

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

**UMA ABORDAGEM PARA PROJETOS DE LAYOUT INDUSTRIAL
EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO**

André Antônio Luzzi

Porto Alegre, 2004

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENGENHARIA**

André Antônio Luzzi

**UMA ABORDAGEM PARA PROJETOS DE LAYOUT INDUSTRIAL
EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA: UM ESTUDO DE CASO**

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

Orientador: Professor Paulo Ghinato, Ph.D.

Porto Alegre, 2004

Este Trabalho de Conclusão 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.

Prof. Paulo Ghinato, Ph.D.

Orientador Escola de Engenharia/UFRGS

Profa. Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.

Coordenadora MP/Escola de Engenharia/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Carla ten Caten, Dra.
PPGEP/UFRGS

Prof. Cláudio José Müller, Dr.
PPGEP/UFRGS

Prof. Giovana Pasa, Dra.
Universidade de Caxias do Sul

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Darsi e Edflia, pelos valores e princípios a mim transmitidos: honestidade, ética, humildade e respeito aos semelhantes.

Aos meus irmãos Roberto e Ismael pela amizade e companheirismo.

Aos meus colegas de mestrado, em especial Carlos Augusto, Nelson e Fábio, pelos momentos de alegria e satisfação durante o período do curso. Os trabalhos e viagens teriam sido muito mais sacrificantes sem suas presenças.

Aos professores do curso, pelos ensinamentos, empatia e motivação que me transmitiram no decorrer do mesmo.

A meu orientador, Paulo Ghinato, pelo conhecimento, dedicação e disciplina. Mais que um professor, um mestre da vida.

Dedico este trabalho à minha esposa Elisângela e meu filho Pedro Henrique. Seu amor, apoio e tolerância serviram de suporte e inspiração ao longo da jornada. Sem vocês não teria conseguido. Muito obrigado!

RESUMO

Este trabalho trata do projeto de *layout* industrial em sistemas de produção enxuta. Através do experimento realizado no estudo de caso, pretende-se avaliar os resultados obtidos com a aplicação do método *Fac Plan*, e identificar os relacionamentos existentes entre os componentes do Sistema de Produção Enxuta e o *layout* industrial. O projeto realizado atingiu importantes resultados, como a redução de 50% do estoque em processo e de 50% no trabalho de transferência, com um retorno de investimento de 1,06 anos.

Palavras-chave: *Layout*, Produção Enxuta, *Fac Plan*, Sistema Toyota de Produção, STP, Planejamento Sistemático de *Layout*.

ABSTRACT

This work deals with the industrial layout project in Lean Production System. It intends to evaluate the results obtained with the Fac Plan method application, and identify the relationship between the Lean Production System elements and the industrial layout. The project achieved several important goals as a result of its implementation, such as 50% of reduction of work in process and transference work reduction.

Key words: Layout, Lean Production, Fac Plan, Toyota Production System, TPS, Systematic Layout Planning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Estrutura simplificada do STP	pg 19
FIGURA 02 – <i>Layout</i> funcional	pg 22
FIGURA 03 – <i>Layout</i> em linha	pg 23
FIGURA 04 – <i>Layout</i> celular	pg 25
FIGURA 05 – Utilização típica do tempo produtivo	pg 29
FIGURA 06 – Fases do planejamento de <i>layout</i>	pg 41
FIGURA 07 – Modelo de planejamento de macro espaço.....	pg 42
FIGURA 08 – Composição básica das bolas.....	pg 44
FIGURA 09 – Vendas anuais totais	pg 45
FIGURA 10 – Vendas anuais por família de produtos.....	pg 46
FIGURA 11 – Evolução do índice de cobertura.....	pg 47
FIGURA 12 – Evolução dos estoques em unidades.....	pg 48
FIGURA 13 – Análise do espaço atual	pg 49
FIGURA 14 – Fluxograma do processo de bolas costuradas.....	pg 52
FIGURA 15 – Fluxograma do processo de bolas matrizadas	pg 54
FIGURA 16 – Fluxograma do processo de bolas emborrachadas.....	pg 56
FIGURA 17 – Análise do fluxo de materiais	pg 59
FIGURA 18 – Fluxograma geral dos processos.....	pg 63
FIGURA 19 – Definição das UPE's.....	pg 64
FIGURA 20 – Afinidades não associadas ao fluxo de material	pg 68
FIGURA 21 – Diagrama de configuração.....	pg 71
FIGURA 22 – Primitiva de plano de espaço	pg 73
FIGURA 23 – Opção 1	pg 76
FIGURA 24 – Opção 2.....	pg 77
FIGURA 25 – Opção 3.....	pg 78
FIGURA 26 – Análise dos fluxos de materiais	pg 82
FIGURA 27 – Resumo do manuseio de materiais	pg 86
FIGURA 28 – Fluxograma de atividades do desenvolv. da estratégia de operações.....	pg 93
FIGURA 29 – Estrutura do STP.....	pg 95
FIGURA 30 – Tamanho dos lotes em <i>layouts</i> com foco no processo.....	pg 97
FIGURA 31 – Tamanho dos lotes em layouts com foco no produto	pg 97

FIGURA 32 – Velocidade de <i>feedback</i> em <i>layouts</i> com foco no produto	pg 98
FIGURA 33 – Ciclos de detecção e correção de erros	pg 99
FIGURA 34 – Relacionamentos do <i>layout</i> industrial com os componentes do STP	pg 100

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Níveis de planejamento de <i>layout</i>	pg 39
TABELA 2 – Classificação dos produtos por tipo de processo	pg 45
TABELA 3 – Relação de equipamentos com alta capacidade	pg 62
TABELA 4 – Descrição das operações e produtos das UPE's.....	pg 65
TABELA 5 – Análise do fluxo de materiais	pg 66
TABELA 6 – Classificação das afinidades	pg 67
TABELA 7 – Análise completa do fluxo de materiais.....	pg 69
TABELA 8 – Cálculo do espaço	pg 72
TABELA 9 – Cálculo do transporte do <i>layout</i> atual	pg 84
TABELA 10 – Cálculo do transporte das opções de <i>layout</i>	pg 85
TABELA 11 – Análise financeira das opções de <i>layout</i>	pg 87
TABELA 12 – Análise dos pontos positivos e negativos das opções de <i>layout</i>	pg 89
TABELA 13 – Análise dos fatores ponderados	pg 90

SUMÁRIO

RESUMO	pg 04
ABSTRACT	pg 05
LISTA DE FIGURAS	pg 06
LISTA DE TABELAS	pg 08
SUMÁRIO.....	pg 09
1 INTRODUÇÃO.....	pg 12
1.1 Considerações Iniciais	pg 12
1.2 Tema e Objetivos.....	pg 13
1.2.1 Objetivos Gerais	pg 14
1.2.2 Objetivos Específicos	pg 14
1.3 Justificativa.....	pg 14
1.4 Método.....	pg 15
1.5 Estrutura	pg 15
1.6 Limitações	pg 16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	pg 17
2.1 A Evolução dos Sistemas de Fabricação	pg 17
2.2 Componentes do STP	pg 18
2.3 O STP e o <i>Layout</i> Industrial	pg 20
2.4 Tipos de <i>Layout</i> Industrial.....	pg 21
2.4.1 <i>Layout</i> Funcional (<i>job shop</i>).....	pg 22
2.4.2 <i>Layout</i> em Linha (<i>flow shop</i>).....	pg 23
2.4.3 <i>Layout</i> Celular	pg 24
2.4.3.1 Métodos para Formação de Células de Manufatura	pg 26
2.5 Análise dos Tipos de <i>Layout</i>	pg 28
2.6 Desenvolvimento da Estratégia de <i>Layout</i>	pg 29
2.7 Planejamento do <i>Layout</i> Industrial	pg 30
2.7.1 Planejamentos de <i>Layout</i> Baseados na Experiência	pg 31
2.7.2 Planejamentos de <i>Layout</i> com Algoritmos Computacionais.....	pg 32
2.7.3 Planejamentos Sistemáticos de <i>Layout</i>	pg 33
2.7.4 Planejamentos Integrais de <i>Layout</i>	pg 33
2.8 Avaliação de Projetos de <i>Layout</i> com Múltiplos Objetivos	pg 34
2.9 Influência do <i>Layout</i> na Gestão da Manufatura e das Pessoas	pg 36

3 DESCRIÇÃO DO MÉTODO SELECIONADO.....	pg 38
3.1 Seleção do Método Utilizado no Estudo de Caso.....	pg 38
3.2 Níveis do Projeto de <i>Layout</i>	pg 39
3.3 Fases do Projeto de <i>Layout</i>	pg 40
3.4 Modelo de Planejamento do Macro Espaço	pg 41
4 ESTUDO DE CASO	pg 43
4.1 Planejamento do Projeto.....	pg 43
4.2 Análise de Produtos e Volumes.....	pg 43
4.3 Análise de Estoques.....	pg 46
4.4 Análise do Espaço Atual	pg 48
4.5 Análise da Organização	pg 50
4.6 Análise dos Processos Existentes	pg 50
4.7 Identificação da Infra-Estrutura Física	pg 57
4.8 Análise do Fluxo de Materiais e Informações	pg 58
4.9 Identificação de Outras Questões Importantes	pg 60
4.10 Desenvolvimento da Estratégia de Operações.....	pg 61
4.11 Definição das Unidades de Planejamento de Espaço	pg 63
4.12 Análise do Fluxo de Materiais.....	pg 65
4.13 Identificação das Afinidades não Associadas ao Fluxo.....	pg 67
4.14 Combinação das Afinidades	pg 68
4.15 Construção do Diagrama de Configuração.....	pg 70
4.16 Cálculo do Espaço	pg 71
4.17 Primitiva do Planejamento de Espaço	pg 73
4.18 Identificação das Restrições	pg 74
4.19 Construção das Opções de <i>Layout</i>	pg 74
4.20 Identificação dos Principais Problemas de Movimentação	pg 79
4.21 Avaliação e Seleção do <i>Layout</i>	pg 79
4.21.1 Definição dos Critérios Decisórios.....	pg 80
4.21.2 Análise do Fluxo de Materiais.....	pg 81
4.21.3 Cálculo do Transporte	pg 83
4.21.4 Análise Financeira	pg 87
4.21.5 Análise dos Pontos Positivos/Negativos	pg 88
4.21.6 Análise de Fatores Ponderados.....	pg 89
5 RELACIONAMENTO <i>LAYOUT INDUSTRIAL</i> E OS COMPONENTES DO STP....	pg 92

5.1 <i>Layouts</i> com Foco no Produto	pg 92
5.2 Estrutura do STP.....	pg 94
5.3 Produção em Pequenos Lotes	pg 96
5.4 <i>Feedback</i> e Ação Imediatos	pg 98
5.5 Relacionamento <i>Layout</i> e STP	pg 99
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	pg 102
6.1 Considerações Finais	pg 102
6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros	pg 103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	pg 105

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A economia e a indústria mundial sofreram grandes transformações a partir dos anos 70. Segundo Coriat (1988, apud Magrise, 2000) antes de 1973 as capacidades globais instaladas eram inferiores à demanda global do mercado, fazendo com que as indústrias definissem produtos e preços a serem praticados.

Com a crise mundial do petróleo ocorrida em 1973 esta lógica se inverteu: a recessão fez o consumo cair drasticamente, e a capacidade global instalada tornou-se maior que a demanda.

A partir deste cenário, disputas acirradas por fatias do mercado passaram a ser realizadas constantemente. Os preços passaram a ser definidos pelo mercado, uma vez que a oferta de produtos superou a demanda. As empresas foram obrigadas a realizar estudos e pesquisas visando melhorar seus produtos e serviços, através do aumento de qualidade e da redução de seus custos de produção e de seus prazos de entrega.

A indústria nacional não sofreu este impacto nas décadas de 1970 e 1980 devido à reserva de mercado e à ausência de pressão vinda do mercado consumidor. A abertura do mercado ocorrida no início da década de 90, trouxe uma nova realidade à indústria brasileira: a concorrência com a redução dos níveis de faturamento, uma vez que seus produtos passaram a disputar o mercado com os produtos das empresas estrangeiras (PAIVA, 1999, apud WALTER, 2000).

Neste mercado, para que as empresas possam tornar-se competitivas, precisam produzir lotes cada vez menores de uma ampla variedade de produtos com preços compatíveis, qualidade intrínseca (que envolve todo o ciclo dos produtos, desde o projeto até os serviços de pós-venda), e atendimento do prazo de entrega. Isto implica a necessidade de

sistemas produtivos que tenham capacidade de responder rapidamente às constantes flutuações de demanda do mercado.

Em busca de adaptação às novas condições, as empresas nacionais têm investido em métodos e sistemas de aprimoramento de seus processos produtivos, visando a otimização de seus recursos. Técnicas e ferramentas de qualidade e de gestão de processos vêm sendo implementadas, a fim de obter produtos que atendam as expectativas dos clientes com margens de lucro que garantam a sobrevivência do negócio.

O Sistema de Produção Enxuta, ou Sistema Toyota de Produção (doravante chamado STP) passou a ganhar notoriedade justamente no auge da crise do petróleo ocorrida na década de 70, devido aos resultados apresentados pela *Toyota Motor Company*, que se utilizava dos princípios e técnicas do STP para reduzir seus custos de fabricação, obtendo margens de lucro superiores à de seus concorrentes.

O STP possui vários componentes, como o *kanban*, o *just-in-time*, a troca rápida de ferramentas, o nivelamento da produção e o fluxo contínuo. A implementação destes demanda algumas modificações profundas no sistema produtivo, inclusive no *layout* industrial.

Segundo Monden (1984) a otimização do *layout* possibilita a eliminação de uma série de perdas existentes devido à movimentação e transporte de materiais e produtos, além de estimular o trabalho em equipe e facilitar o *feedback* de qualidade, gerando melhores índices de qualidade e produtividade.

A execução do projeto do *layout* industrial deve estar alinhada às novas necessidades das empresas, criando um ambiente onde as modernas técnicas de produção possam ser implementadas, a fim de garantir o crescimento e sobrevivência do negócio.

1.2 TEMA E OBJETIVOS

O presente trabalho tem como tema o projeto do *layout* industrial em sistemas de Produção Enxuta. Através da execução de um projeto de *layout* feito no estudo de caso com o método *Fac Plan**, pretende-se avaliar os resultados obtidos com a aplicação do método, e identificar os relacionamentos existentes entre os componentes do STP e o *layout* industrial.

**Fac Plan* é um método de planejamento sistemático de *layout* proposto por Lee (1998), que aborda desde a localização global até o projeto das estações de trabalho.

1.2.1 Objetivos Gerais

Os objetivos gerais do trabalho são:

- Aplicar o método *Fac Plan* para executar o projeto do *layout* industrial de uma empresa fabricante de bolas e avaliar os resultados obtidos com o mesmo;
- Identificar os relacionamentos existentes entre os componentes do STP e o *layout* industrial.

1.2.2 Objetivo específico

O objetivo específico do trabalho é construir um projeto de *layout* que viabilize a implementação de novos conceitos de gestão industrial na empresa em questão.

1.3 JUSTIFICATIVA

Apesar da forte pressão a que estão submetidas as empresas nacionais devido à concorrência em escala mundial, poucas são as que conseguiram atingir padrões mundiais de qualidade e produtividade. O medo da mudança e o apego aos paradigmas fazem com que as empresas permaneçam presas a conceitos ultrapassados de gestão de manufatura.

Mudanças drásticas na estrutura organizacional e nas instalações fabris são necessárias para que estas empresas se adaptem às novas exigências do mercado e se tornem competitivas.

O *layout* industrial é um fator importante na reorganização das estruturas fabris. Porém, muitas vezes seu projeto não é realizado de forma sistemática, ficando sob responsabilidade de pessoas não preparadas. O resultado, em muitos casos, é um *layout* que dificulta o fluxo de materiais e de pessoas, gerando uma série de perdas no processo produtivo.

A pouca literatura existente sobre o projeto de *layout* industrial dificulta e limita a aplicação de métodos de planejamento que levem em conta as características da empresa e os fatores que impactam em sua competitividade.

Este trabalho contribui para aprofundar o conhecimento a respeito do método *Fac Plan*, que viabiliza a criação de um ambiente produtivo mais alinhado às modernas técnicas de gestão industrial, como o STP.

A empresa onde foi realizado o estudo de caso passa por um processo de mudança de tecnologia. Novos equipamentos para a fabricação de bolas foram adquiridos modernizando o processo de manufatura, a fim de obter melhorias na qualidade e produtividade da empresa. A configuração da planta industrial sofrerá grandes mudanças, e conseqüentemente um novo *layout* industrial deverá ser projetado a fim de atender às novas necessidades.

1.4 MÉTODO

O trabalho apresenta um estudo de caso, sendo, portanto uma pesquisa experimental. Em princípio, realizou-se uma revisão bibliográfica com o intuito de possibilitar o entendimento dos aspectos relevantes do estudo, e de formar uma base sólida de conhecimentos que auxiliasse a compreensão de todas as etapas desenvolvidas no estudo de caso.

No estudo de caso foi executado um projeto de *layout* de uma empresa fabricante de bolas seguindo as etapas propostas pelo método *Fac Plan*, permitindo assim a avaliação dos resultados obtidos com a aplicação do mesmo.

Por fim foram identificados os relacionamentos existentes entre os componentes do STP e o *layouts* industrial, utilizando-se da base conceitual apresentada na revisão bibliográfica e dos resultados obtidos no estudo de caso.

1.5 ESTRUTURA

A estrutura do presente trabalho é a seguinte:

O capítulo 1 apresenta o tema, a contextualização do assunto tratado, os objetivos geral e específico do trabalho, a justificativa, o método, a estrutura e suas limitações.

O capítulo 2 é a revisão bibliográfica, que apresenta a evolução dos sistemas produtivos, os conceitos e componentes do STP, a relação do *layout* industrial com o STP, os tipos de *layout* industrial e seus modelos de planejamento, e a influência do *layout* na gestão da manufatura e das pessoas.

O capítulo 3 descreve o método de planejamento de *layout Fac Plan* proposto por Lee (1998), apresentando os níveis do projeto, suas fases de execução e o modelo de planejamento do macro espaço, que será o nível* abordado no estudo de caso.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso, onde foi construído o projeto de *layout* de uma empresa fabricante de bolas. Neste capítulo são executadas as etapas do planejamento do macro espaço propostas pelo método *Fac Plan*, tendo como resultante a criação de três opções de *layout*, as quais foram avaliadas segundo critérios definidos pela equipe do projeto.

O capítulo 5 apresenta os relacionamentos entre o *layout* industrial e os componentes do STP. Primeiramente apresenta-se os relacionamentos existentes no modelo do STP proposto por Ghinato (1996), em seguida são apresentados os relacionamentos identificados neste trabalho.

O capítulo 6 apresenta as considerações finais do estudo e as sugestões para trabalhos futuros.

1.6 LIMITAÇÕES

As limitações do trabalho são as seguintes:

- O trabalho aborda o terceiro nível do método *Fac Plan*, o planejamento do macro espaço, os demais níveis não serão abordados neste trabalho, por uma questão de foco e de necessidade da empresa em questão;
- A pesquisa restringe-se às operações de manufatura, não envolvendo as áreas de apoio e administrativas da empresa; pois as mesmas estão localizadas em outra planta.

*O método *Fac Plan*, é composto por 5 níveis: localização global, planejamento do supra espaço, planejamento do macro espaço, planejamento do micro espaço e planejamento do sub-micro-espaço.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE FABRICAÇÃO

A história da humanidade está ligada à capacidade de converter matérias-primas em produtos utilizáveis. Neste sentido, os sistemas produtivos vêm assumindo um papel cada vez mais importante na sociedade moderna, pois o mercado globalizado exige melhorias contínuas nos produtos em termos de qualidade, custos e entregas, que só podem ser obtidas num ambiente flexível, capaz de mudar rapidamente, adaptando-se à redução do ciclo de vida dos produtos sem perder a confiabilidade do processo (BLACK, 1998; HALL e FORD, 1998).

Na sociedade atual não há mais espaço para indústrias que não estejam sintonizadas com as necessidades de seus clientes, a época em que a indústria podia vender tudo que produzisse acabou. Segundo Ohno (1997), os valores sociais mudaram, os produtos não podem mais ser vendidos a não ser que satisfaçam os desejos de cada consumidor, cada um dos quais com conceitos e gostos diferentes.

Black (1998) acredita que esta revolução mercadológica e dos sistemas produtivos foi causada pela evolução da indústria japonesa. Seus preços são competitivos e de qualidade superior. Desenvolveram-se técnicas para reduzir níveis de inventários, as quais resultam em um melhor fluxo de caixa devido à maior frequência de giro dos estoques. A idéia de que este sucesso é apenas resultado de uma longa jornada de trabalho não se sustenta quando produtos complexos e de qualidade são produzidos. A verdade é que os japoneses desenvolveram um novo sistema produtivo, que é funcional e operacionalmente diferente dos outros.

O Sistema Toyota de Produção (STP) começou a chamar a atenção a partir de 1973. Segundo Ohno (1997), neste ano, a crise mundial do petróleo seguida de recessão afetou governos, empresas, e sociedades no mundo inteiro. Mas na *Toyota Motor Company*, embora os lucros tivessem diminuído, ganhos maiores que o de outras empresas foram mantidos, e a diferença cada vez maior entre ela e as outras companhias fez com que as pessoas se perguntassem o que estaria acontecendo naquela empresa.

Womack et al. (1992) apresentaram um relato dos sistemas produtivos adotados pelas principais fábricas de automóveis do mundo, e concluíram que a substituição do modelo de organização da produção em massa pelo modelo de produção enxuta, parecia se apresentar como a única saída viável para as companhias que pretendiam assegurar uma posição competitiva.

Passadas três décadas do despertar do mundo para o STP, poucas empresas no Brasil e no mundo souberam tirar proveito de seus conceitos e técnicas a fim de promover a verdadeira revolução na lógica de produção que o sistema propõe. O que tem ocorrido com frequência são tentativas de implementação de ferramentas isoladas, como o *kanban*; que acabam não trazendo os resultados esperados, ao contrário, muitas vezes causam caos e retrocessos no processo produtivo. Qual o motivo desta dificuldade encontrada pelas empresas na adoção do STP? Por quê a maioria das empresas continua agarrada aos moldes da produção em massa de Henry Ford? Para Ghinato (1996) a provável resposta é um velho conhecido e sempre presente fator: o medo de enfrentar a mudança. As empresas permanecem agarradas aos paradigmas consagrados no passado, entre eles, os princípios e conceitos utilizados no projeto do *layout* industrial.

2.2 COMPONENTES DO STP

O STP é uma filosofia de negócio que tenta otimizar a organização para atender da melhor maneira as necessidades do cliente, produzindo produtos com o menor custo possível, com a mais alta qualidade, e com o menor prazo possível. Isto só pode ser obtido através da constante perseguição e eliminação das perdas existentes no processo.

A figura 1 apresenta a estrutura simplificada do STP. Na parte superior estão os objetivos do sistema: redução de custo, aumento de qualidade e redução de *lead time*, tendo como foco central o cliente. Estes objetivos são sustentados por dois pilares que contém os componentes *just-in-time* e *jidoka*.

