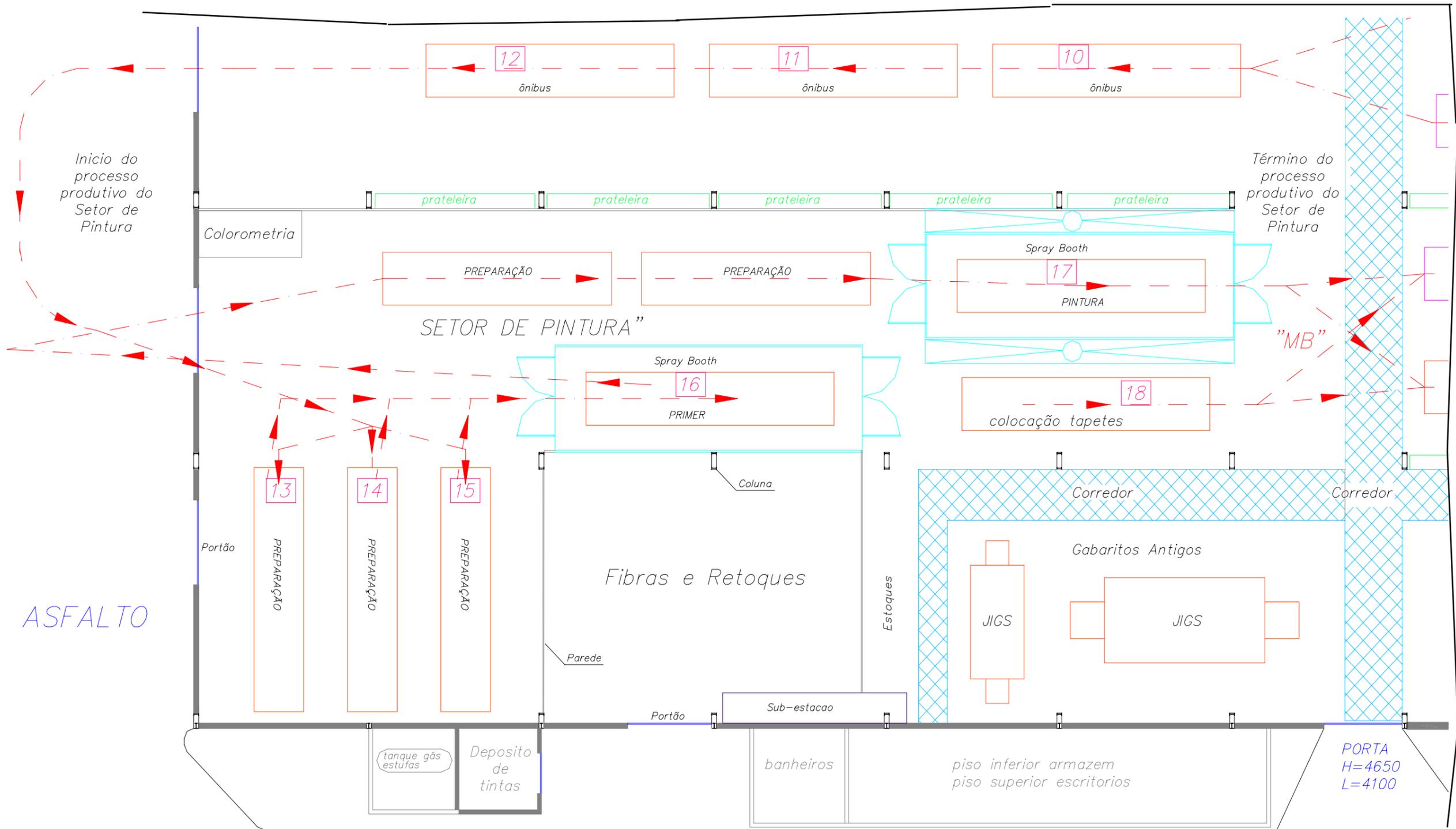
Anexo C – *Layout* atual do setor de pintura e sua disposição dentro da área

LAYOUT ATUAL DO SETOR DE PINTURA E SUA DISPOSIÇÃO DENTRO DA ÁREA



Anexo D – *Layout* atual com o fluxo do setor de pintura Masa

LAYOUT ATUAL COM O FLUXO DO SETOR DE PINTURA - MASA



Anexo E – *Layout* proposto do setor de pintura

LAYOUT PROPOSTO COM O FLUXO DO SETOR DE PINTURA - MASA