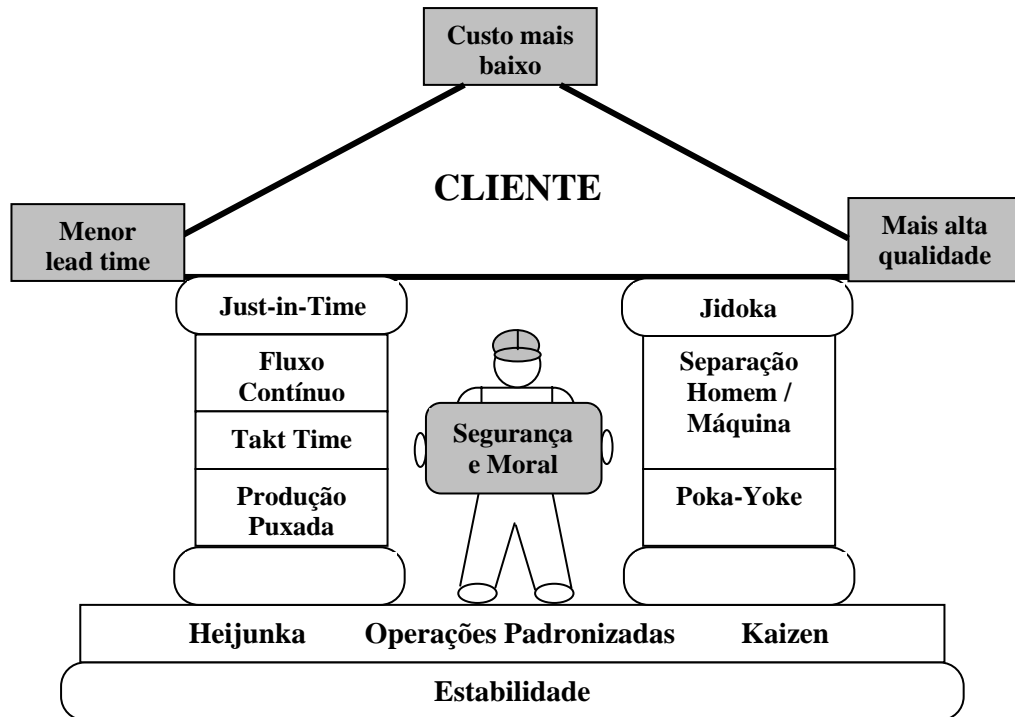


Figura 1 – Estrutura simplificada do STP, Ghinato in Almeida e Souza (2000)

Os principais componentes do STP – Segundo Ghinato in Almeida e Souza, 2000 – são:

- *Just-in-time*: é uma técnica de gestão, que visa abastecer cada processo com os itens certos, na quantidade certa, no momento certo, sem geração de estoques. O JIT é viabilizado através do *kanban*;
- Fluxo *contínuo*: é o resultado da eliminação das interrupções no fluxo de materiais através da eliminação das perdas ao longo do processo de fabricação. O fluxo contínuo é obtido com o rearranjo do *layout* de forma que o fluxo de materiais tenha a mesma seqüência do fluxo de processo, e que um fluxo unitário de produção possa ser implementado;
- *Takt time*: é o tempo necessário para a produção de um componente ou produto de acordo com a demanda do cliente. Significa produzir no mesmo ritmo da demanda do mercado;
- Produção puxada: significa produzir somente o que o processo subsequente retirar/consumir. Com a produção puxada, o ritmo da demanda do cliente final repercute ao longo de toda cadeia produtiva, desde o armazém de produtos

acabados até os fornecedores de matéria-prima. A informação de produção flui de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo de materiais.

- *Jidoka* ou automação: pode ser traduzido como automação com toque humano, ou seja, dotar as máquinas e equipamentos de capacidade para operarem sozinhas, com a inteligência humana para parar quando alguma anormalidade na operação é detectada. Porém, automação não se aplica somente às máquinas, mas também aos operadores, e significa dar-lhes autonomia para parar a produção quando alguma anormalidade é detectada.
- *Separação homem/máquina*: é a base da automação, significa separar as funções executadas pela máquina e pelo operador, dando à máquina a autonomia para parar caso alguma anormalidade seja detectada, liberando o operador para operar mais de uma máquina, aumentando assim a produtividade/homem.
- *Poka-Yoke*: são dispositivos de detecção de anormalidades, que bloqueiam as interferências na execução de uma operação, impedindo a execução irregular de uma atividade.
- *Heijunka*: é o nivelamento da produção em termos de volume e variedade dos produtos. É a programação de uma seqüência de montagem capaz de atender uma demanda por diferentes produtos.
- *Kaizen*: é a melhoria contínua de uma atividade focada na eliminação das perdas, de forma a agregar mais valor ao produto/serviço com um mínimo de investimento.
- *Padronização das operações*: visa estabilizar o processo para que as perdas possam ser identificadas, e as ações de melhoria possam ser planejadas.

2.3 O STP E O LAYOUT INDUSTRIAL

A estrutura de produção é o agrupamento de operações produtivas. No ambiente da manufatura, isto se caracteriza pelo *layout* fabril. Seu projeto tem um significativo impacto na performance dos sistemas de manufatura e afeta diretamente os resultados da empresa, sendo decisivo para sua sobrevivência no mercado competitivo mundial (YANG et al., 2000; CANEN e WILLIAMSON, 1998; DHONDT e BENDERS, 1998).

Lee (1998) afirma que o *layout* pode ser a essência da produção eficiente, desde que seu projeto trate desde a localização global até as estações de trabalho, tendo como resultado um ambiente que integra pessoas, serviços, produtos, informações e tecnologia.

A otimização do *layout* industrial possibilita a eliminação de uma série de perdas existentes no processo produtivo: eliminação das horas-homem de transporte, que normalmente representam 45% do tempo total do processo de fabricação e não agregam valor ao produto; melhoria nos índices de qualidade, devido à maior rapidez no *feedback* da informação; redução do *lead time* produtivo, que viabiliza a produção contra pedido; redução dos inventários entre processos; aumento da produtividade, devido aos operários multifuncionais; e aumento da motivação e comprometimento dos funcionários, por trabalharem diretamente em várias funções e participarem mais ativamente no resultado da empresa (SHINGO, 1996; MONDEN, 1984).

Qualquer alteração no *layout* existente representa um custo elevado e não é facilmente realizada (Sha e Chen, 2001), porém sua reconfiguração representa a oportunidade de mudar a filosofia de trabalho de toda organização (Hall e Ford, 1998). Para Shingo (1996) a melhoria do *layout* industrial é uma pré-condição fundamental para estabelecer o fluxo contínuo, tão crucial ao STP.

2.4 TIPOS DE *LAYOUT* INDUSTRIAL

Black (1998) descreve desta forma a evolução dos projetos de *layout*:

“Na primeira revolução industrial as fábricas direcionaram os recursos (materiais, trabalhadores e processos) para os locais em que havia energia disponível. A energia da água era usada pela maioria, e então as primeiras fábricas se localizavam perto de riachos. A água movia rodas d’água que giravam eixos que percorriam todo o comprimento da fábrica. Correias ligadas ao eixo principal moviam cada máquina. O agrupamento de máquinas iguais que precisavam funcionar na mesma velocidade era lógico e conveniente.

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

2.4.1 *Layout* funcional (*job shop*)

É o *layout* mais comum, caracterizado por grande variedade de componentes e máquinas de uso genérico. Neste tipo de *layout* as máquinas ou postos de trabalho são

agrupados segundo o tipo de operação que realizam, e as peças são movimentadas em lotes de um setor para outro (MONDEN, 1984).

A figura 2 apresenta um exemplo de *layout* funcional em fábricas que se utilizam de processos de usinagem. Nelas, os tornos são instalados como um bloco, agrupados num único setor. Da mesma forma ocorre com as furadeiras, as fresas e as retíficas. Após o processo de tornear estar completo as peças são enviadas em grandes lotes ao processo de furação, e posteriormente aos demais processos, até as peças serem concluídas.

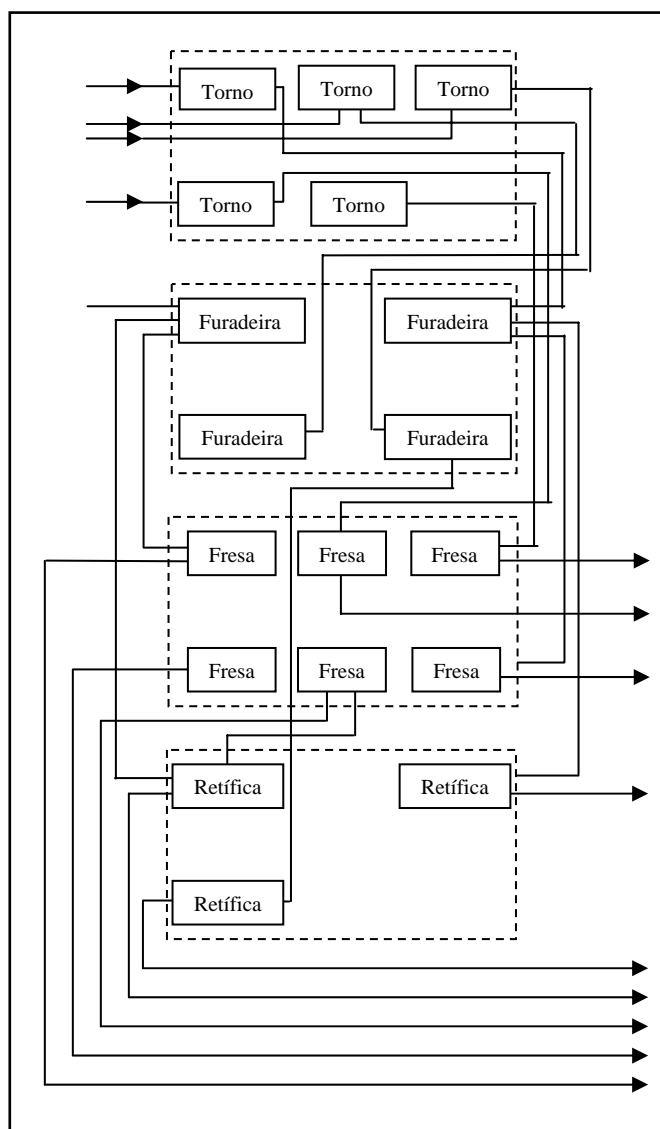


Figura 2 – Layout funcional, Black (1998)

O *layout* funcional é um ambiente favorável para a produção em massa devido à sua capacidade de produzir uma grande variedade de produtos, e sua flexibilidade para absorver alterações de demanda. Cada peça diferente, que requer sua própria seqüência de operações, pode ser direcionada através dos departamentos na ordem apropriada. Porém, conforme a

empresa cresce, o *layout* funcional torna-se mais difícil de administrar (DHONDT e BENDERS, 1998; KANNAN e GHOSH, 1996; BLACK, 1998).

Para Kumar e Motwani (1998), algumas características do *layout* funcional são longo *lead time* produtivo, baixa eficiência, e alto custo de produção. Estes fatores são refletidos no ambiente fabril com excessivos movimentos de material em termos de volume e distância, excessivo número de *setups*, grande área ocupada, excessivo estoque em processo, altos tempos de espera, longas filas de materiais, grandes lotes de fabricação, e rígidos fluxos de informações.

As empresas que utilizam o *layout* funcional vêm sofrendo declínio em sua performance nas últimas décadas devido aos longos e complexos fluxos que os materiais têm que percorrer, causados por expansões da planta, mudanças no processo, ou uma combinação dos muitos fatores dinâmicos envolvidos na manufatura (MARSH et al., 1997).

2.4.2 *Layout* em linha (*flow shop*)

Numa estrutura em linha os postos de trabalho são agrupados de acordo com a seqüência de operações necessárias para produzir um produto em particular, sendo uma característica forte das montadoras de veículos no início da produção em massa (DHONDT e BENDERS, 1998).

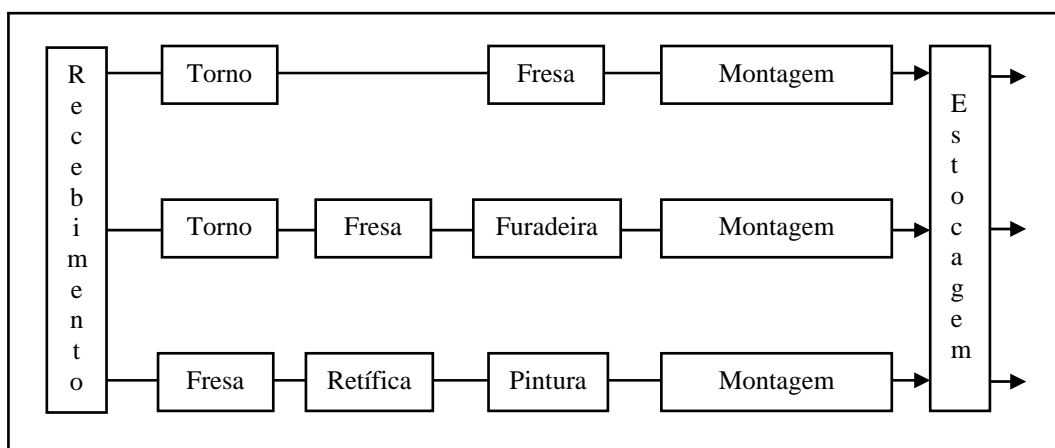


Figura 3 – *Layout* em linha, Black (1998)

Este tipo de *layout* tem disposição física voltada para o produto, e suas instalações são organizadas de acordo com sua seqüência de operações, conforme ilustrado na figura 3. Normalmente a planta inteira é desenhada exclusivamente para fabricação de um produto em

particular, e são necessários equipamentos especializados agrupados em uma linha contínua. Os custos e riscos dos equipamentos e ferramentas especializadas são altos, pois precisam ser operados por longos períodos de tempo de forma que o investimento possa ser amortizado. Mudanças desejadas no perfil do produto devem ser evitadas ou atrasadas, pois os equipamentos não são flexíveis. Normalmente os produtos são movimentados através de dispositivos como esteiras e correias, que são ajustadas para operar na velocidade mais rápida possível, independentemente das necessidades do sistema (BLACK, 1998).

Segundo Dhondt e Benders (1998), neste tipo de *layout* as atividades de planejamento e divisão de tarefas são centralizadas no responsável pela área. A possibilidade de qualificação dos trabalhadores é limitada, devido à grande divisão de tarefas e à transferência das habilidades de produção dos operadores para as máquinas.

2.4.3 Layout Celular

Segundo Efstathiou e Golby (2001) as empresas de manufatura estão atentas à importância de atender seus clientes com entregas pontuais e confiáveis. Este importante aspecto dos negócios pode ser facilitado pela organização da fábrica em células de manufatura ao invés de *layouts* com foco em processos.

Células de manufatura, conforme ilustra a figura 4, são grupos dedicados que produzem uma família de componentes ou produtos similares. As células contêm diferentes tipos de equipamentos, que são necessários para realizar todas as operações do produto ou componente. Estes equipamentos são posicionados na mesma seqüência das operações a fim de minimizar perdas com movimentações e transportes (BLACK, 1998; LIAO et al., 1996).

Para Black (1998) nas células de manufatura os produtos gastam menos tempo para atravessar os processos, as peças são menos manuseadas, o tempo de regulagem das máquinas e o estoque em processo são menores, e o trabalhador é melhor utilizado. Por trabalharem com famílias de peças com características fabris similares as trocas rápidas de ferramentas permitem agilidade na mudança de um componente para outro. Flexibilidade é a característica chave destes sistemas, pois podem reagir rapidamente a mudanças na demanda, no projeto, ou no mix dos produtos.

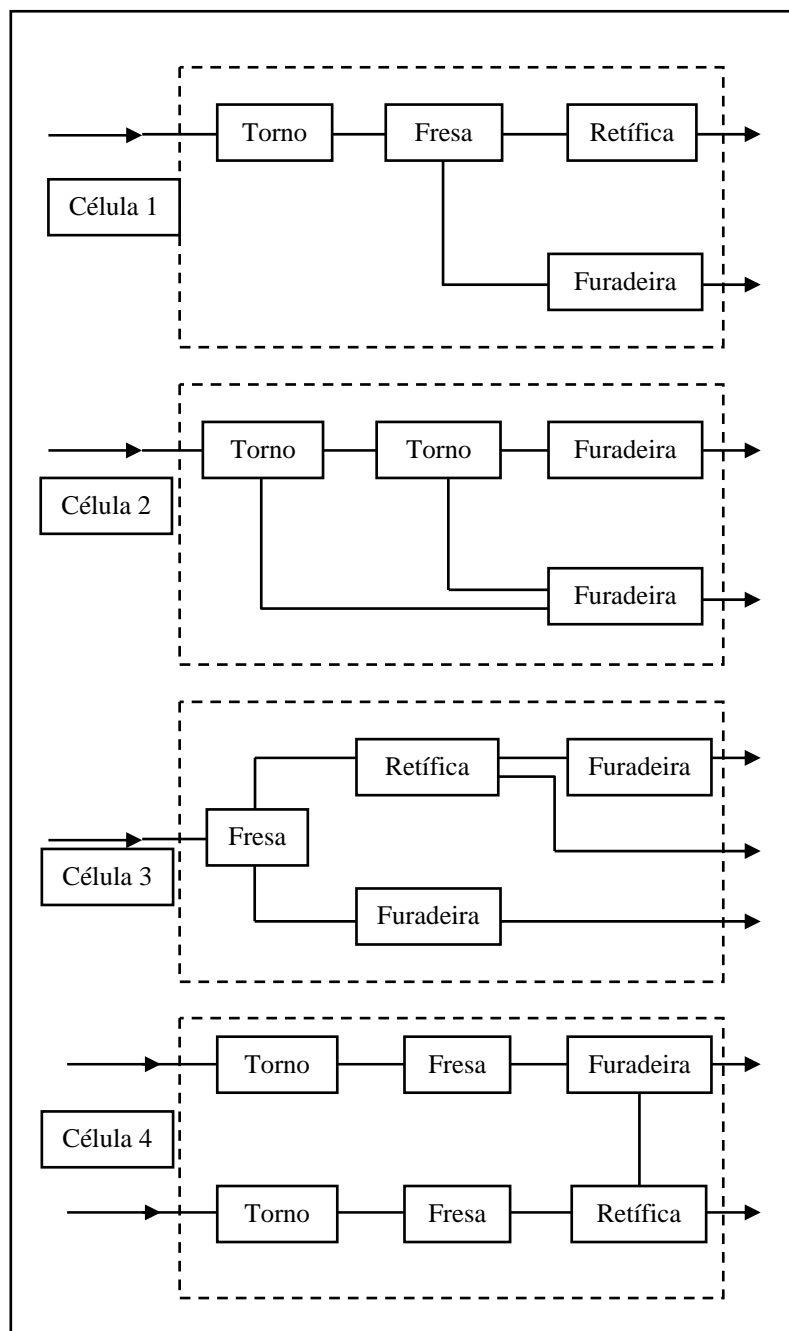


Figura 4 – Layout celular, Black (1998)

Liao et al. (1996) afirmam que as células têm sido benéficas para algumas companhias porque podem reduzir o *lead time*, o transporte de material, os tempos de *setup* e o estoque em processo. As empresas que adotam células focadas em produtos específicos obtêm alta eficiência, mas perdem a flexibilidade para lidar com a variedade e as mudanças nas demandas de seus clientes. Problemas de desbalanceamentos, com algumas células subutilizadas, e outras com altas taxas de ocupação são observados quando ocorrem mudanças de

mix. Este problema de desbalanceamento pode ser facilmente resolvido através da compra de novos equipamentos. Esta solução, entretanto, pode não ser tão eficiente em termos de custos.

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

Alguns dos princípios da manufatura celular podem ser implementados em empresas que operam com estrutura funcional sem a necessidade de alterar o *layout* industrial existente. Através de planejamento adequado e da utilização de regras de formação de famílias, as máquinas podem ser temporariamente dedicadas a famílias de produtos. Rotas específicas para cada família são criadas, e os produtos passam de máquina a máquina até serem finalizados. A diferença das células tradicionais é que as máquinas não precisam ficar fisicamente juntas, mesmo estando em setores diferentes elas processam produtos da mesma família, criando uma espécie de célula virtual com as vantagens dos dois sistemas; a eficiência de *setup* das células, e a flexibilidade para absorver variações de demanda da estrutura funcional (KANNAN e GHOSH, 1996).

2.4.3.1 Métodos para formação de células de manufatura

As células de manufatura normalmente são projetadas com base em tecnologia de grupo, rotas de produção ou linha de produtos. Os projetos de linha de produtos consideram variação de modelos e de produção, e geralmente não requerem procedimentos sofisticados. Os projetos baseados em tecnologia de grupo e rotas de produção não consideram as variáveis de produção como volume, rotas alternativas, utilização de máquinas, transporte de material, *lead time* de produção, entre outros, e requerem uma classificação e codificação de todos os produtos, gerando dificuldades operacionais como desbalanceamentos, fluxo entre células e restrições de capacidade. Recentemente alguns projetos baseados nas rotas de produção começaram a levar em consideração algumas variáveis e objetivos operacionais, como maximização da utilização de recursos, minimização do capital investido, e transporte de material (LIAO et al., 1996).

A forma tradicional de formação de células é a baseada em tecnologia de grupos, onde os produtos fabricados pela empresa são agrupados em famílias com base na similaridade de formatos ou atributos de manufatura. Uma vez determinadas as famílias, as máquinas necessárias para o processamento dos produtos que as compõem são reunidas em grupos ou células. A disposição das máquinas na célula obedece a seqüência de manufatura. Assim, cada célula fica especializada numa família de peças ou produtos específicos (STOCKTON e LINDLEY, 1995; LEE, 1998).

Há vários métodos para definir as famílias de peças ou produtos: métodos de julgamento, técnicas de observação, análises do fluxo de produção (AFP), e classificação por codificação (C/C). O método AFP é simples, barato e rápido. Ele utiliza a informação disponível nos roteiros de fabricação dos produtos para agrupá-los através de uma análise matricial. No método de classificação por codificação, há códigos de projeto, códigos de manufatura, e códigos que cobrem ambos. A classificação separa os itens em classes ou famílias, baseadas nas suas semelhanças de forma, função, material, tamanho e processos de manufatura (LEE, 1998).

Para Stockton e Lindley (1995), as técnicas usadas para identificar famílias de produtos normalmente são inadequadas por uma série de razões:

- É impossível identificar produtos similares suficientes para formar uma família, sistemas híbridos geralmente são necessários;
- As células não conseguem realizar todas as operações necessárias para o produto;
- As células formadas reduzem a flexibilidade do sistema, pois restringem as mesmas a determinados produtos que podem ter sua demanda ou seu mix alterado.

A alternativa é a formação de células individuais, cada uma delas representando um estágio individual na rota de processamento de todos os componentes produzidos na empresa.

Segundo Efstathiou e Golby (2001) os problemas de projeto de células encontrados na realidade têm um diferente nível de complexidade daqueles usados nos algoritmos desenvolvidos na literatura. Restrições como espaço físico, número de máquinas, etc, limitam o tamanho das células. Os autores propõem um método rápido e simples para a conversão de um *layout* funcional em celular. Através da análise da demanda e da seqüência operacional,

identificam todas as seqüências ativas de máquinas, com as demandas associadas. As seqüências núcleo, que satisfazem a demanda significativa, são usadas como base, em volta das quais serão construídas as células.

2.5 ANÁLISE DOS TIPOS DE *LAYOUT*

A estrutura funcional pode ser claramente distinguida das demais, porém é mais difícil distinguir a estrutura em linha da estrutura de células de manufatura, pois em ambas, as máquinas são agrupadas de acordo com a seqüência de operações a ser realizada.

Segundo Dhondt e Benders (1998), a diferença está na característica de seus *outputs*. As estruturas em linha produzem um número limitado de produtos (de preferência apenas um), e têm dificuldade em responder a variações de demanda ao longo do tempo. Em contraste, as células de manufatura lidam com famílias de produtos, e com variações de demanda ao longo do tempo.

Para Kannan e Ghosh (1996) a maioria das evidências disponíveis sugere que os *layouts* em linha e celular têm uma performance menor do que o *layout* funcional quando o ambiente demanda flexibilidade para lidar com mudanças das condições do mercado, pois freqüentes alterações no *layout* das linhas e células acarretam em altos custos devido ao tempo e recursos necessários.

Para Dhondt e Benders (1998) o *layout* funcional vem sendo duramente criticado devido a sua incapacidade de prover, às empresas e seus funcionários, uma estrutura que permita a produção com um baixo nível de perdas e um bom ambiente de trabalho. A figura 5 apresenta a típica utilização do tempo produtivo nesta estrutura.

As células de manufatura podem ser vistas como uma estrutura intermediária entre a estrutura funcional e a estrutura em linha. Como a estrutura em linha, ela oferece uma coordenação simples e um fluxo de produção suave, mas não tem as suas desvantagens de monotonia, baixa multifuncionalidade e longos tempos de espera (DHONDT e BENDERS, 1998).

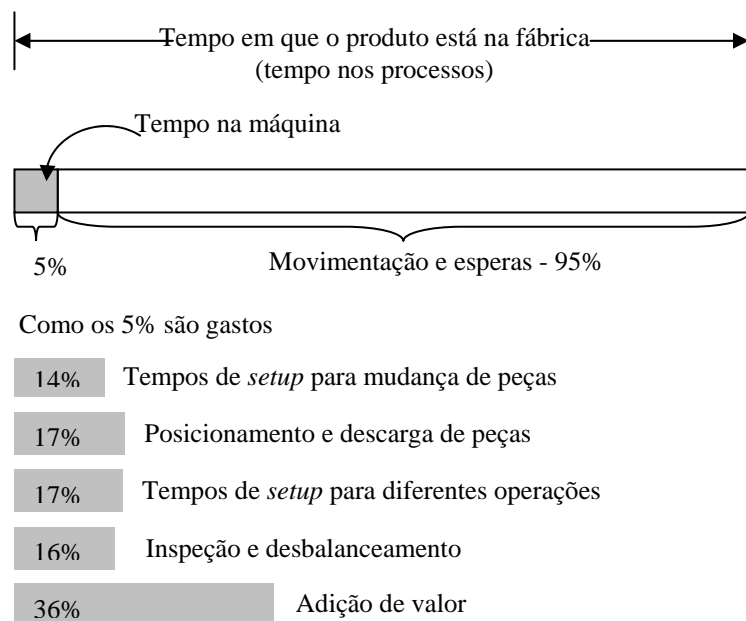


Figura 5 – Utilização típica do tempo produtivo, Black (1998)

A indústria vem convivendo há muito tempo com o problema de produzir grandes quantidades mais eficientemente num ambiente de constantes mudanças na demanda e na tecnologia. Com isso, muitas formas híbridas além das três citadas acima podem ser encontradas (KANNAN e GHOSH, 1996; DHONDT e BENDERS, 1998).

2.6 DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DE *LAYOUT*

Para Lee (1998) a estratégia é a abordagem ou filosofia dominante que orienta o projeto do sistema de produção ou negócios. As estratégias operacionais freqüentemente determinam a competitividade e o destino final de uma organização. O problema é: com base em que critérios devemos dividir nosso espaço, pessoas, e máquinas em unidades gerenciáveis? Há várias respostas possíveis, como: produtos, processos, mercados, clientes, área geográfica e necessidades de suporte. Uma fábrica focalizada em produtos agrupa as operações em departamentos que focalizam os produtos. Cada departamento deve ter todo o equipamento e as habilidades necessárias a todas as operações dos produtos lá processados. Um foco no processo permite que cada departamento se especialize num processo específico. Porém, muitas das vantagens observadas no foco no processo são ilusórias na prática.

O foco no produto simplifica o controle de custos e de planejamento de produção, facilita a comunicação pessoal e a administração, pois encoraja naturalmente o trabalho em equipe e reduz o fluxo de materiais e as movimentações entre departamentos, pois as

distâncias são mais curtas. Dos funcionários, é exigida uma gama mais ampla de habilidades e conhecimento, enriquecendo as funções e reduzindo a rotatividade. O foco no produto permite a redução do estoque de produtos acabados, melhorando o desempenho e a confiabilidade da entrega. Normalmente altos níveis de qualidade são atingidos, devido ao rápido *feedback*, boa comunicação, fácil coordenação e forte compromisso (LEE, 1998).

Para Womack et al. (1992) as empresas que adotam o foco no produto, alinhando todas as etapas necessárias à realização do trabalho em um fluxo estável e contínuo, sem movimentos inúteis, sem interrupções, sem lotes e sem filas podem reduzir à metade a quantidade de esforço humano, tempo, espaço, ferramentas e estoques necessários para projetar e fornecer um determinado serviço ou bem.

Segundo Lee (1998) como uma operação focalizada no processo deve abordar uma variedade mais ampla de produtos, a alocação de custos indiretos é mais difícil, e os tempos de *throughput** são muito prolongados, não conseguindo responder rapidamente às mudanças no mix ou volume. Por outro lado, concentra as habilidades associadas ao processo produtivo, permitindo uma qualidade superior para processos complexos e técnicos.

Desenvolver uma estratégia adequada para o planejamento da instalação significa identificar o foco mais adequado às instalações em todos os níveis. Às vezes, o foco exclusivo no produto é impraticável, então, o uso de abordagens combinadas deve ser considerado. Os projetos devem buscar o mais alto grau de foco no produto possível, usando o foco no processo, somente quando habilidades específicas e processos de larga escala o tornam necessário (LEE, 1998).

2.7 PLANEJAMENTO DO *LAYOUT* INDUSTRIAL

O projeto do *layout* industrial é o arranjo do espaço de trabalho, e seu planejamento constitui-se num importante recurso gerencial logístico, além de ser vital na melhoria da produtividade das organizações.

* Tempo de *throughput* é o tempo de atravessamento, ou seja, o intervalo de tempo entre a chegada do item/produto ao setor até a saída do mesmo, considerando todos elementos do processo, inclusive as perdas.

Fatores como segurança, gerenciamento visual e mix de produtos, além dos aspectos quantitativos, devem ser levados em conta no processo de decisão. O ideal é que o projeto de uma instalação parta do geral para o particular, ou seja, da localização global para o posto de trabalho. As questões estratégicas maiores devem ser decididas em primeiro lugar (LEE, 1998; CANEN e WILLIAMSON, 1998).

Tempo considerável deve ser gasto na fase conceitual do planejamento do *layout*, adicionando o aspecto humano ao projeto em si. Balancear as restrições financeiras de curto prazo, os recursos do meio ambiente, e os conceitos de qualidade, é o maior desafio. Decisões financeiramente corretas talvez não combinem com os aspectos de qualidade necessários. Tradicionalmente o planejamento do *layout* foca exageradamente no curto prazo, quando seus retornos de investimento normalmente ocorrem em longo prazo (HALL e FORD, 1998).

2.7.1 Planejamentos de *layout* baseados na experiência

Existem várias formas de elaborar o projeto do *layout*. Um deles é a formação de times em que especialistas de diferentes áreas interagem para desenvolver propostas baseadas em sua própria experiência e criatividade; a qualidade da solução depende dos especialistas que dão os *inputs* durante o processo do projeto. Todas soluções possíveis são avaliadas de acordo com critérios pré-definidos, e a melhor, segundo os participantes da equipe, é selecionada. Este método pode se tornar tedioso e levar muito tempo, entretanto leva em conta a experiência humana, que sempre deve ser considerada para auxiliar nos processos de tomada de decisão (CANEN e WILLIAMSON, 1998; YANG et al., 2000).

Um exemplo de projeto de *layout* baseado em experiência é citado por Engstrom et al. (1998), que relata o projeto da planta de Uddevalla da Volvo da seguinte forma:

“O projeto da planta de Uddevalla foi feito através de um processo de lógica interna, onde cada opção foi eliminada através de decisões irreversíveis até que uma única alternativa restou, uma alternativa pouco ortodoxa, que, por exemplo, utilizava operações com longos tempos de ciclo nunca utilizadas antes em produção de automóveis em larga escala.

O planejamento da planta foi condicionado a várias restrições, e cada decisão criava restrições para as decisões futuras. Os principais aspectos das restrições – que estão presentes na maioria dos projetos de *layout* – eram: tipo de produto manufaturado, capacidade de produção, utilização de espaço, eficiência de movimentação e transporte de material, coesão do grupo de trabalho, e restrições orçamentárias. A sucessiva inclusão de restrições durante o processo de projeto do *layout* o conduziu a uma direção específica.

O processo do projeto industrial não foi direcionado por conceitos, os elementos do projeto que existiam por compromissos prévios, e contingências externas foram sucessivamente adicionados, gerando um racional sistema de produção integrada, assim como o foi o processo do projeto japonês da produção enxuta, como relatado pelo próprio Ohno (1998). O processo do projeto gerou novos conceitos de produção, ao invés de implementar conceitos pré-existentes”.

2.7.2 Planejamentos de *layout* com algoritmos computacionais

Existem dois tipos básicos de programas computacionais: métodos de melhoramentos e métodos de construção. O método de melhoramento parte de um *layout* inicial, e os resultados são avaliados segundo os efeitos causados na localização das estações de trabalho. Estes métodos dependem fortemente do *layout* inicial que foi considerado. O método de construção parte de um esboço, onde cada estação de trabalho é alocada e somente uma solução é gerada, muitas vezes longe da expectativa. Existem também métodos híbridos, que combinam os métodos de melhoramento e de construção (CANEN e WILLIAMSON, 1998).

Segundo Canen e Williamson (1998), muitos modelos matemáticos estão disponíveis na literatura para encontrar soluções ótimas para o problema do projeto do *layout*, como os modelos de Koopmans e Beckmann, que montaram um problema quadrático; Houshyar e White, problema de programação de integrais; Rosenblat, problema de programação dinâmica; Palekar et al., problema de incertezas; e Shang, problema de múltiplos critérios. Entretanto, quando o número de estações de trabalho é grande, os modelos tornam-se complexos e difíceis de lidar analiticamente. Obter todos os dados necessários que os modelos requerem também é complicado.

Os métodos de algoritmos computacionais geralmente simplificam as restrições e os objetivos do projeto a fim de obter uma função objetivo com uma solução viável. Estes métodos geralmente envolvem dados quantitativos, e suas soluções são fáceis de avaliar comparando-se os valores da função objetivo. Os *outputs* destes métodos geralmente necessitam de alterações para satisfazer requerimentos do projeto, como formato dos departamentos, suprimento de utilidades, sistemas de transporte de materiais, aspectos ergonômicos, armazenamento de material em processo, utilização de espaço, etc. (YANG et al., 2000).

2.7.3 Planejamentos sistemáticos de *layout*

Os métodos de planejamento sistemático de *layout* podem incorporar ambos aspectos, qualitativos e quantitativos. Nestes métodos o processo do projeto é dividido em várias etapas, que são resolvidas seqüencialmente. O sucesso destes métodos depende da qualidade das alternativas geradas, que normalmente são consequência da experiência dos projetistas. A escolha da melhor alternativa é dificultada quando múltiplos objetivos são considerados (YANG et al., 2000).

Para Muther e Wheeler (2000), que propõem um método de planejamento sistemático de *layout* chamado SLP – *Systematic Layout Planning* – qualquer projeto de *layout* envolve: as relações entre as diversas funções ou atividades, o espaço em uma determinada quantidade e tipo para cada atividade, e o ajuste destes dentro do planejamento de *layout*. Neste método, o planejamento do *layout* é composto de seis passos: construção do diagrama de relações, estabelecimento das necessidades de espaço, relacionamento das atividades, desenho do *layout* e das relações de espaço, avaliação dos arranjos, e detalhamento do *layout* selecionado.

Segundo Lee (1998), que propõem o método *Fac Plan*, o planejamento do *layout* pode ser dividido em cinco níveis: localização global, planejamento do supra-espaço, planejamento do macro espaço, planejamento do micro espaço e planejamento do sub-micro-espaço. O planejamento do macro espaço é o nível mais importante do planejamento da instalação. Estabelece a organização fundamental da fábrica e os padrões de fluxo de materiais, com efeitos em longo prazo. É a plataforma para a reengenharia da empresa. Pode proporcionar grandes melhorias na produtividade e lucratividade. O planejamento do macro espaço pode ser dividido em três grandes blocos: obtenção de dados, desenvolvimento de estratégia e planejamento de *layout*. Se cada tarefa for realizada na seqüência correta, o plano de espaço tomará forma e o objetivo do projeto será alcançado.

2.7.4 Planejamentos integrais de *layout*

O método de projeto integral considera possível projetar organizações em que os dois aspectos, eficiência organizacional e qualidade de vida no trabalho, podem ser tratados. Os elementos principais deste método são: a criação de estruturas de fluxo orientado, a instalação de grupos de trabalho, e o projeto de estruturas de controle descentralizadas. Este método é chamado de sociotecnologia moderna, e enfatiza a importância da estrutura organizacional.

Seguindo um número de passos, uma organização pode ser projetada com os dois aspectos sendo satisfeitos. O projeto integral não é comum, pois os gestores tendem a ser pragmáticos, tradicionais e cautelosos (DHONDT e BENDERS, 1998).

2.8 AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE *LAYOUT* COM MÚLTIPLOS OBJETIVOS

Para Sha e Chen (2001) avaliar várias soluções em projetos de *layout* de múltiplos objetivos é difícil, devido à falta de indicadores para avaliar o desempenho das alternativas. Os modelos existentes são similares em natureza, eles combinam indicadores quantitativos e qualitativos em um objetivo, entretanto, geralmente as unidades de medida dos indicadores são diferentes, tornando a operação algébrica inconsistente. A solução é encontrar uma forma de trazer as medidas e escalas ao mesmo patamar, e tratar o problema como se fosse um problema de planejamento de *layout* com apenas um objetivo.

Segundo Yang et al. (2000) o projeto do *layout* de uma fábrica é um problema com múltiplos objetivos. Para isto, um método algorítmico pode não ser adequado para prover uma solução de qualidade. A combinação do planejamento sistemático de *layout* com o processo de análise hierárquica, no qual os tomadores de decisão especificam suas preferências utilizando uma escala verbal, pode resolver com sucesso o problema do projeto de *layout* de uma fábrica, por englobar a natureza de um problema de decisão com múltiplos objetivos, e as muitas restrições subjetivas de projetos. Este método contém a simplicidade do processo de projeto e a objetividade do processo de avaliação de múltiplos critérios, ao contrário dos métodos algorítmicos que não são eficientes para resolver problemas com objetivos qualitativos, e dos métodos normais de procedimentos, que ressentem-se da falta de um método de avaliação estruturada com múltiplos critérios.

Para Lee (1998) o processo decisório flui a partir dos objetivos originais do projeto. Os fatores decisórios que são a base para a decisão são: economias na movimentação de materiais, comunicação mais eficaz, trabalho em equipe mais eficiente, custo inicial, custo operacional, melhoria de qualidade, maior confiabilidade na entrega, maior velocidade de entrega, e capacidade de usar uma tecnologia específica. As ferramentas de avaliação que podem ser utilizadas são:

- Análise do fluxo de materiais: Examina a movimentação de materiais entre as unidades de planejamento de espaço. Desenvolve uma medida que associa custo

e dificuldade. A comunicação e a coordenação mais eficazes são benefícios adicionais do melhor fluxo de materiais,

- Análise financeira: Inclui estimativa de custos e retorno sobre investimentos;
- Classificação simples: do mais preferível para o menos preferível, pode usar fatores qualitativos ou quantitativos;
- Reação intuitiva: Opinião das pessoas qualificadas. Não deve ser utilizada como ferramenta principal de avaliação, pois pode deixar aspectos importantes de fora;
- Análise PNI: é uma variação da técnica *brainstorming*, examina cada fator do plano de espaço concentrando-se inicialmente nos aspectos positivos, e então nos aspectos negativos. Finalmente, focaliza os aspectos interessantes ou únicos;
- Análise da árvore decisória: é útil quando uma série de eventos prováveis podem afetar a decisão;
- Análise de fatores ponderados: baseia a decisão em uma combinação de vários fatores, tanto qualitativos quanto quantitativos. Decide-se o peso de cada fator e classifica-se cada opção. Podem surgir questões estratégicas, que devido a seu alcance e importância ofuscam todos os outros fatores.

Projetos superiores de *layout* não são universal e prontamente aceitos pelos tomadores de decisão, pois podem derrubar noções pré concebidas e ameaçar interesses pessoais. O planejamento do *layout* também deve ser visto como um processo político, envolvendo manobras e negociações, onde grupos e pessoas defendem seus interesses de várias formas, muitas vezes abortando projetos interessantes quando ficam mais desafiadores, isto é, quando tarefas devem ser realocadas, e os interesses dos membros das organizações são envolvidos (ENGSTROM et al., 1998; DHONDT e BENDERS, 1998).

A escolha inicial da estrutura pode parecer correta, mas certamente não será a única nem a definitiva, pois seus *outputs* devem mudar a fim de acompanhar as alterações do mercado (DHONDT e BENDERS, 1998).

2.9 INFLUÊNCIA DO *LAYOUT* NA GESTÃO DA MANUFATURA E DAS PESSOAS

A qualidade de vida no trabalho também depende da escolha correta da estrutura de produção, isto é, do *layout* físico das operações. Um bom projeto de *layout* não apenas melhora processos e reduz *lead times*, como também possibilita a criação de uma boa qualidade de vida no trabalho (DHONDT e BENDERS, 1998).

Para Black (1998) a necessidade do cliente interno dita o projeto e o desenvolvimento do sistema de manufatura, embora os fatores que afetam o cliente externo, que compra o produto final, tenham a maior prioridade. Assim, a técnica é desenvolver um projeto que coloque a prioridade máxima nos fatores que afetam o cliente externo, e então adapte o sistema para satisfazer as maiores solicitações do cliente interno (os trabalhadores da produção). Resolver os conflitos entre estes dois clientes requer um ambiente onde novas idéias estejam livres de pensamentos convencionais.

Lee (1998) afirma que o foco no produto é mais compatível com abordagens mais modernas de gestão de pessoas baseadas no trabalho em equipe e no *empowerment*. O foco no processo leva aos estilos gerenciais tradicionais de comando e controle, freqüentemente exigindo uma hierarquia substancial para tratar a crescente coordenação e complexidade.

Segundo Black (1998) o fator mais importante no sucesso econômico da manufatura é a forma como seus recursos humanos, materiais, e de capital, são organizados e gerenciados, proporcionando coordenação, responsabilidade, e controles efetivos. Uma abordagem holística às pessoas é necessária, incluindo os seguintes aspectos:

- Tomadas de decisão baseadas no consenso por equipes administrativas, acopladas a tomadas de decisão no nível mais baixo possível;
- Confiança, integridade e lealdade mútua, entre trabalhadores e administradores;
- Trabalho em grupos ou equipes;
- Pagamento de incentivos em forma de bônus pelo desempenho da empresa;
- Eliminação de pagamento horário.

O reprojeto dos sistemas de manufatura em células aumenta o respeito e as oportunidades de melhoria e contribuição dos funcionários. Os sistemas de manufatura

funcionais devem ser reestruturados porque isolam as pessoas, restringem sua comunicação, e aumentam a realimentação por problemas de qualidade, o que é um desrespeito às pessoas (BLACK, 1998).

Para Black (1998) as limitações para a conversão dos sistemas tradicionais para as células de manufatura são muitas. Entre elas, a mudança de atitude necessária para alterar todo o sistema de manufatura, a disposição para investir na reorganização de velhos equipamentos ao invés de comprar novos com maior capacidade e tecnologia, o medo do desconhecido por parte dos tomadores de decisão, pois suas áreas funcionais podem ser transferidas ou integradas; e os critérios utilizados na elaboração da estratégia fabril, que geralmente só priorizam faturamento ou custo, sem avaliar atratividade, qualidade, confiabilidade, e prazo de entrega. A educação é necessária para ultrapassar essas restrições. As atitudes da gerência e dos trabalhadores precisam mudar.

3 DESCRIÇÃO DO MÉTODO SELECIONADO

3.1 SELEÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO NO ESTUDO DE CASO

Conforme apresentado no capítulo 2, os métodos existentes para planejar o *layout* industrial são: com base na experiência, com algoritmos computacionais, com métodos sistemáticos e com métodos integrais. Cada método exige recursos e utiliza metodologias diferenciadas. O método selecionado para executar o planejamento do *layout* no estudo de caso, e ser relacionado com os componentes do STP, foi o método de planejamento sistemático *Fac Plan*, proposto por Lee (1998), devido às seguintes características:

- O planejamento do *layout* é realizado de forma sistemática, de modo que nenhuma etapa do planejamento é ignorada, e cada etapa tem responsáveis e prazos bem definidos;
- O planejamento leva em conta os aspectos quantitativos e qualitativos do projeto, não dependendo somente da experiência da equipe envolvida;
- Não exige grandes investimentos como os modelos com algoritmos computacionais, que se tornam complexos quando o número de estações de trabalho é grande, e geralmente simplificam as restrições do projeto para encontrar uma solução viável;
- É mais amplo que o método SLP – *Systematic Layout Planning* – proposto por Muther e Wheeler (2000), pois engloba cinco níveis de planejamento; desde a

localização global da empresa até o projeto das estações de trabalho enquanto que o SLP aborda somente o projeto das áreas de trabalho.

A descrição do método *Fac Plan* feita a seguir foi baseada em Lee (1998).

3.2 NÍVEIS DO PROJETO DE LAYOUT

O método *Fac Plan* é composto de cinco níveis. A tabela 1 apresenta estes níveis, e as resultantes de cada um.

Tabela 1 – Níveis de planejamento de layout, adaptado de Lee (1998)

Nível	Atividade	UPE* Típica	Ambiente	Resultado
I Global	Localização e Seleção	Locais	Mundo ou País	Definição do local – País, Estado, Cidade –
II Supra	Planejamento	Características das Construções	Local	Planta do terreno e das instalações
III Macro	<i>Layout</i> das Construções	Células ou Departamentos	Construção	Projeto da planta industrial – <i>Layout</i> dos setores –
IV Micro	<i>Layout</i> de Departamento	Características de Células	Células	Projeto dos setores – <i>Layout</i> dos equipamentos e estações de trabalho
V Sub Micro	Projeto de Estações de Trabalho	Localização de Ferramentas	Estação de Trabalho	Projeto da estação de trabalho

No primeiro nível, a localização global, a empresa decide onde localizar suas instalações numa escala global, levando em conta as habilidades, atitudes e custo da mão-de-obra disponível. Além desses fatores, as vantagens tributárias, os serviços de apoio – como produção de ferramentas – e a distância dos fornecedores de matéria-prima também são considerados. Como a empresa em questão já possui localização definida, este nível não será abordado neste trabalho.

No segundo nível, planejamento do supra-espço, ocorre o planejamento do local. Inclui número, tamanho e localização de prédios, bem como infra-estrutura, como estradas, água, gás e ferrovias.

* UPE é uma sigla utilizada para definir Unidade de Planejamento de Espaço, que são as unidades gerenciáveis de operação, as quais contém todos os recursos necessários para executar as operações que compõem o processo ou produto a ser processado.

Este nível não será abordado neste estudo, pois a empresa em questão já possui local definido, e não tem nenhum plano de mudança.

O nível três, planejamento do macro espaço, define os prédios e as estruturas ou sub-unidades da instalação. É o nível mais importante de planejamento, pois estabelece o foco ou a organização básica da fábrica. Desenha e localiza departamentos operacionais e determina o fluxo geral de materiais. Uma instalação mal planejada pode resultar em aumento dos custos de manuseio, confusão e inflexibilidade, causando dificuldades no lançamento de novos produtos, entregas irregulares e excesso de estoques. Este nível será o foco deste trabalho.

No quarto nível, o planejamento do micro espaço, a localização de equipamentos e móveis específicos é determinada. A ênfase muda do fluxo bruto de materiais para o espaço pessoal e a comunicação. O projeto deste nível pode inibir ou desencorajar o trabalho em equipe. As estações de trabalho e os operários são a preocupação do quinto nível, planejamento do sub-micro-espaço. As estações de trabalho são projetadas visando eficiência, eficácia e segurança. O ideal é planejar as ferramentas corretas nos locais mais apropriados, usando dispositivos que guardem corretamente o material de trabalho. Estes dois níveis micro não serão abordados neste estudo por uma questão de foco, sendo uma oportunidade para estudos futuros.

3.3 FASES DO PROJETO DE *LAYOUT*

O ideal é projetar os avanços do nível global para o sub-micro em fases distintas e sequenciais. Isso estabelece as questões mais globais em primeiro lugar, e permite suavizar o progresso sem visitar continuamente problemas não resolvidos. Além disso, impede que detalhes prejudiquem o projeto. O impacto estratégico afeta a capacidade da empresa de competir e lucrar em longo prazo.

As fases do planejamento do *layout* podem sofrer alterações, sobrepondo-se ou alternando de seqüência. O planejador pode iniciar o projeto no nível micro, por exemplo, a fim de testar um novo arranjo celular numa área específica, e depois partir para os demais níveis. A figura 6 apresenta algumas variações existentes nos projetos de *layout*.

O projeto de *layout* da empresa em questão seguirá o modelo B, partindo da fase III, o planejamento do macro espaço, pois os níveis I e II já estão definidos e não serão alterados.

Porém, as fases IV e V – planejamento do micro e sub-micro-espço – não serão executadas neste trabalho por uma questão de foco.

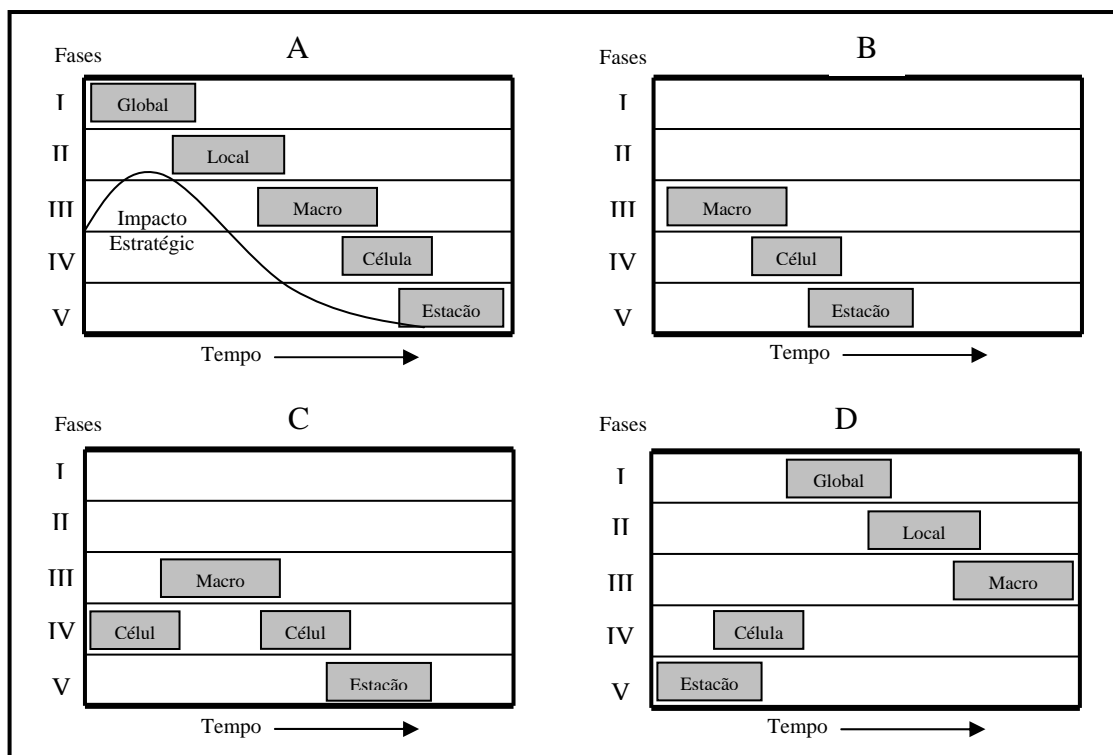


Figura 6 – Fases do planejamento de *layout*, Lee (1998)

3.4 MODELO DE PLANEJAMENTO DO MACRO ESPAÇO

O modelo de planejamento do macro espaço do *layout*, proposto pelo método *Fac Plan*, é apresentado na figura 7. O modelo é composto por 21 etapas, organizadas em três blocos: informação, estratégia e *layout*.

No bloco informações é feita a coleta e análise das informações, quantitativas e qualitativas, necessárias para desenvolver o planejamento do macro espaço. Esta fase tem outro objetivo mais profundo e menos óbvio: repensar a estratégia de toda organização através de questionamentos que talvez não tenham sido considerados anteriormente.

No bloco da estratégia realiza-se o desenvolvimento da estratégia de operações da empresa, ou seja, é definido o tipo de *layout* que otimizará a utilização dos recursos através da eliminação das perdas do processo produtivo. A estratégia determina o nível de competitividade da empresa no mercado.

No bloco *layout* é realizada a construção do projeto do *layout*. Com as informações adequadas, e a estratégia definida, o projeto pode ser construído com amplo apoio; graças à compreensão mais abrangente das questões técnicas, obtidas com os dados factuais.

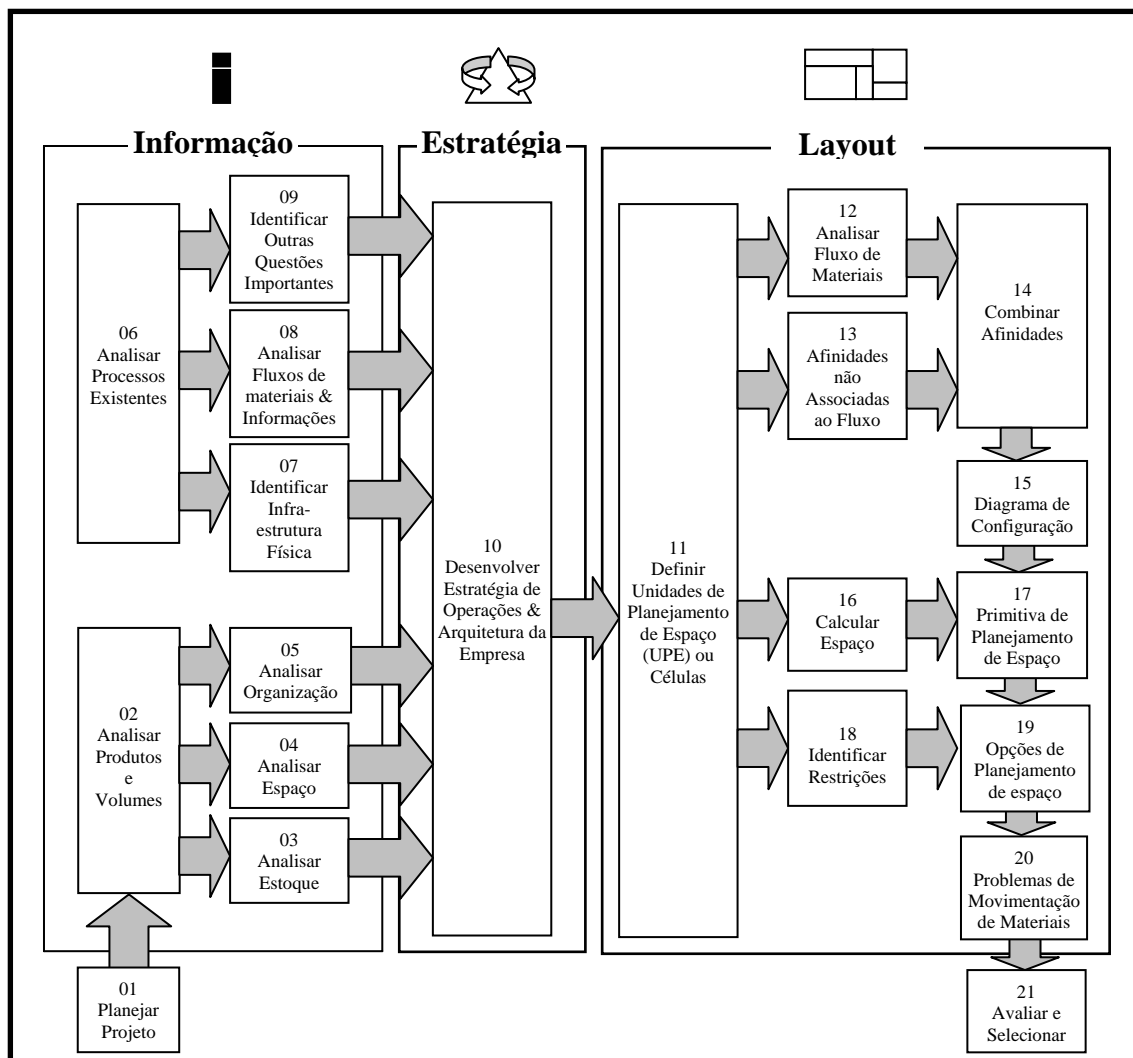


Figura 7 – Modelo de planeamento de macro espaço, Lee (1998)

A descrição das atividades de cada etapa será feita no estudo de caso, quando o modelo de planeamento do macro espaço será utilizado para projetar o *layout* da empresa em questão.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo apresentar-se-á o planejamento e implementação do *layout* industrial de uma empresa fabricante de bolas, executado através do método *Fac Plan*.

4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

Nesta etapa é realizado o planejamento do projeto de *layout*. Ela não será apresentada, pois as definições de prazos e responsáveis são específicas para cada projeto, não agregando nenhuma informação ou conhecimento adicional ao trabalho.

4.2 ANÁLISE DE PRODUTOS E VOLUMES

A análise dos produtos e volumes visa compreender as relações existentes entre os produtos fabricados pela empresa. Nesta etapa os produtos são agrupados em famílias com base nas suas características de fabricação. São elaborados históricos e projeções de vendas que servirão de base para a definição das necessidades da empresa, em termos de equipamentos, mão-de-obra e espaço.

A empresa em questão produz bolas de três marcas distintas para os mercados profissional e amador. São fabricados 99 produtos destinados a seis diferentes modalidades esportivas: futebol de campo, futebol de salão, vôlei de quadra, vôlei de praia, basquete e handball, atendendo as categorias adulto, infantil, mirim e iniciação.

A composição básica das bolas é ilustrada na figura 8. A parte interna é a câmara de ar, que é composta de borracha; sua função é reter o ar que é colocado na bola. A segunda camada é composta por fios de nylon, que podem ser colados na câmara ou no revestimento

externo; sua função é estruturar e dar resistência à bola. A terceira camada é o revestimento externo, que pode ser de borracha ou de laminado sintético, o qual determina as características perceptíveis do produto, como maciez, resiliência* e aderência.



Figura 8 – Composição básica das bolas

Do ponto de vista dos processos de fabricação, os produtos podem ser divididos em três famílias: bolas costuradas, bolas matrizadas e bolas emborrachadas. Nas bolas costuradas, o revestimento externo é de laminado sintético, e seus gomos são costurados manualmente. Nas bolas matrizadas, o revestimento externo também é de laminado sintético, porém, seus gomos são colados na carcaça da bola. Nas bolas emborrachadas, o revestimento externo é de borracha, que é fixada na carcaça através de um processo de vulcanização. A tabela 2 apresenta a classificação dos produtos em função dos processos de fabricação.

As bolas costuradas são indicadas para esportes que demandam maior resistência ao impacto e à abrasão. As bolas matrizadas possuem menor resistência, porém sua superfície é mais lisa, sendo utilizadas em esportes que demandam um acabamento mais refinado. As bolas emborrachadas são utilizadas em esportes que demandam alta resiliência e aderência.

*Resiliência: Capacidade de resistência de um material para absorver impactos e deformar-se elasticamente.

Tabela 2 – Classificação dos produtos por tipo de processo

Produtos	Costuradas	Matrizadas	Emborrachadas
Futebol Campo			
Futebol Society			
Futsal Adulto			
Futsal Infantil			
Futsal Mirim			
Futsal Iniciação			
Vôlei Adulto			
Vôlei Mirim			
Vôlei de Praia			
Handball Masculino			
Handball Feminino			
Handball Mirim			
Basquete Adulto			
Basquete Mirim			

Os produtos são comercializados em todo o território nacional, e uma pequena parcela da produção é exportada. Conforme apresenta a figura 9, em 2001 as vendas totais da empresa apresentaram uma queda em relação a 2000, voltando a crescer em 2002.

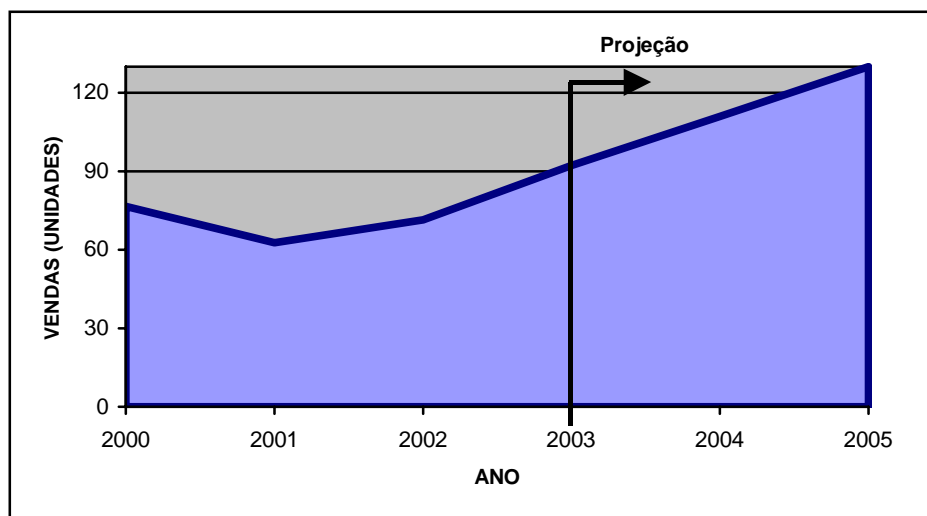


Figura 9 – Vendas* anuais totais

A projeção para os próximos três anos é de crescimento contínuo, atingindo em 2005 um incremento de 80% em relação ao volume de 2002. O projeto do *layout* deverá capacitar o processo produtivo para absorver este incremento nas vendas, e conseqüentemente na produção da empresa.

* Os dados foram alterados, a fim de não revelar informações confidenciais da empresa, mantendo, porém as relações existentes entre os mesmos.

A família de bolas costuradas é a mais representativa – dados históricos de 2002 – sendo responsável por 56% do volume total comercializado. As famílias de bolas matrizadas e emborrachadas representam 40% e 4%, respectivamente, conforme apresentado na figura 10.

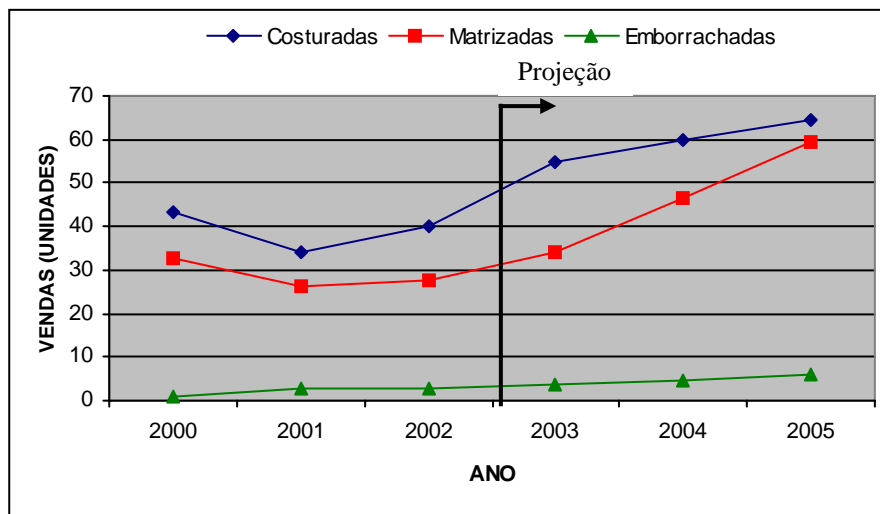


Figura 10 – Vendas* anuais por família de produtos

A empresa projeta para 2005 um aumento na participação de bolas matrizadas de 40% para 46%, uma redução de bolas costuradas de 56% para 50%, e uma participação das bolas emborrachadas em 4%.

4.3 ANÁLISE DE ESTOQUES

O objetivo da análise de estoques é avaliar a eficácia e apontar oportunidades de melhoria no sistema de gestão de negócios da empresa, uma vez que toda dificuldade, problema, ou inadequação de processos, geralmente resultam em estoques. A análise avalia a rotatividade dos estoques, através de dados financeiros e de armazenagem. As tendências históricas e as projeções de estoque auxiliam a dimensionar as áreas de armazenamento no projeto do *layout*.

A empresa em questão vem trabalhando na redução de seus estoques há dois anos, quando iniciou a implementação do sistema de produção enxuta. Seus níveis de estoque de matéria-prima, material em processo e produto acabado, vêm sendo reduzidos significativamente.

* Os dados foram alterados, a fim de não revelar informações confidenciais da empresa, mantendo, porém as relações existentes entre os mesmos.

A figura 11 ilustra a evolução dos estoques através do índice de cobertura, que representa os estoques em dias, calculados através da razão entre o valor do estoque pelo faturamento líquido da empresa em cada exercício.

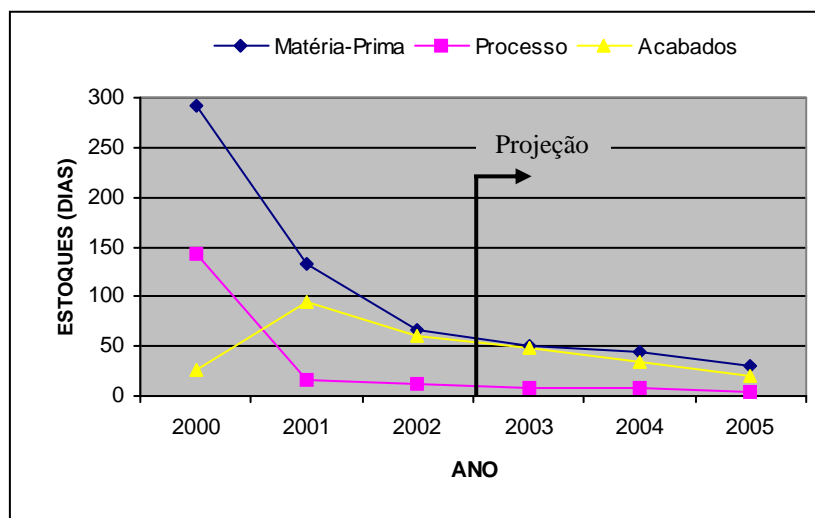


Figura 11 – Evolução do índice de cobertura

Em 2001, os níveis de estoque de matéria-prima e material em processo foram reduzidos drasticamente, porém o estoque de produtos acabados aumentou; em 2002 todos os estoques foram reduzidos. A projeção para os próximos anos é de contínua redução através do enxugamento do processo, de parcerias com fornecedores, e de maior acuracidade nas projeções de vendas, melhorando assim o fluxo de caixa da empresa.

A figura 12 demonstra a evolução dos estoques da empresa em unidades estocadas. Os estoques de matéria-prima tiveram um aumento em 2001, sendo reduzidos em 2002. Os estoques em processo foram reduzidos drasticamente em 2001, e se mantiveram nos mesmos níveis em 2002. O estoque de produto acabado vem se mantendo constante neste período.

A projeção para os próximos três anos é de pequenos aumentos nas unidades estocadas de matéria-prima e material em processo, devido ao aumento de produção. A empresa pretende manter os estoques de produtos acabados nos níveis atuais, através do aumento do índice de acurácia do planejamento de vendas, que atualmente se encontra em 55%.

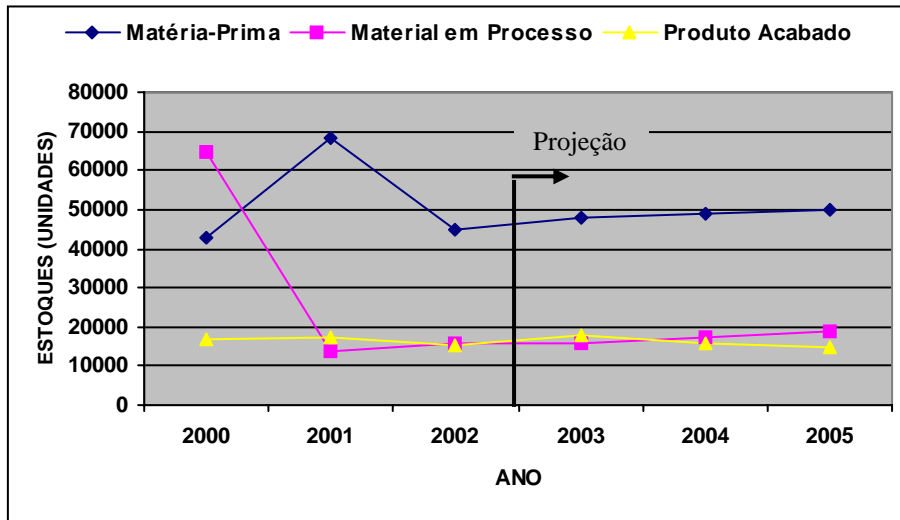


Figura 12 – Evolução dos estoques em unidades

4.4 ANÁLISE DO ESPAÇO ATUAL

Nesta etapa é feita a análise do *layout* atual, verificando se o mesmo é funcional, em linha ou celular. Avalia-se a utilização de espaço para: inspeções e retrabalhos, armazenamento de materiais, áreas de apoio, e movimentações e transporte de materiais. A avaliação dos problemas de utilização do espaço atual auxilia na construção de opções de *layout*, pois as falhas e inconsistências detectadas não serão repetidas no novo projeto.

A empresa possui um *layout* funcional, com foco nos processos, a figura 13 apresenta isso claramente. Pode-se perceber que as áreas estão divididas de acordo com seus processos de fabricação, criando setores especializados ao longo do processo produtivo.

Segundo Lee (1998) o espaço de valor agregado, ou seja, o espaço ocupado por áreas produtivas, geralmente representa 60% ou mais do espaço total nos melhores planejamentos de *layout*. O perfil do espaço existente demonstra que a configuração atual possui 40% do total do espaço sendo utilizado de forma produtiva, portanto muitas melhorias podem ser feitas na forma de utilização do espaço.

Os corredores, as áreas de apoio e os estoques em processo utilizam 24%, 13% e 11% do espaço, respectivamente. No pavilhão principal, 12% do espaço disponível está desocupado.

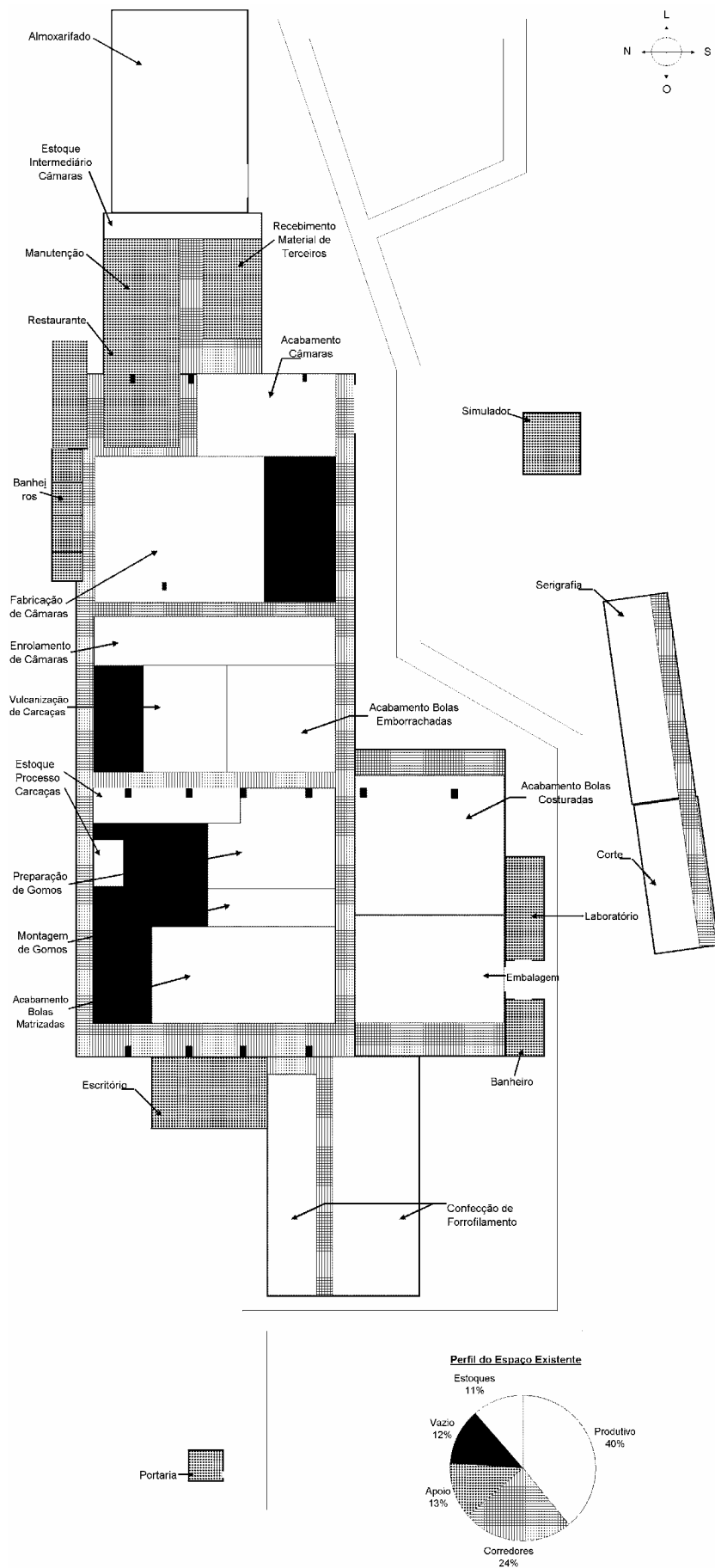


Figura 13 – Análise do espaço atual

Alguns pontos importantes podem ser levantados a partir da análise do perfil do espaço existente:

- Enquanto 12% da área do pavilhão principal não é utilizada, alguns setores produtivos como forrofilamento, corte e serigrafia, ocupam pavilhões anexos, gerando perdas por movimentação e transporte; além de causar fadiga e riscos de acidentes, pois os materiais são movimentados com carrinhos manuais por longas distâncias;
- Existência de áreas de estoque em vários pontos do processo, ocupando 11% do espaço total, devido a desbalanceamentos entre as capacidades de cada setor;
- A disposição das áreas não está alinhada ao fluxo do processo, gerando cruzamentos no fluxo de materiais e necessidade de movimentação por longas distâncias, diminuindo assim a produtividade da empresa;
- O restaurante está localizado dentro da área produtiva. Sua localização dificulta o fluxo de materiais, e o trânsito de pessoas atrapalha as áreas produtivas.

4.5 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO

A análise da organização relaciona o organograma da empresa com as áreas ocupadas por cada departamento/seção. Esta etapa auxilia a determinar a localização e dimensionamento das instalações de apoio; como áreas administrativas, departamentos de apoio à produção, banheiros, refeitórios, etc; no projeto do *layout*.

A estrutura administrativa da empresa em questão está sediada em outro local. Na planta existe apenas um escritório, onde são realizadas as operações fiscais para recebimento das matérias-primas e despacho de produtos acabados, que são enviados a um armazém, também localizado em outro local. Esta estrutura não sofrerá nenhuma alteração, pois apesar do aumento de produção projetado, terá capacidade para atender as necessidades da empresa. A análise da organização torna-se, portanto, desnecessária.

4.6 ANÁLISE DOS PROCESSOS EXISTENTES

Esta análise documenta o processo de produção da empresa. Realiza-se um mapeamento das atividades necessárias para a fabricação de cada produto, ou famílias de

produtos. O mapeamento é feito através da construção de fluxogramas de processo, onde são descritos os eventos – operação, transporte, inspeção, atraso, armazenagem e manuseio – que são realizados para transformar as matérias-primas em produtos acabados.

Nesta etapa calcula-se o IVA (índice de valor agregado), que indica o percentual de eventos que agregam valor ao produto. O IVA é um ponto de referência para melhorias no novo projeto de *layout*, pois indica as perdas existentes no processo atual.

No estudo em questão, o processo de fabricação de cada família de bolas possui operações, seqüências e rotas distintas. A figura 14 apresenta o fluxograma do processo de fabricação das bolas costuradas. Seu processo de fabricação possui três fluxos básicos: fabricação de câmaras, fabricação de forrofilamento e fabricação dos gomos. Num determinado ponto do processo os três fluxos se unem, e o processo é terceirizado – costura manual dos gomos – retornando à fábrica para o acabamento final e embalagem.

No fluxo de fabricação de câmaras, o processo inicia com a finalização e laminação da borracha, transformando mantas de 20mm em lâminas com espessuras que variam de 0,5mm a 1,5mm. Em seguida, estas lâminas de borracha são enviadas à preparação, onde são cortadas e prensadas em tamanhos e pesos específicos, para serem então vulcanizadas, onde a borracha adquire suas características finais.

O fluxo de fabricação do forrofilamento é simples, pois é realizado em um único setor que possui equipamentos similares aos teares, onde fios de nylon são entrelaçados em quatro sentidos diferentes. Em seguida uma camada de látex é depositada sobre eles a fim de compactá-los. O forrofilamento é responsável pela resistência e estruturação das bolas costuradas.

O fluxo da fabricação de gomos inicia com o corte dos laminados sintéticos, que são recebidos em rolos de 1,38m x 20m e cortados em placas de 34cm x 116cm, para serem dublados (colados) ao forrofilamento. Após a dublagem do laminado com o forrofilamento as placas passam por um processo de serigrafia, onde são feitos desenhos específicos para cada tipo de bola nas placas de laminados. Em seguida é realizado o corte dos gomos – também em formatos específicos – o destacamento de gomos e a montagem de kits. Depois disso os gomos e as câmaras são enviados a terceiros, onde é realizada a costura das bolas, que retornam à fábrica para que seja feito o acabamento das mesmas, o qual envolve as operações

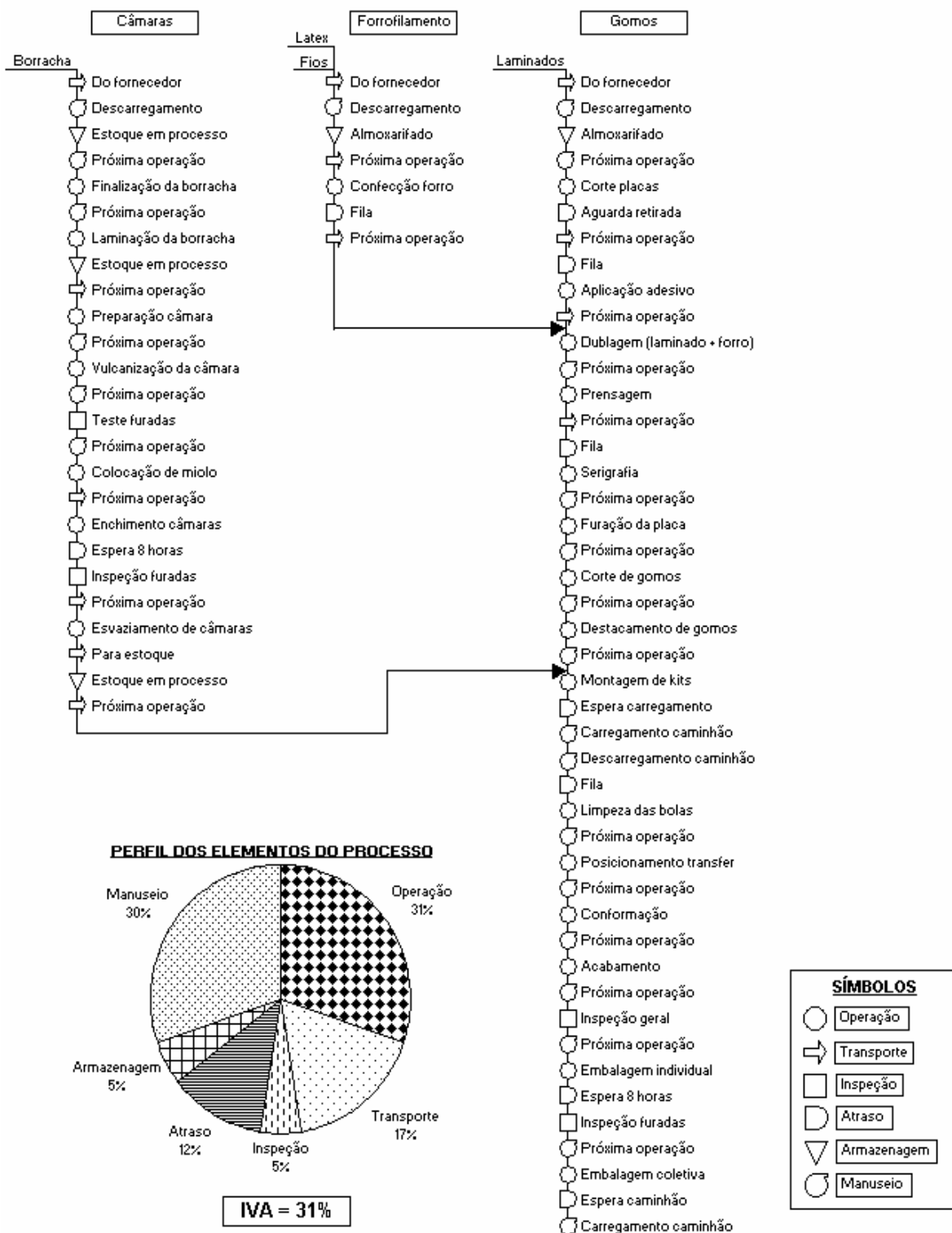


Figura 14 – Fluxograma do processo de bolas costuradas

* As convenções ANSI modificadas são usadas nesse sistema de representação, no qual os símbolos representam diferentes tipos de eventos que envolvem o produto do trabalho. O símbolo operação modifica o produto do trabalho de tal forma que o desenvolve em direção a um estado acabado. O símbolo transporte mostra um movimento físico do produto do trabalho. O símbolo de manuseio representa classificação, posicionamento ou algum movimento reduzido. A inspeção verifica a qualidade. O símbolo atraso significa alguma coisa que interrompe o processo durante algum tempo. O armazenamento é uma espera mais prolongada, normalmente em uma área designada na qual são registrados a localização e o tipo de material.

de limpeza, aplicação de etiquetas transfer, conformação e inspeção. Por fim as bolas são embaladas e enviadas ao armazém de produtos acabados.

O índice de valor agregado (IVA) da família de bolas costuradas é de 31%, este índice representa o percentual de elementos agregadores de valor, ou de elementos de operação. Todos os outros componentes representam apenas custo para a empresa. Segundo Lee (1998), os IVA's freqüentemente estão na faixa de 20 a 30%, enquanto que um processo bem planejado deve ter um IVA de pelo menos 60%.

O manuseio de materiais representa 30% – o estudo considera como manuseio o deslocamento de materiais em distâncias superiores a 1m – demonstrando que melhorias devem ser feitas no sistema de movimentação de materiais da empresa. O transporte representa 17% – o estudo considera como transporte o deslocamento de materiais em distâncias superiores a 3m – demonstrando que melhorias devem ser feitas no *layout*. Os atrasos representam 12% em função da existência de estoques e filas em muitos pontos do processo.

A figura 15 apresenta o fluxograma do processo de fabricação das bolas matrizadas, esta família de bolas possui dois fluxos básicos: a fabricação das câmaras e a fabricação dos gomos. Num determinado ponto do processo os dois fluxos se unem e é realizada a montagem dos gomos na carcaça da bola, através de um processo de colagem.

O fluxo de fabricação dos gomos inicia com o corte dos laminados sintéticos em placas de 74cm x 116cm. Depois de cortados, os laminados passam por um processo de serigrafia, onde são feitos desenhos específicos para cada tipo de bola nas placas de laminado. Em seguida os gomos são cortados e chanfrados, e é aplicada uma camada de adesivo para posterior colagem na carcaça da bola.

A fabricação das câmaras das bolas matrizadas possui o mesmo fluxo das câmaras das bolas costuradas. Depois de prontas, as câmaras são enviadas ao setor de enrolamento, onde uma camada de fios de nylon é enrolada em torno das mesmas através de um equipamento de enrolamento automático. Esta camada de fios é responsável pela resistência e estruturação das bolas matrizadas. Sobre a camada de fios de nylon é aplicada uma camada de adesivo poliuretânico. Em seguida um processo de vulcanização compacta a câmara de ar com os fios de nylon e o adesivo, formando a carcaça da bola. Neste ponto ocorre a montagem dos gomos na carcaça da bola, em seguida as bolas seguem para o acabamento, onde são realizadas as

operações de limpeza, aplicação de etiquetas transfer, conformação e inspeção. Por fim, as bolas são embaladas e enviadas ao armazém de produtos acabados.

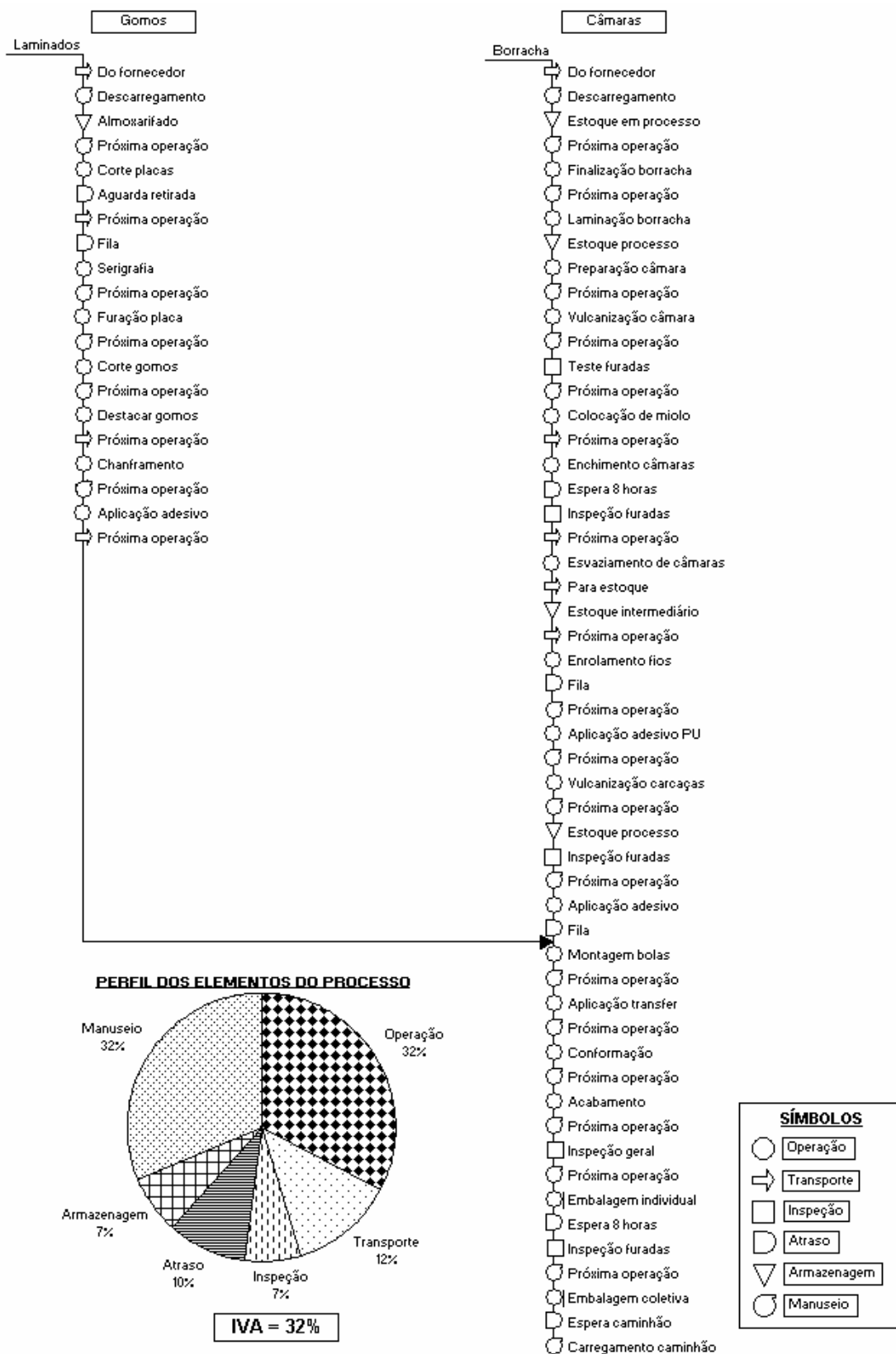


Figura 15 – Fluxograma do processo de bolas matrizadas

O IVA da família de bolas matrizadas é 32%. Assim como na família de bolas costuradas, melhorias devem ser feitas no sistema de movimentação dos materiais, pois o manuseio representa 32% do total de elementos do processo. O transporte representa 12%, abaixo da família de bolas costuradas, porém ainda alto, indicando necessidade de melhorias no *layout*. Os atrasos representam 10%, também devido aos estoques e filas em vários pontos do processo.

A figura 16 apresenta o fluxograma do processo de fabricação das bolas emborrachadas, que possui dois fluxos básicos: a fabricação das câmaras e a fabricação do revestimento externo, que é composto de borracha. Num determinado ponto do processo os dois fluxos se unem, e é realizada a vulcanização do revestimento externo.

O fluxo de fabricação do revestimento externo das bolas emborrachadas é simples, pois se resume ao processo de finalização e laminação da borracha que o compõe, onde mantas de borracha de 2cm são transformadas em lâminas com espessura de 1,5mm.

A fabricação das câmaras possui o mesmo fluxo das câmaras das bolas matrizadas e costuradas. Depois de prontas as câmaras passam pelo mesmo processo de enrolamento de fios das bolas matrizadas, em seguida, o revestimento externo é prensado em torno da carcaça numa operação chamada emplaqueamento. Depois do emplaqueamento ocorre a conformação de frisos e aplicação de etiquetas transfer. A bola passa então por um processo de vulcanização, onde o revestimento externo, que é composto de borracha, adquire suas características finais. Em seguida é realizado o acabamento das bolas, onde ocorre a rebarbação dos excessos de borracha, limpeza e pintura de frisos. Por fim as bolas são inspecionadas, embaladas e enviadas ao armazém de produtos acabados.

O IVA da família de bolas emborrachadas é 33%. Da mesma forma que na família de bolas costuradas e matrizadas, melhorias devem ser feitas no sistema de movimentação dos materiais, no *layout*, e no processo; pois o manuseio, o transporte, e os atrasos, representam respectivamente, 31%, 13%, e 11%, do total de elementos do processo.

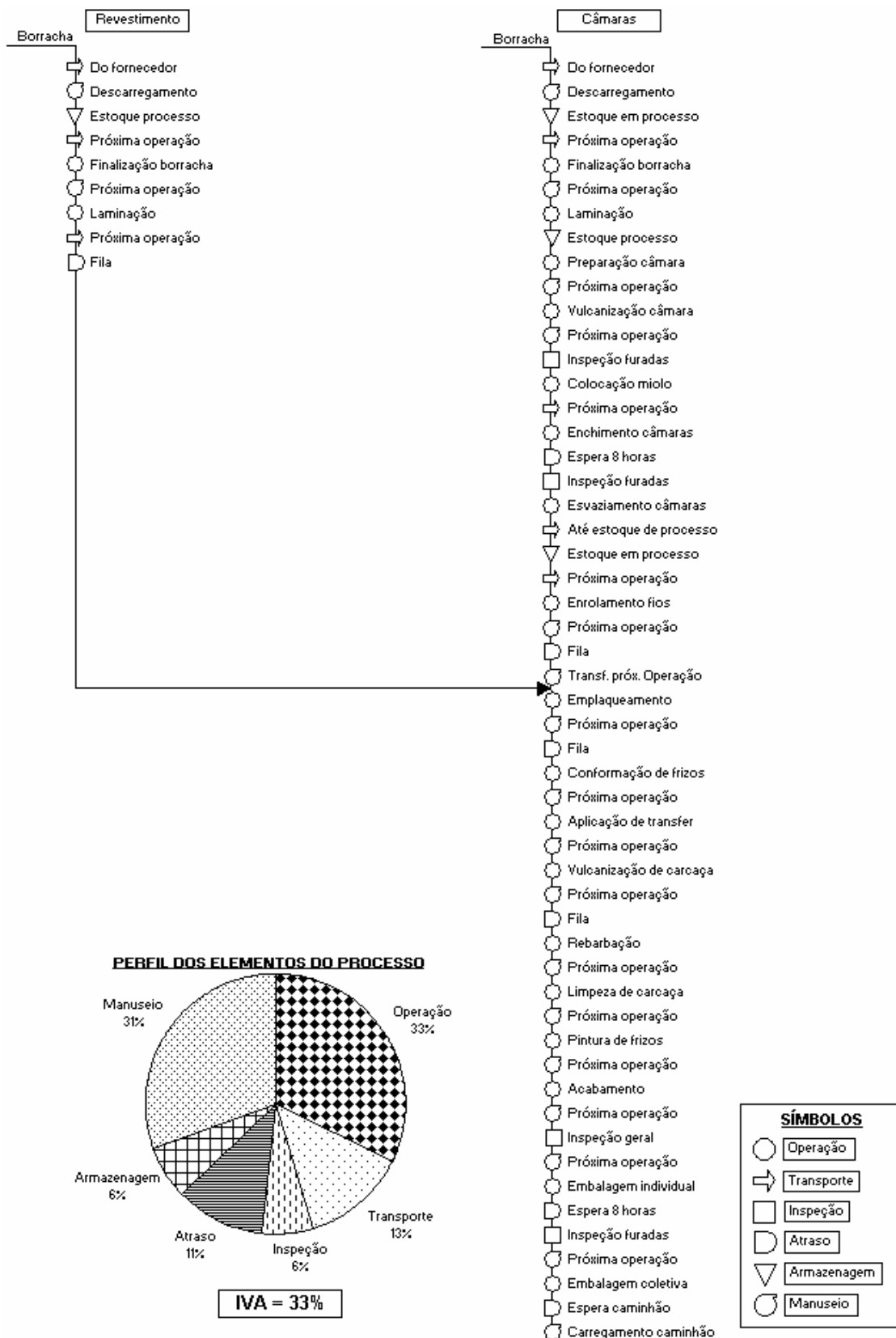


Figura 16 – Fluxograma do processo de bolas emborrachadas

4.7 IDENTIFICAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA FÍSICA

A identificação da infra-estrutura física relaciona e identifica problemas das áreas e sistemas de apoio necessários para o funcionamento da operação. A localização e dimensionamento das áreas necessárias para suportar a infra-estrutura física, como utilidades, áreas de manutenção, áreas de armazenamento, etc; são definidas com base na análise desta etapa.

As áreas de apoio, que compõem a infra-estrutura física da empresa estão na seguinte situação:

- Utilidades: Subestação de energia, sala de compressores, caldeira a lenha, tanque de ar comprimido, torre de resfriamento, tanque de retorno de condensado e moto-bomba. Estas instalações não serão abordadas neste estudo, pois possuem capacidade para absorver o aumento de volume, e suas instalações estão de acordo com a política de segurança da empresa, e com as normas dos órgãos fiscalizadores; não sofrendo portanto nenhuma alteração;
- Administração: Escritório, portaria, enfermaria e sala de análise de devoluções possuem áreas suficientes e satisfatórias, não sofrerão alterações;
- Refeitório: Está localizado dentro do pavilhão produtivo, não possui área suficiente, e suas instalações não atendem os aspectos legais, provocando insatisfação e desconforto aos funcionários; será realocado e redimensionado;
- Qualidade: O laboratório não possui área suficiente, e suas instalações não são adequadas. O prédio do simulador possui estrutura avariada, estando interditada pela área de segurança da empresa. O laboratório será realocado e redimensionado, e absorverá os equipamentos existentes no atual prédio do simulador;
- Manutenção/recebimento de materiais: Não possuem área suficiente, e sua estrutura é de madeira, aumentando os riscos de incêndio e o valor do seguro patrimonial; suas áreas serão realocadas e redimensionadas;

- Almoarifado: Não possui área suficiente para armazenar todos os materiais, e sua estrutura é de madeira, aumentando os riscos de incêndio e o valor do seguro patrimonial; será realocado e redimensionado;
- Depósito de inflamáveis e Sala de preparação de adesivos: Possuem área suficiente de armazenagem; porém não estão de acordo com as normas de segurança da empresa. Esta área será reconstruída em outro local, porém seu projeto não será abordado neste estudo, pois a área de segurança da empresa é responsável por este projeto;
- Banheiros: Não possuem área suficiente e suas instalações são precárias, causando insatisfação e desconforto aos funcionários; serão realocados e redimensionados.

4.8 ANÁLISE DO FLUXO DE MATERIAIS E INFORMAÇÕES

Na análise do fluxo de materiais as informações da análise de processos são sobrepostas à análise do espaço atual; gerando um diagrama que demonstra os fluxos de materiais existentes no *layout* atual. A análise aponta oportunidades de melhoria na movimentação de materiais entre os setores através do rearranjo das áreas no novo projeto de *layout*.

No *layout* atual o fluxo de materiais possui muitos cruzamentos, e as distâncias percorridas são grandes, conforme apresentado na figura 17, onde cada família de produtos é caracterizada por um tipo de linha.

Os setores do forrofilamento, corte e serigrafia, têm seus processos fornecedores/clientes distantes. Com isso, os materiais transportados entre eles têm que percorrer grandes distâncias. Este transporte é feito através de carrinhos manuais, causando confusão no processo, perda de produtividade e riscos de acidentes. A localização do estoque intermediário de câmaras gera contra-fluxos no processo, além de estar distante de seus processos cliente/fornecedor.

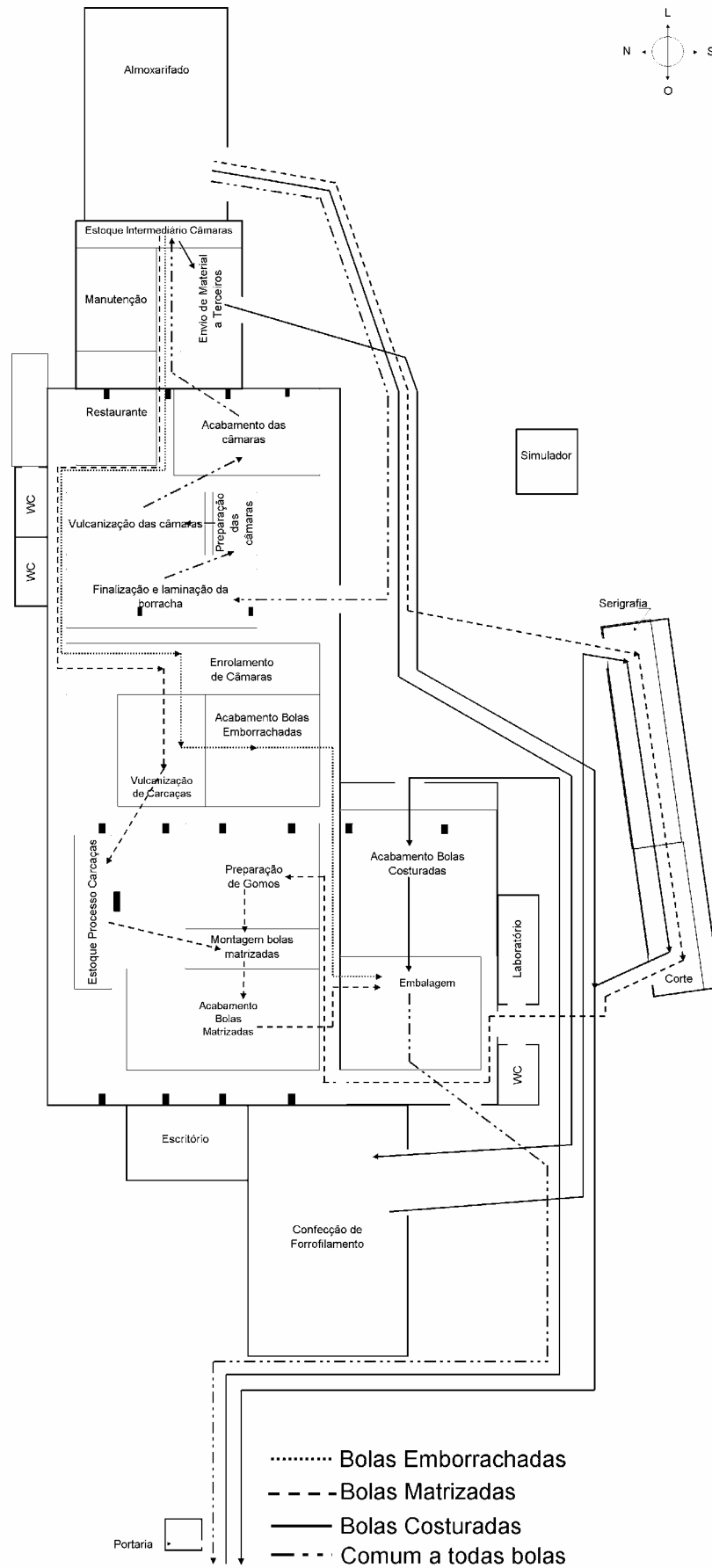


Figura 17 – Análise do fluxo de materiais

Na família de bolas costuradas ocorrem dois fluxos distintos. Com os gomos o fluxo inicia no almoxarifado, vai ao forrofilamento, segue para o corte/serigrafia e para a área de recebimento/envio de materiais. Com as câmaras o fluxo inicia na finalização da borracha, vai para a preparação de câmaras, para a vulcanização de câmaras, para o estoque intermediário, e então para a área de recebimento/envio de materiais. Uma vez costuradas as bolas retornam à fábrica e são descarregadas na área de acabamento, seguindo finalmente para a embalagem, onde são despachadas ao armazém de produtos acabados.

Na família de bolas matrizadas também ocorrem dois fluxos distintos. Com as câmaras o fluxo segue o mesmo trajeto das câmaras das bolas costuradas até o estoque intermediário, depois as câmaras seguem para o setor de enrolamento, para a vulcanização de carcaças e para o estoque intermediário de carcaças. Com os gomos o fluxo inicia no almoxarifado, vai até o setor de corte/serigrafia, e segue para a montagem de gomos, onde os mesmos se unem às carcaças. Depois da montagem, a bola segue para o setor de acabamento e finalmente para a embalagem, onde são despachadas ao armazém de produtos acabados.

Na família de bolas emborrachadas também existem dois fluxos. As câmaras seguem o mesmo trajeto das bolas matrizadas até o setor de enrolamento. A borracha que forma o revestimento externo vem do setor de finalização de borracha e se une com as câmaras no setor de vulcanização/acabamento das bolas emborrachadas. Em seguida as bolas são transportadas até a embalagem, onde são despachadas ao armazém de produtos acabados.

4.9 IDENTIFICAÇÃO DE OUTRAS QUESTÕES IMPORTANTES

A identificação de outras questões importantes identifica as características específicas da empresa – tipo de programação de produção, regulamentos internos, cultura dos funcionários, eventos futuros, etc, – que podem influenciar o projeto do *layout*.

Na empresa em questão, foram levantados os seguintes pontos:

- A empresa adotou o STP, há quatro anos, como seu sistema de produção. Conceitos e ferramentas do mesmo vêm sendo implementados em suas unidades fabris desde então. Portanto, iniciativas neste sentido estão alinhadas com a estratégia macro da empresa;
- O novo projeto do *layout* será implementado juntamente com a instalação de novos equipamentos, que foram adquiridos para modernizar o processo de

fabricação de bolas. As características destes novos equipamentos deverão ser levadas em conta no projeto do *layout*; e os resultados obtidos deverão desconsiderar eventuais ganhos obtidos devido a melhor performance destes equipamentos em relação aos antigos;

4.10 DESENVOLVIMENTO DA ESTRATÉGIA DAS OPERAÇÕES

Nesta etapa, através das informações obtidas nas etapas anteriores, é feita a identificação das principais tarefas de produção e oportunidades de foco da empresa. A avaliação dos processos e recursos existentes e necessários define o tipo de *layout* que será utilizado.

Lee (1998) afirma que os projetos de *layout* devem buscar o mais alto grau de foco no produto possível. Um *layout* com foco no produto melhora os indicadores de qualidade e produtividade, além de proporcionar um melhor ambiente de trabalho aos colaboradores.

O foco da empresa em questão é produzir bolas de futebol, vôlei, basquete e handball; que atendam aos mercados profissional e amador. Apesar de produzir 99 produtos diferentes, os processos de fabricação são similares, sendo possível reduzir para três o número de famílias existentes. Portanto, um *layout* com foco no produto é viável, pois o número de famílias é baixo e seus volumes justificam a criação de células dedicadas, que permitam a execução de praticamente todas as operações necessárias para a fabricação dos produtos que compõem cada família.

Alguns equipamentos, porém, possuem alta capacidade, e sua produção é suficiente para atender as três famílias de produtos com a demanda prevista para 2005. A multiplicação destes equipamentos para cada família acarretaria em altos investimentos, não trazendo retorno financeiro para a empresa.

A tabela 3 apresenta a relação destes equipamentos, indicando as operações que realizam, as famílias de bolas que se utilizam deles, suas capacidades nominais e a demanda para cada um, já considerando as quantidades previstas para 2005. Os equipamentos moinho e calandra são utilizados no processo de fabricação de câmaras. As máquinas de serigrafia e corte são utilizadas no processo de fabricação de gomos.

Tabela 3 – Relação de equipamentos com alta capacidade

Equipamento	Operação	Costuradas	Matrizadas	Emborrachadas	Capac./dia	Demanda/dia (Ano 2005)
Moinho	Finalização de borracha	X	X	X	750 kgs	650 kgs
Calandra	Laminação de borracha	X	X	X	750 kgs	650 kgs
Máquina Serigrafia	Serigrafia de laminado	X	X		8.000 bolas	4.800 bolas
Máquina de Corte	Corte de gomos	X	X		6.000 bolas	4.800 bolas

A figura 18 apresenta o fluxograma de processo das três famílias de bolas, destacando os processos similares. O processo de fabricação das câmaras é idêntico nas três famílias, passando pelas mesmas operações e utilizando os mesmos equipamentos, justificando assim a criação de uma UPE específica. O mesmo ocorre com o processo de fabricação de gomos, que existe nas famílias de bolas costuradas e matrizadas.

Os processos de fabricação de forrofilamento e dublagem de material são exclusivos da família de bolas costuradas, e requerem equipamentos específicos; justificando a criação de uma UPE que englobe os dois processos, já que tratam-se de processos cliente/fornecedor.

O processo de fabricação do revestimento externo das bolas emborrachadas será realizado na UPE câmaras, pois utiliza os mesmos equipamentos – moinho e calandra. O processo de inspeção e embalagem das bolas é igual para as três famílias de bolas, podendo ser concentrado num único local para ganho de produtividade.

A estratégia de *layout* com foco exclusivo no produto não é adequada para este estudo devido à inviabilidade econômica de se duplicar equipamentos de alta capacidade. A solução é uma estratégia de *layout* misto ou híbrido; algumas UPE's com foco no processo e outras com foco no produto.

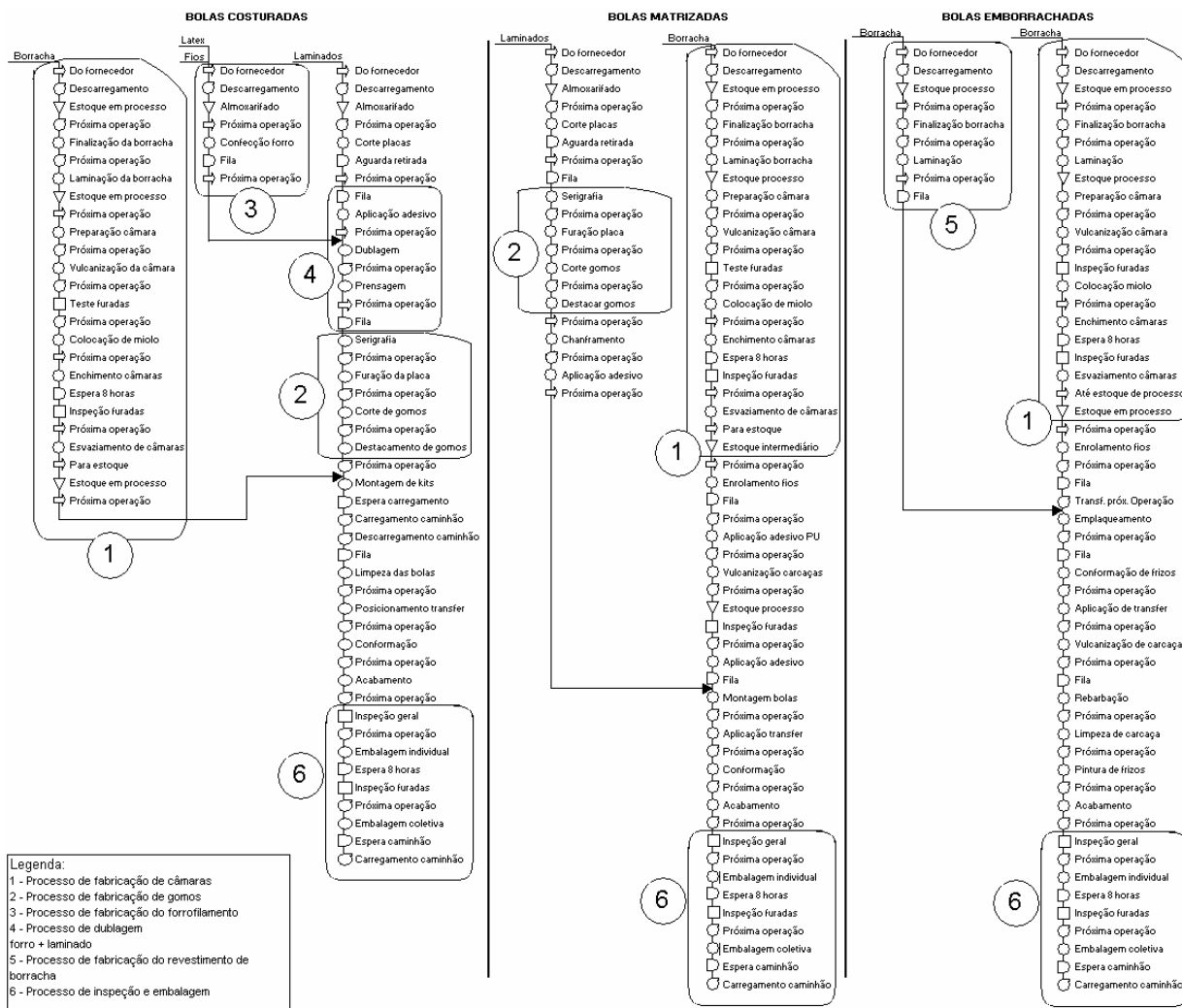


Figura 18 – Fluxograma geral de processos

4.11 DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE PLANEJAMENTO DE ESPAÇO

Esta etapa é a mais importante do planejamento do macro-espço. A partir da análise dos processos existentes e da estratégia de operações, verifica-se quais processos necessitarão de uma unidade de espaço. As UPE's são unidades gerenciáveis de operação. Sua definição deve avaliar a necessidade de equipamentos, pessoas e espaço, de forma que todas as atividades que compõem o processo possam ser executadas.

Segundo a estratégia de operações definida anteriormente, algumas UPE's terão foco no produto, e outras no processo. As UPE's com foco no processo serão as que possuem equipamentos com capacidade suficiente para atender as três famílias de bolas. As UPE's com foco no produto receberão componentes destas UPE's com foco no processo e executarão o restante das operações necessárias para finalizar os produtos. A figura 19 apresenta as UPE's

que serão criadas a fim de realizar todas as operações necessárias e atender a estratégia de operações.

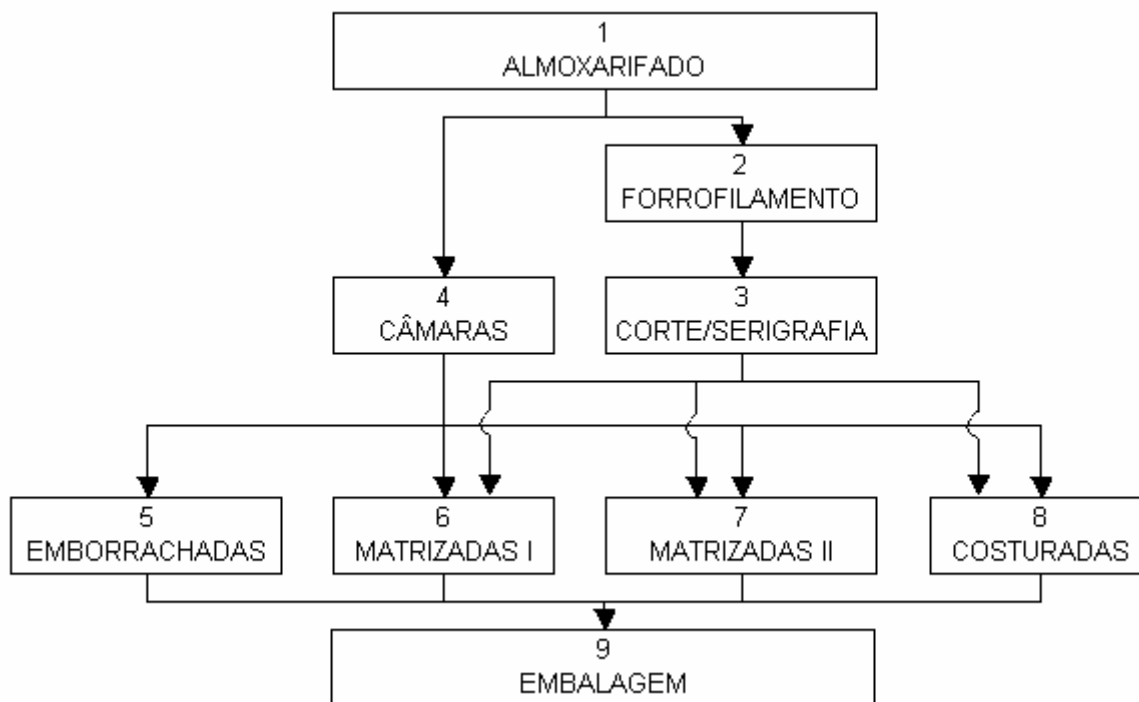


Figura 19 – Definição de UPE's

A primeira UPE é o almoxarifado, onde serão armazenadas as matérias-primas e será realizado o corte dos rolos de laminado sintético. Na segunda UPE será confeccionado o forrofilamento e será feita a dublagem do mesmo com o laminado das bolas costuradas. A terceira UPE produzirá gomos serigrafados e cortados para as famílias de bolas costuradas e matrizadas, além de ser o local de envio de materiais aos terceiros que realizam a costura das bolas. A quarta UPE produzirá as câmaras que serão utilizadas nas três famílias de bolas. A quinta UPE recebe as câmaras e o revestimento externo da UPE de câmaras e realiza o restante do processo das bolas emborrachadas. A sexta UPE recebe as câmaras e os gomos das UPE's 04 e 03, e realiza o restante do processo das bolas matrizadas de vôlei, handball, e futsal mirim, infantil e iniciação. A sétima UPE também recebe as câmaras e os gomos das UPE's 04 e 03, e realiza o restante do processo das bolas matrizadas de futsal adulto. A oitava UPE recebe as bolas costuradas dos terceiros e realiza o acabamento das mesmas. A nona UPE recebe as bolas prontas das UPE's 05, 06, 07 e 08, e realiza a embalagem individual e coletiva das mesmas, despachando-as então ao armazém de produtos acabados. A tabela 4 apresenta a descrição dos produtos produzidos e das operações realizadas em cada UPE.

Tabela 4 – Descrição das operações e produtos das UPE's

ID	UPE	OPERAÇÕES	FOCO	FAMÍLIA	PRODUTOS
01	ALMOXARIFADO	ARMAZENAGEM MATÉRIA-PRIMA CORTE ROLOS DE LAMINADO	PROCESSO	TODAS	TODOS
02	FORROFILAMENTO	CONFEÇÃO DO FORROFILAMENTO APLICAÇÃO ADESIVO NO LAMINADO DUBLAGEM DO FORRO E DO LAMINADO	PROCESSO	COSTURADAS	CAMPO, SOCIETY, N.4, SALAO, VÔLEI DE PRAIA
03	CORTE/SERIGRAFIA/ ENVIO DE MATERIAIS	APLICAÇÃO DE SERIGRAFIA CORTE DOS GOMOS CHANFRE DOS GOMOS MONTAGEM DE KITS	PROCESSO	COSTURADAS MATRIZADAS	TODAS COM EXCEÇÃO DAS EMBORRACHADAS
04	CÂMARAS	FINALIZAÇÃO DA BORRACHA LAMINAÇÃO DA BORRACHA PREPARAÇÃO DE CÂMARAS VULCANIZAÇÃO DE CÂMARAS	PROCESSO	COSTURADAS MATRIZADAS EMBORRACHADAS	TODOS
05	EMBORRACHADAS	ENROLAMENTO DE FIOS EMPLAQUEAMENTO CONFORMAÇÃO DE FRIZOS APLICAÇÃO DE ETIQUETAS TRANSFER VULCANIZAÇÃO DA CARÇAÇA ACABAMENTO INSPEÇÃO	PRODUTO	EMBORRACHADAS	BASQUETE ADULTO E MIRIM
06	MATRIZADAS I	ENROLAMENTO DE FIOS APLICAÇÃO DE ADESIVO DE PU VULCANIZAÇÃO DE CARÇAÇAS APLICAÇÃO DE ADESIVO MONTAGEM DE BOLAS ACABAMENTO INSPEÇÃO	PRODUTO	MATRIZADAS	VÔLEI ADULTO E MIRIM, FUTSAL INFANTIL, MIRIM E INICIAÇÃO, HANDBALL MASCULINO, FEMININO E MIRIM
07	MATRIZADAS II	ENROLAMENTO DE FIOS APLICAÇÃO DE ADESIVO DE PU VULCANIZAÇÃO DE CARÇAÇAS APLICAÇÃO DE ADESIVO MONTAGEM DE BOLAS ACABAMENTO INSPEÇÃO	PRODUTO	MATRIZADAS	FUTSAL ADULTO
08	COSTURADAS	ACABAMENTO INSPEÇÃO	PRODUTO	COSTURADAS	CAMPO, SOCIETY, Nº4, SALÃO, VOLLÉY
09	EMBALAGEM	EMBALAGEM	PROCESSO	TODAS	TODOS

A criação de duas células para a família de bolas matrizadas tem como objetivo aumentar a produtividade pois o número de *setups* será reduzido, e os operadores se especializarão na montagem de produtos específicos. Além disso, o sistema será mais flexível, pois no caso de flutuações de demanda de bolas de uma categoria específica será possível ajustar o balanceamento das células separadamente.

4.12 ANÁLISE DO FLUXO DE MATERIAIS

Esta etapa determina quantitativamente o fluxo de materiais existente entre cada par de UPE's. O cálculo é feito através do mapeamento dos tipos de materiais, dos meios de transporte utilizados, e da intensidade do fluxo existente.

A tabela 5 apresenta a análise do fluxo de materiais da empresa em questão. A análise foi feita considerando a nova configuração de UPE's definida na seção anterior.

Tabela 5 – Análise do fluxo de materiais

UFE (Unidade de Fluxo equivalente) = Carrinho de mão 62cm largura x 130cm comprimento x 53cm altura

NUM	UPEs	UPEs	MATERIAL	MEIO TRANSP.	INTENSIDADE DO FLUXO		FATOR	INTENSID. MÉDIA FLUXO	CLASSIF. A/F	ESCALA A/F	IMPOR-TÂNCIA
01	Almoxarifado	01 - 02	Fio	Carrinho	3	Cxs/dia	0,5	7,7	O	1	1,25
			Laminado	Carrinho	900	Plcs/dia	0,0061				
			Latex	Carrinho	1,5	Tamb/dia	0,5				
		01 - 03	Laminado	Carrinho	435	Plcs/dia	0,0061	3,7	O	1	1,25
			Aviamentos	Carrinho	222	Cxs/dia	0,0047809				
		01 - 05	Fio	Carrinho	0,2	Cxs/dia	0,5	0,1	O	1	1,25
			Fio	Carrinho	0,82	Cxs/dia	0,5				
		01 - 06	Adesivo	Carrinho	10	Lts/dia	0,055	1,0	O	1	1,25
			Etiquetas	Manual	9	Pcts/dia	0,00066				
			Fio	Carrinho	0,98	Cxs/dia	0,5				
		01 - 07	Adesivo	Carrinho	11	Lts/dia	0,055	1,1	O	1	1,25
			Etiquetas	Manual	10	Pcts/dia	0,00066				
Etiquetas	Manual		30	Pcts/dia	0,00066						
01 - 08	Etiquetas	Manual	30	Pcts/dia	0,00066	0,020	O	1	1,25		
	Sacos	Manual	3000	Scs/dia	0,000037						
01 - 09	Caixas	Pallets	25	Pcts/dia	0,25	6,4	O	1	1,25		
	Placas	Carrinho	450	Plcs/dia	0,0091						
02	Forrofilamento/Dublagem	02 - 03	Placas	Carrinho	450	Plcs/dia	0,0091	4,1	O	1	1,25
03	Corte/Serigrafia/Facção	03 - 04	Câmaras	Manual	1500	Cam/dia	0,013	19,5	E	3	1,25
		03 - 06	Kit gomos	Manual	580	Kits/dia	0,0027	1,6	O	1	1,25
		03 - 07	Kit gomos	Manual	640	Kits/dia	0,0027	1,7	O	1	1,25
04	Câmaras	04 - 03	Câmaras	Manual	3200	Cam/dia	0,013	41,6	A	4	1,25
		04 - 05	Câmaras	Carrinho	80	Cam/dia	0,013	1,2	O	1	1,25
			Borracha	Carrinho	1	Rls/dia	0,125				
		04 - 06	Câmaras	Carrinho	580	Cam/dia	0,013	7,5	O	1	1,25
		04 - 07	Câmaras	Carrinho	640	Cam/dia	0,013	8,3	O	1	1,25
05	Emborrachadas	05 - 09	Bolas	Carrinho	80	Car/dia	0,013	1,0	O	1	1,25
06	Matrizadas I	06 - 09	Bolas	Carrinho	580	Bls/dia	0,013	7,5	O	1	1,25
07	Matrizadas II	07 - 09	Bolas	Carrinho	640	Bls/dia	0,013	8,3	O	1	1,25
08	Costuradas	08 - 09	Bolas	Manual	1700	Bls/dia	0,013	22,1	A	4	1,25
09	Embalagem										

A análise iniciou com um mapeamento dos principais materiais que compõem o fluxo, definindo-se o meio de transporte utilizado e a intensidade de cada fluxo. Em seguida definiu-se a unidade de fluxo equivalente, neste caso, um carrinho manual que é utilizado em praticamente todos os setores da fábrica.

A intensidade do fluxo determina a quantidade de cada material transportado diariamente entre os pares de UPE's. O fator é o inverso do número de unidades de cada material que é possível transportar na unidade de fluxo equivalente. A intensidade média do fluxo é o resultado da multiplicação da intensidade do fluxo pelo fator, tendo como resultado o número de unidades de fluxo equivalente transportado por dia entre cada par de UPE's.

A classificação das afinidades atribui uma letra para cada categoria de valores da intensidade média do fluxo, conforme definido na tabela 6. Cada letra tem um significado, representando o grau de afinidade entre o par de UPE's. A escala atribui valores para cada letra, atribuindo, é claro, os valores mais altos para os fluxos com maior afinidade.

* As letras A/F indicam que a classificação e escala em questão são referentes às afinidades associadas ao fluxo de materiais.

A importância define o peso que será dado às afinidades associadas ao fluxo de materiais quando elas forem combinadas com as afinidades não associadas ao fluxo. No estudo em questão as afinidades associadas ao fluxo de materiais terão um peso 25% maior, para que a disposição de UPE's priorize esta variável.

Tabela 6 – Classificação das afinidades

Valor Intensidade Média do Fluxo	Classificação	Descrição	Escala
Acima de 20	A	Absoluta	4
15 a 20	E	Excepcional	3
10 a 15	I	Importante	2
5 a 10	O	Ordinária	1
0 a 5	U	Sem Importância	0
N/a	X	Distante	n/a

Existe a ocorrência de um fluxo inverso entre as UPE's 03-04, pois as câmaras das bolas de futsal (1.500 câmaras/dia) são produzidas na UPE 04 e enviadas a UPE 03, que as envia a terceiros, onde é realizada uma operação de enchimento da câmara com espuma, a fim de reduzir o quique destas bolas. Quando retornam as câmaras são recebidas na UPE 03 e enviadas novamente a UPE 04 para teste e armazenagem.

A UPE 04 envia 3.200 câmaras/dia a UPE 03. Destas, 1.500 são enviadas ao processo de enchimento e 1.700 são enviadas ao processo de costura, também terceirizado, retornando à fábrica como bola costurada. Isto explica a diferença existente entre os valores dos fluxos inversos das UPE's 03-04.

A análise do fluxo de materiais da empresa em questão demonstra afinidade absoluta entre as UPE's 3 e 4 e as UPE's 8 e 9. O restante das UPE's apresenta afinidade ordinária.

4.13 IDENTIFICAÇÃO DAS AFINIDADES NÃO ASSOCIADAS AO FLUXO

O fluxo de materiais é apenas um dos muitos fatores que revelam afinidades entre as UPE's. Os demais fatores normalmente são mais subjetivos e difíceis de quantificar. Exemplos destes fatores são: comunicação pessoal, necessidade de transferência de pessoas entre áreas, movimentação para áreas de apoio, *feedback* de qualidade, etc.

Os fatores considerados neste estudo para avaliar as afinidades não associadas ao fluxo de materiais foram: fluxo de informações, fluxo de pessoas e *feedback* de qualidade. A

figura 20 apresenta a classificação das afinidades entre os pares de UPE's levando em conta estes fatores.

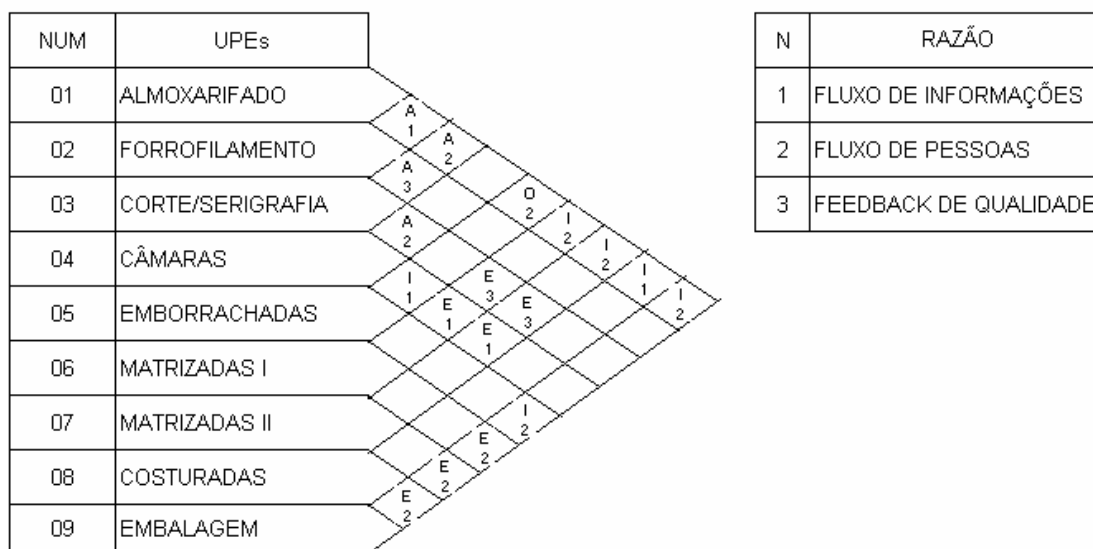


Figura 20 – Afinidades não associadas ao fluxo de material

A avaliação foi feita a partir de formulários distribuídos para gestores e alguns operadores-chave. Nestes formulários, cada par de UPE's recebia uma classificação para cada um dos fatores – fluxo de informações, fluxo de pessoas e *feedback* de qualidade – segundo os critérios apresentados na tabela 6.

Para cada par de UPE's foi definida uma classificação que aparece na parte superior. Na parte inferior aparece a razão que define aquela classificação. As UPE's que apresentam grande afinidade em relação aos fluxos não associados ao material, com classificação A, são as seguintes: UPE's 1-2, devido a constante troca de informações que as duas têm necessidade de realizar; UPE's 1-3, devido ao fluxo de pessoas necessário para realizar as constantes puxadas de material; UPE's 2-3, devido ao *feedback* de qualidade necessário entre o corte/serigrafia e o forrofilamento, o qual necessita de constantes ajustes em seus equipamentos para compensar variações na temperatura ambiente e umidade relativa do ar; UPE's 3-4, devido ao fluxo de pessoas necessário para realizar as constantes transferências de câmaras para envio a terceiros.

4.14 COMBINAÇÃO DAS AFINIDADES

A combinação das afinidades traz à mesma base duas grandezas diferentes, a quantitativa da análise de fluxo de materiais e a qualitativa das afinidades não associadas ao

fluxo. O resultado é uma classificação única de afinidade entre cada par de UPE's que vai de distante a absoluta, levando em conta tanto o fluxo de materiais quanto as afinidades não associadas ao fluxo (tabela 7).

Através do cálculo da média, a escala total combina os valores das afinidades associadas ao fluxo com as afinidades não associadas ao fluxo de material, levando em conta a importância de cada uma. A classificação total volta a transformar os valores numéricos das afinidades combinadas em letras, na classificação AEIOUX, definindo assim a afinidade total entre cada par de UPE.

Os seguintes pares de UPE's apresentaram afinidade alta, com classificação A: UPE's 03-04, devido ao grande fluxo de câmaras existente entre as duas, havendo necessidade de 61 viagens/dia com a UFE e devido ao intenso fluxo de pessoas entre as mesmas. UPE's 08-09, devido ao grande fluxo de bolas existente entre as duas, sendo necessário 22 viagens/dia com a UFE. Estas UPE's deverão estar localizadas o mais próximo possível, devido à grande afinidade apresentada entre elas.

Tabela 7 – Análise completa do fluxo de materiais

UFE (Unidade de Fluxo equivalente) = Carrinho de mão 62cm largura x 130cm comprimento x 53cm altura

NUM	UPEs	UPEs	MATERIAL	MEIO TRANSP.	INTENSIDADE DO FLUXO	FATOR	INTENSID. MÉDIA FLUXO	CLASSIF. A/F	ESCALA A/F	IMPOR-TÂNCIA	CLASSIF. N/F	ESCALA N/F	ESCALA TOTAL	CLASSIF. TOTAL
01	Almoxarifado	01 - 02	Fio	Carrinho	3 Cxs/dia	0,5	7,7	O	1	1,25	A	4	2,625	E
			Laminado	Carrinho	900 Plcs/dia	0,0061								
		01 - 03	Laminado	Carrinho	1,5 Tamb/dia	0,5	3,7	O	1	1,25	A	4	2,625	E
			Aviamentos	Carrinho	435 Plcs/dia	0,0061								
		01 - 05	Fio	Carrinho	222 Cxs/dia	0,0047809	0,1	O	1	1,25	O	1	1,1	I
			Fio	Carrinho	0,2 Cxs/dia	0,5								
		01 - 06	Adesivo	Carrinho	0,82 Cxs/dia	0,5	1,0	O	1	1,25	I	2	1,6	I
			Etiquetas	Manual	10 Lts/dia	0,055								
		01 - 07	Fio	Carrinho	9 Pcts/dia	0,00066	1,1	O	1	1,25	I	2	1,6	I
			Adesivo	Carrinho	0,98 Cxs/dia	0,5								
		01 - 08	Etiquetas	Manual	11 Lts/dia	0,055	0,020	O	1	1,25	I	2	1,6	I
			Etiquetas	Manual	10 Pcts/dia	0,00066								
01 - 09	Sacos	Manual	30 Pcts/dia	0,00066	6,4	O	1	1,25	I	2	1,625	I		
	Caixas	Manual	3000 Scs/dia	0,00037										
02	Forofilamento/Dublagem	02 - 03	Placas	Carrinho	25 Pcts/dia	0,25	4,1	O	1	1,25	A	4	2,63	E
			Placas	Carrinho	450 Plcs/dia	0,0091								
03	Corte/Serigrafia/Facção	03 - 04	Câmaras	Manual	1500 Cam/dia	0,013	19,5	E	3	1,25	A	4	3,88	A
			Kit gomos	Manual	580 Kits/dia	0,0027								
		03 - 06	Kit gomos	Manual	640 Kits/dia	0,0027	1,7	O	1	1,25	E	3	2,13	E
			Kit gomos	Manual	640 Kits/dia	0,0027								
04	Câmaras	04 - 03	Câmaras	Manual	3200 Cam/dia	0,013	41,6	A	4	1,25	A	4	4,5	A
			Câmaras	Carrinho	80 Cam/dia	0,013								
		04 - 05	Borracha	Carrinho	1 Rls/dia	0,125	1,2	O	1	1,25	I	3	2,13	E
			Câmaras	Carrinho	580 Cam/dia	0,013								
		04 - 06	Câmaras	Carrinho	640 Cam/dia	0,013	8,3	O	1	1,25	E	3	2,13	E
			Câmaras	Carrinho	640 Cam/dia	0,013								
05	Emborrachadas	05 - 09	Bolas	Carrinho	80 Car/dia	0,013	1,0	O	1	1,25	I	2	1,625	I
06	Matrizadas I	06 - 09	Bolas	Carrinho	580 Bls/dia	0,013	7,5	O	1	1,25	E	3	2,13	E
07	Matrizadas II	07 - 09	Bolas	Carrinho	640 Bls/dia	0,013	8,3	O	1	1,25	E	3	2,13	E
08	Costuradas	08 - 09	Bolas	Manual	1700 Bls/dia	0,013	22,1	A	4	1,25	E	3	4	A
09	Embalagem													

* As letras N/F indicam que a classificação e escala em questão são referentes às afinidades não associadas ao fluxo de materiais.

4.15 CONSTRUÇÃO DO DIAGRAMA DE CONFIGURAÇÃO

O diagrama é construído a partir da definição de UPE's e da combinação de afinidades. Sua construção tem como objetivo reduzir as distâncias entre as UPE's com alta afinidade (em detrimento das de baixa afinidade) e reduzir o número de cruzamentos entre as linhas de afinidades (principalmente as de alta afinidade). Esta etapa pode ser executada com um *software* específico, como o CAD, ou manualmente. Neste trabalho esta etapa foi realizada manualmente.

As UPE's são representadas por símbolos que demonstram o tipo de processo realizado nas mesmas, e são numeradas de acordo com a definição de UPE's feita anteriormente. As afinidades são representadas por linhas, cada tipo de linha representa uma afinidade que vai de absoluta a distante. As UPE's que possuem afinidade absoluta são desenhadas em primeiro lugar, em seguida vão sendo incluídas as UPE's com afinidades menores, até que todas UPE's e todas as afinidades tenham sido desenhadas. A cada inclusão as UPE's são reorganizadas, a fim de que ocorra um mínimo de contra-fluxos, e de que as UPE's com maior afinidade fiquem o mais próximo possível, otimizando assim o fluxo de materiais entre as mesmas. O método *Fac Plan* não define o número de iterações a ser feito a cada inclusão de afinidades, ficando a cargo da experiência do executor do projeto decidir quando o processo pode ser considerado concluído, ou seja, quando se obteve a melhor configuração possível.

A figura 21 apresenta o diagrama de configuração da empresa em questão. A primeira configuração, obtida após 4 iterações, alocou as UPE's com afinidade A e E, buscando obter um mínimo de cruzamentos possível e obedecer o fluxo do processo através da seqüência da numeração das UPE's. A segunda configuração, obtida após 6 iterações, alocou as UPE's restantes observando as mesmas regras. Vários cruzamentos de fluxo podem ser observados nesta configuração.

A reorganização, obtida após 10 iterações, alterou a disposição de algumas UPE's visando reduzir os cruzamentos de fluxo; os que restaram, ocorrem somente entre as UPE's com afinidade de menor valor, reduzindo assim as perdas decorrentes.

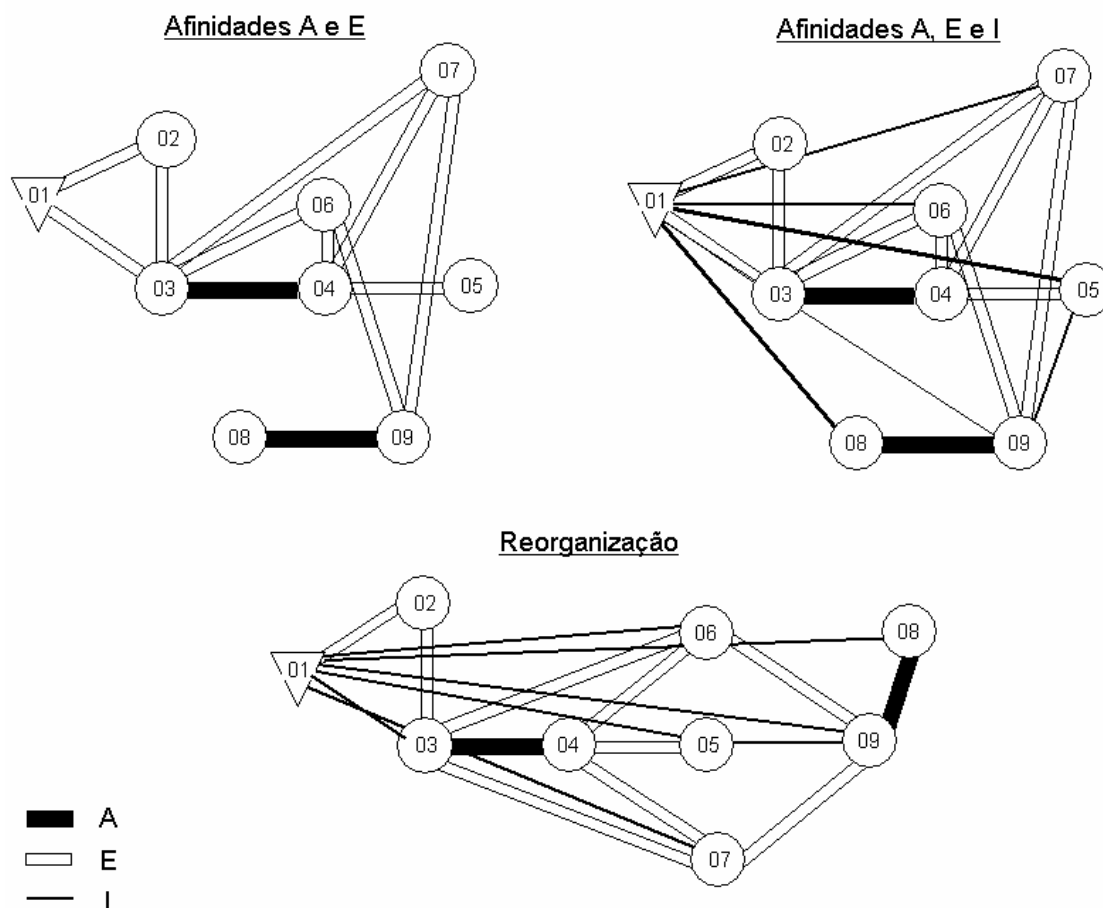


Figura 21 – Diagrama de configuração

4.16 CÁLCULO DO ESPAÇO

O cálculo do espaço é de fundamental importância para o projeto do *layout*, pois na maioria das vezes trata-se de um recurso limitado e caro. Embora seja uma grandeza tridimensional, a maioria dos projetos ignora a dimensão vertical devido à complexidade da movimentação de materiais na mesma.

O cálculo do espaço pode ser feito através de vários métodos (ver Lee, 1998). No estudo em questão utilizou-se o método do cálculo elementar, onde cada equipamento ou móvel que compõe uma UPE é medido, e suas dimensões são somadas às dimensões de corredores e de espaços para movimentações, obtendo-se assim o espaço total necessário. A tabela 8 apresenta a necessidade de espaço de cada UPE do estudo em questão.

Tabela 8 – Cálculo* do espaço

UPE	DESCRIÇÃO	ÁREA (m²)
ALMOXARIFADO	PRATELEIRAS	59,0
	MÁQUINAS	16,7
	ÁREA P/ ARMAZENAR MATERIAL EM PALLETS	24,0
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	155,5
		255,2
FORROFILAMENTO	MÁQUINAS	78,0
	BANCADAS	21,0
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	123,0
		222,0
SERIGRAFIA/CORTE	MÁQUINAS	30,5
	BANCADAS	22,7
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	94,8
		148,0
CÂMARAS	MÁQUINAS	107,2
	ÁREA DE ARMAZENAGEM	39,5
	BANCADAS	5,9
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	100,9
		253,5
EMBORRACHADAS	MÁQUINAS	30,6
	ÁREA DE ARMAZENAGEM	3,1
	BANCADAS	1,4
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	63,0
		98,1
MATRIZADAS I	MÁQUINAS	34,1
	ÁREA DE ARMAZENAGEM	9,5
	BANCADAS	1,4
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	79,0
		124,0
MATRIZADAS II	MÁQUINAS	32,7
	ÁREA DE ARMAZENAGEM	11,7
	BANCADAS	3,0
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	93,2
		140,6
COSTURADAS	MÁQUINAS	1,1
	ÁREA DE ARMAZENAGEM	12,6
	BANCADAS	3,6
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	78,7
		96,0
EMBALAGEM	BANCADAS	4,1
	ÁREA DE ARMAZENAGEM	86,0
	ÁREA DE CIRCULAÇÃO E MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAIS	5,9
		96,0
CORREDORES	PRINCIPAIS	342,0
	TOTAL	1.775,3

Conforme citado anteriormente, a fim de modernizar seu processo de manufatura a empresa adquiriu novos equipamentos para a fabricação de bolas, que serão instalados juntamente com a implementação do novo *layout*. Portanto o espaço necessário para equipamentos, bancadas e áreas de circulação, em cada UPE, foi determinado levando em conta as características destes novos equipamentos.

As UPE's que exigem os maiores espaços são: almoxarifado, pois devido à característica do prédio a utilização do espaço vertical é baixa; e forrofilamento e câmaras, devido ao grande porte dos equipamentos necessários nestes processos.

* O cálculo do espaço necessário para o armazenamento de matéria-prima e material em processo, considerou a projeção de estoques para os próximos três anos – ver seção 4.3.

Pode-se também perceber a importância dos corredores no *layout*. Os mesmos requerem uma área considerável dentro das UPE's e nas áreas comuns, a fim de evitar congestionamentos e dificuldades na movimentação de materiais.

4.17 PRIMITIVA DE PLANEJAMENTO DE ESPAÇO

Nesta etapa o espaço calculado para cada UPE é acrescido ao diagrama de espaço, resultando numa primitiva de plano de espaço. São incluídas figuras – normalmente quadrados ou retângulos – que representam o espaço a ser ocupado por cada UPE. Estas figuras devem ser acomodadas sob os símbolos das UPE's desenhados no diagrama de configuração, sem que haja sobreposições. O resultado deve ser uma organização compacta, que honre as afinidades com a maior proximidade possível. A figura 22 apresenta a primitiva de plano de espaço do estudo em questão.

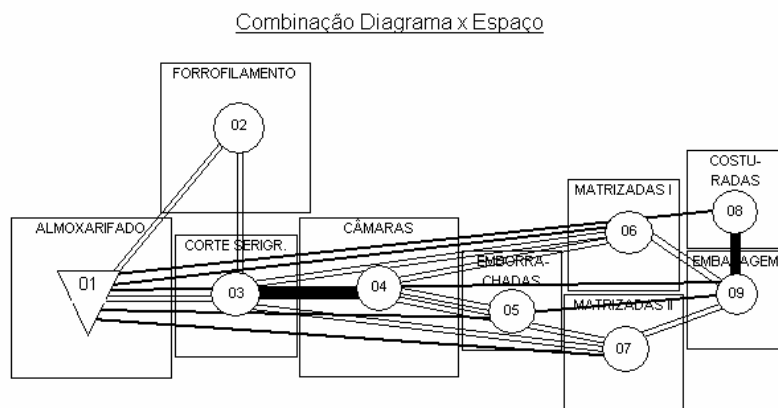
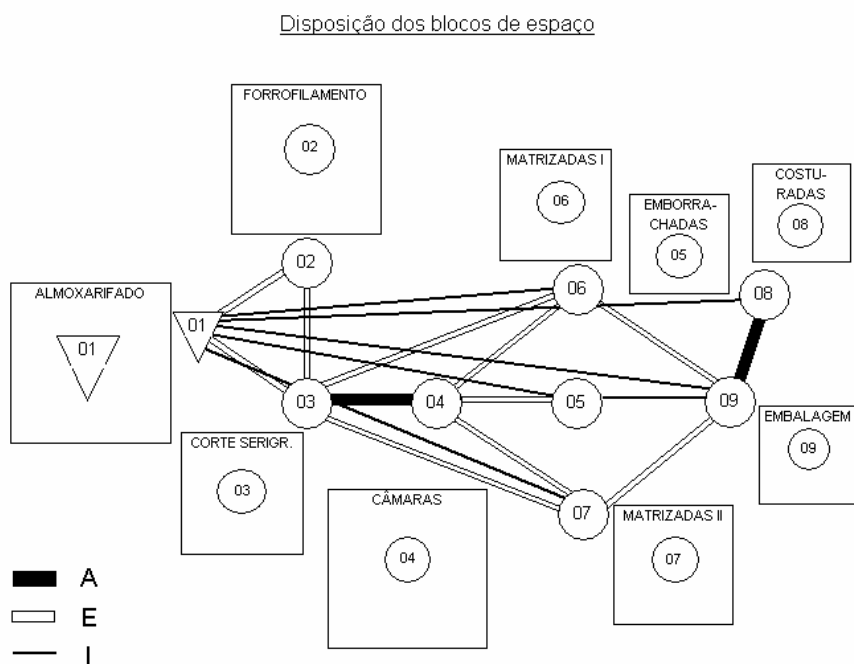


Figura 22 – Primitiva de plano de espaço

O tamanho de cada bloco foi definido com base no cálculo de espaço realizado anteriormente, e todos eles possuem o formato de quadrados, pois as restrições como corredores e formato atual do prédio ainda não foram consideradas.

4.18 IDENTIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES

A identificação das restrições evita que o planejamento do *layout* seja invalidado no futuro por não respeitar uma restrição importante. As principais restrições são devidas a: existência de colunas no prédio, formato e disposição do prédio, redes de distribuição de energia elétrica, limitações do terreno para construção de estradas e docas, normas de segurança, peso e formato dos equipamentos, além de restrições específicas de cada projeto.

O projeto em questão apresenta as seguintes restrições:

- O *layout* deverá ser projetado para ocupar o pavilhão já existente, adequando-se às dimensões e formato do mesmo;
- O prédio principal possui dimensão de 21m x 65m, com um anexo de 9m x 18m;
- A estrada interna para trânsito de veículos existente não deverá ser alterada; portanto as docas de carregamento e descarregamento de materiais deverão estar localizadas de forma a possibilitar o acesso dos caminhões;
- Existem 8 colunas de 1 m² cada, localizadas dentro da área produtiva.

4.19 CONSTRUÇÃO DE OPÇÕES DE *LAYOUT*

As opções são construídas através da sobreposição da primitiva de planejamento de espaço ao esboço do prédio, que pode existir ou ser uma estrutura proposta. Os blocos de espaço são moldados a fim de se ajustarem a paredes, colunas e outras características do prédio.

As restrições identificadas anteriormente devem ser constantemente consultadas durante a construção das opções de *layout*. Todas as variações devem ser consideradas, inclusive rotações e imagens invertidas. A fim de honrar as restrições e obter um projeto consistente podem ser necessários ajustes nas necessidades de espaço até um limite de 20% do cálculo original. A geração de várias opções demonstra que foram analisadas várias alternativas e possibilidades de melhorias.

O ideal é que o prédio seja retangular, com área completamente desobstruída. Porém no estudo em questão o prédio possui um anexo, e a área principal não é totalmente retangular, possuindo estrangulamentos ao longo de seu comprimento.

Foram construídas três alternativas de *layout* que satisfazem as afinidades e as restrições encontradas. Conforme definido anteriormente na estratégia de operações, o *layout* será misto, algumas UPE's serão focadas no processo – *layout* funcional – e outras com foco no produto – *layout* celular.

Nas três opções as áreas de forrofilamento e corte/serigrafia que anteriormente eram localizadas em prédios anexos foram realocadas, concentrando todas as áreas produtivas no prédio principal.

Enquanto que áreas de apoio como o restaurante e banheiros foram transferidos para o exterior do prédio principal, a fim de aumentar a área interna do mesmo, a área de recebimento/envio de materiais foi incorporada à célula de corte/serigrafia, que é responsável pelo maior fluxo de materiais enviados a terceiros.

O prédio principal foi ampliado, proporcionando aumento de área para viabilizar melhor organização às áreas de manutenção, almoxarifado e laboratório. O simulador foi transferido para o laboratório e sua área foi demolida, facilitando o trânsito de veículos.

A disposição das UPE's segue a primitiva de plano de espaço, alocando as áreas de acordo com o grau de afinidade entre elas e respeitando as restrições definidas anteriormente. Nas opções 1 e 2 o fluxo do processo tem a direção leste-oeste, já na opção 3, a direção é oeste-leste, devido à localização do almoxarifado.

Nas três alternativas, o espaço de valor agregado (ocupado por áreas produtivas) aumentou de 40% (*layout* original) para 48%. Nas alternativas 1 e 2 são disponibilizados 157 m² de área, na qual foi proposta a criação da sala de treinamentos e reuniões.

Na opção 1 (figura 23) o fluxo no interior das UPE's 05,06 e 07 tem a direção norte-sul. Já na opção 2 (figura 24) este fluxo tem a direção leste-oeste. A vantagem da opção 2 é a maior proximidade entre a entrada de materiais na célula oriundos das células de corte/serigrafia e de câmaras. A desvantagem desta opção é a dificuldade de disposição dos móveis e equipamentos, devido ao estreitamento das células para adequação ao prédio existente, causando dificuldades na circulação interna de pessoas e materiais.

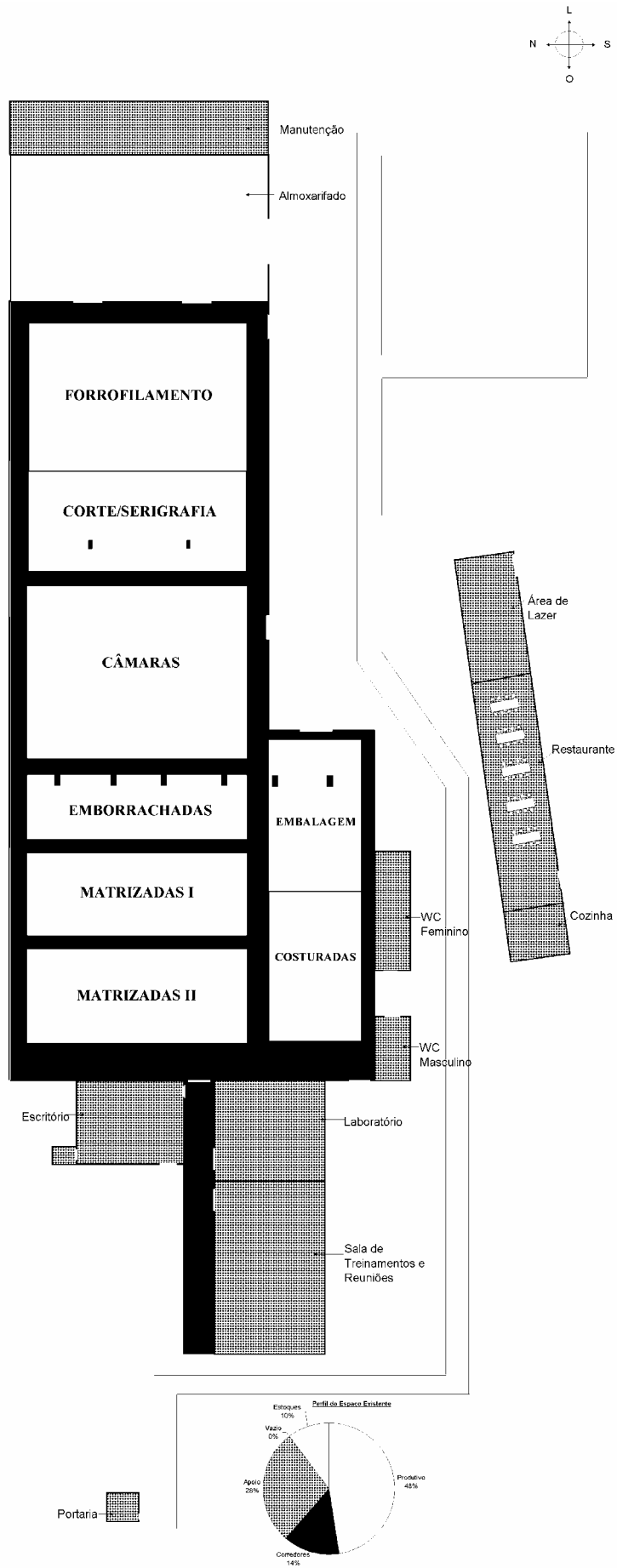


Figura 23 – Opção 1

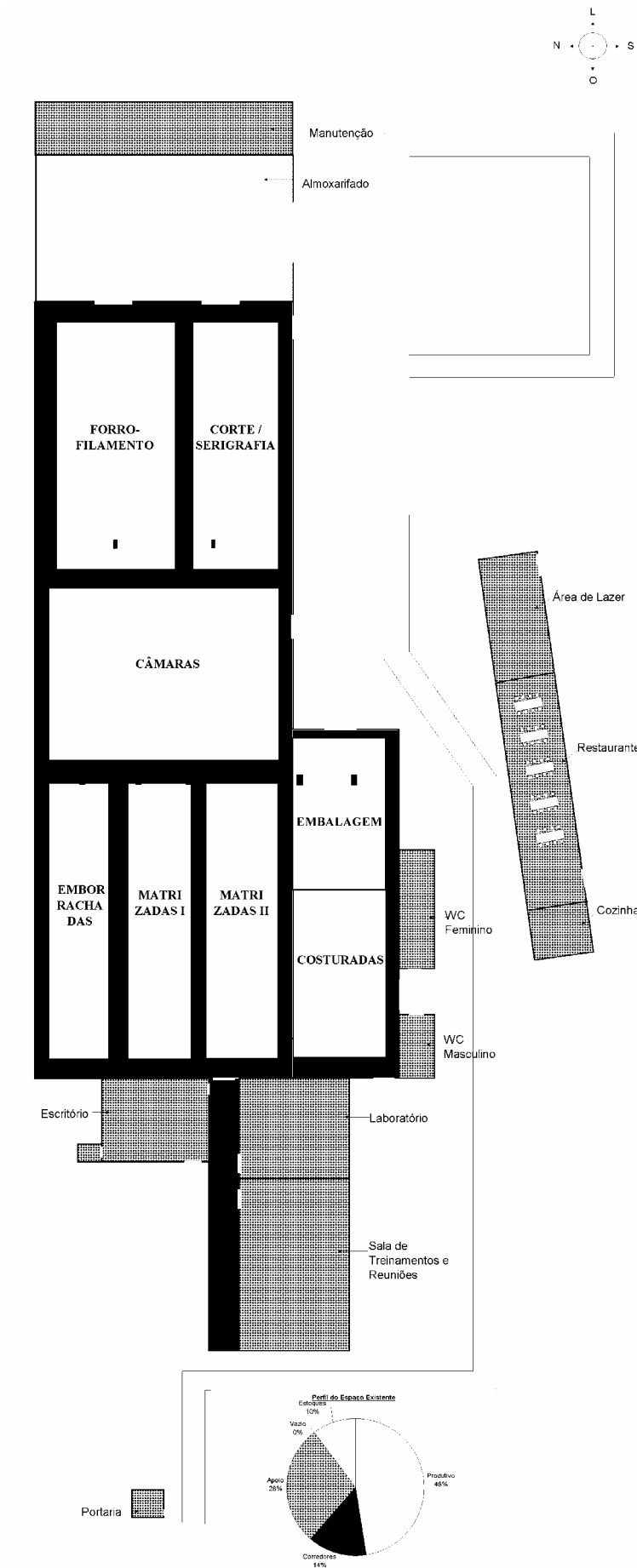


Figura 24 – Opção 2

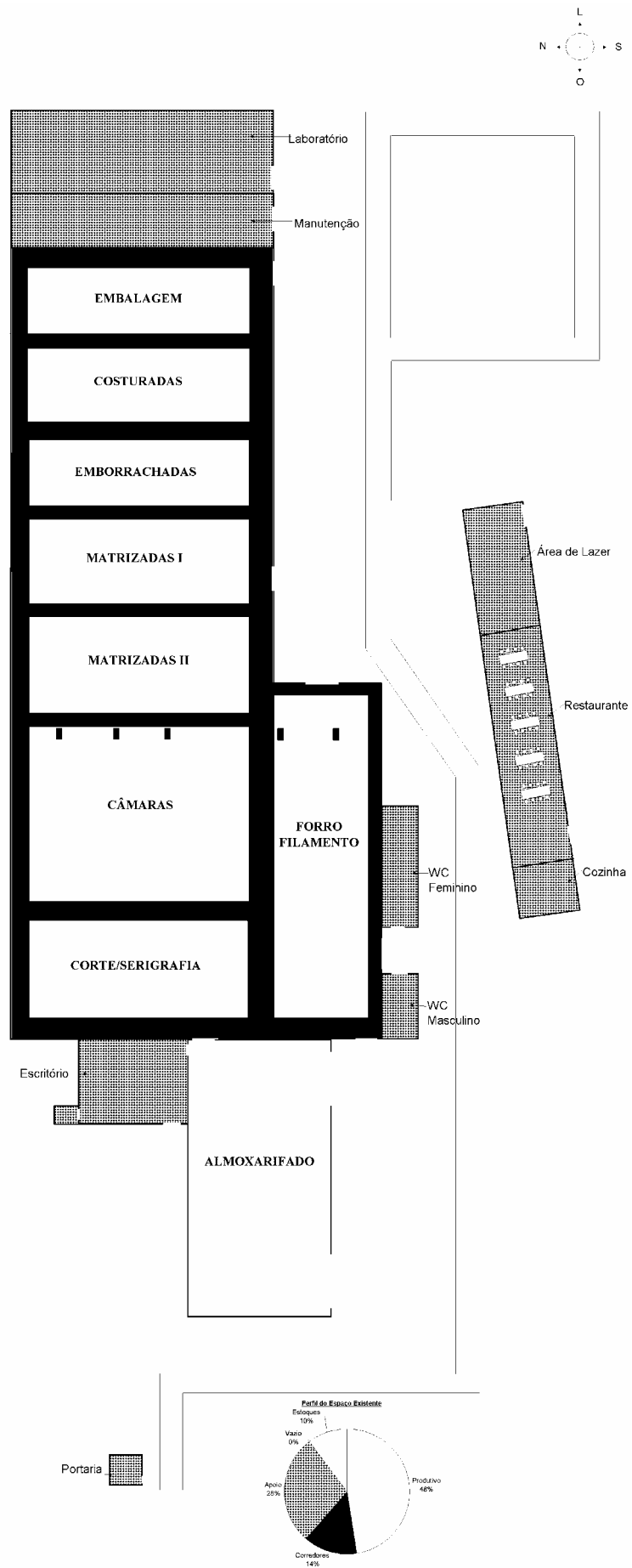


Figura 25 – Opção 3

Na opção 3 (figura 25) o fluxo do processo foi invertido no sentido oeste-leste devido à localização do almoxarifado. A vantagem desta opção é a proximidade do almoxarifado com o portão de entrada da empresa, reduzindo assim o trânsito interno de veículos. A desvantagem desta opção é que este prédio do almoxarifado possui um desnível de aproximadamente 1,5 metros em relação ao prédio produtivo, dificultando a transferência de materiais.

Nas opções 1 e 2, a área anteriormente utilizada pelo setor de fabricação de forrofilamento foi destinada ao laboratório e a uma sala de treinamentos e reuniões. Na opção 3 esta área destina-se ao almoxarifado, e o laboratório é deslocado para o final do prédio, próximo à manutenção. Nesta opção a empresa decidiu não propor a construção de área para treinamentos e reuniões.

4.20 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS DE MOVIMENTAÇÃO

A movimentação de materiais e o *layout* estão interligados. O melhor sistema de movimentação depende do planejamento de espaço, e o melhor planejamento de espaço depende dos métodos de movimentação. A análise do sistema de movimentação de materiais pode modificar profundamente as opções de *layout*, gerando vantagens significativas a uma das opções.

A melhor abordagem é projetar o *layout* pressupondo a movimentação convencional, provavelmente manual. Isso otimiza o fluxo de materiais e elimina a necessidade de sistemas de movimentação complexos e caros. Além de que um *layout* que trabalha com um sistema de movimentação manual pode ser transformado para operar com sistemas de movimentação automatizada, ou transportadores contínuos. Já o movimento contrário trará sérios prejuízos para a empresa.

No estudo em questão o sistema de movimentação não é um fator decisivo na escolha do *layout*, pois os materiais transportados percorrem pequenas distâncias, além de serem leves e possuírem formatos similares. Portanto o *layout* será projetado pressupondo movimentação convencional, feita através de carrinhos manuais.

4.21 AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DO *LAYOUT*

A seleção da melhor opção de *layout* deve ser feita em equipe, a fim de obter suporte e apoio de todos os envolvidos. A primeira etapa é a definição dos critérios decisórios, que

podem ser decisivos ou qualificadores. Os qualificadores são excludentes, isto é, a opção atende ou não as necessidades mínimas do projeto; caso não atenda, a opção é desqualificada. Os decisivos trazem benefícios adicionais a cada incremento de desempenho. Exemplos de critérios decisórios são: economias na movimentação de materiais, comunicação mais eficaz, trabalho em equipe mais eficiente, menor custo inicial, menor custo operacional, melhoria de qualidade, maior confiabilidade na entrega, maior velocidade na entrega e maior capacidade de utilização de uma tecnologia específica.

Muitas ferramentas para avaliação podem ser utilizadas na escolha da melhor opção, conforme apresentado no capítulo 2. Uma vez definidos os critérios decisórios e a ferramenta de avaliação, o processo de avaliação é realizado, definindo a opção que trará melhores resultados para a empresa.

A avaliação das opções de *layout* será feita através das ferramentas de avaliação indicadas pelo método *Fac Plan*.

4.21.1 Definição dos critérios decisórios

Os critérios decisivos do estudo em questão são os seguintes:

- Fluxo de materiais: o *layout* atual possui um fluxo de materiais confuso e com muitos cruzamentos, o novo *layout* deverá viabilizar um fluxo de materiais que reduza ao máximo as perdas por movimentação e transporte;
- Custo de fabricação: vários componentes do *layout* afetam direta e indiretamente o custo de fabricação, a melhor alternativa será a que promover o menor custo de fabricação;
- Retorno de investimento: considerando o investimento necessário para a transformação do *layout*, e os ganhos gerados por cada alternativa, será avaliado o tempo para retorno de investimento;
- *Lead time* produtivo: o *lead time* atual é de 15 dias para a família de bolas costuradas, 3 dias para as bolas matrizadas e 2 dias para as bolas emborrachadas. O novo *layout* deverá reduzir estes tempos.

Os critérios qualificadores do estudo em questão são os seguintes:

- Atendimento às exigências legais e normas de segurança da empresa: a empresa possui uma ferramenta de revisão e avaliação de alterações em equipamentos e *layout*; a alternativa que não for aprovada nesta avaliação ou que não atenda exigências legais será automaticamente descartada;
- Atendimento da demanda: a empresa projeta um aumento de demanda na faixa de 20% ao ano para os próximos 3 anos, a alternativa que não atender este aumento será descartada;
- *Feedback* de qualidade e Trabalho em equipe: As interrupções no fluxo de materiais existentes atualmente, devido a estoques e esperas, dificultam o *feedback* de qualidade e o trabalho em equipe. O novo *layout* deverá viabilizar a implementação do fluxo contínuo, criando um ambiente mais favorável à formação de times e tornando o *feedback* mais rápido e eficiente;
- Melhoria na satisfação dos funcionários: o *layout* atual possui áreas sem espaço suficiente ou sem condições adequadas; causando desconforto e insatisfação aos funcionários. O novo *layout* deve realocar e redimensionar estas áreas.

4.21.2 Análise do fluxo de materiais

A disposição atual das UPE's gera uma série de perdas por movimentação, transporte e espera no fluxo de materiais. A figura 26 apresenta o fluxo de materiais atual e o fluxo de materiais de cada alternativa de *layout* proposto.

Nas três opções de *layout* a disposição das UPE's reduz significativamente o fluxo de materiais comparando-se ao *layout* atual. O ganho de cada alternativa em relação à redução da distância percorrida no manuseio de materiais será apresentado adiante, no cálculo do transporte. A seguir relata-se os pontos negativos de cada alternativa.

Na opção 1 existe um contrafluxo na movimentação de materiais entre as UPE's matrizadas I/II e a UPE embalagem. Existe também um fluxo contrário em relação ao do restante da fábrica entre a UPE costuradas e a UPE embalagem, cuja disposição não pode ser invertida devido às características do terreno, que só permite a construção da doca para carregamento dos produtos prontos para o armazém naquele local.

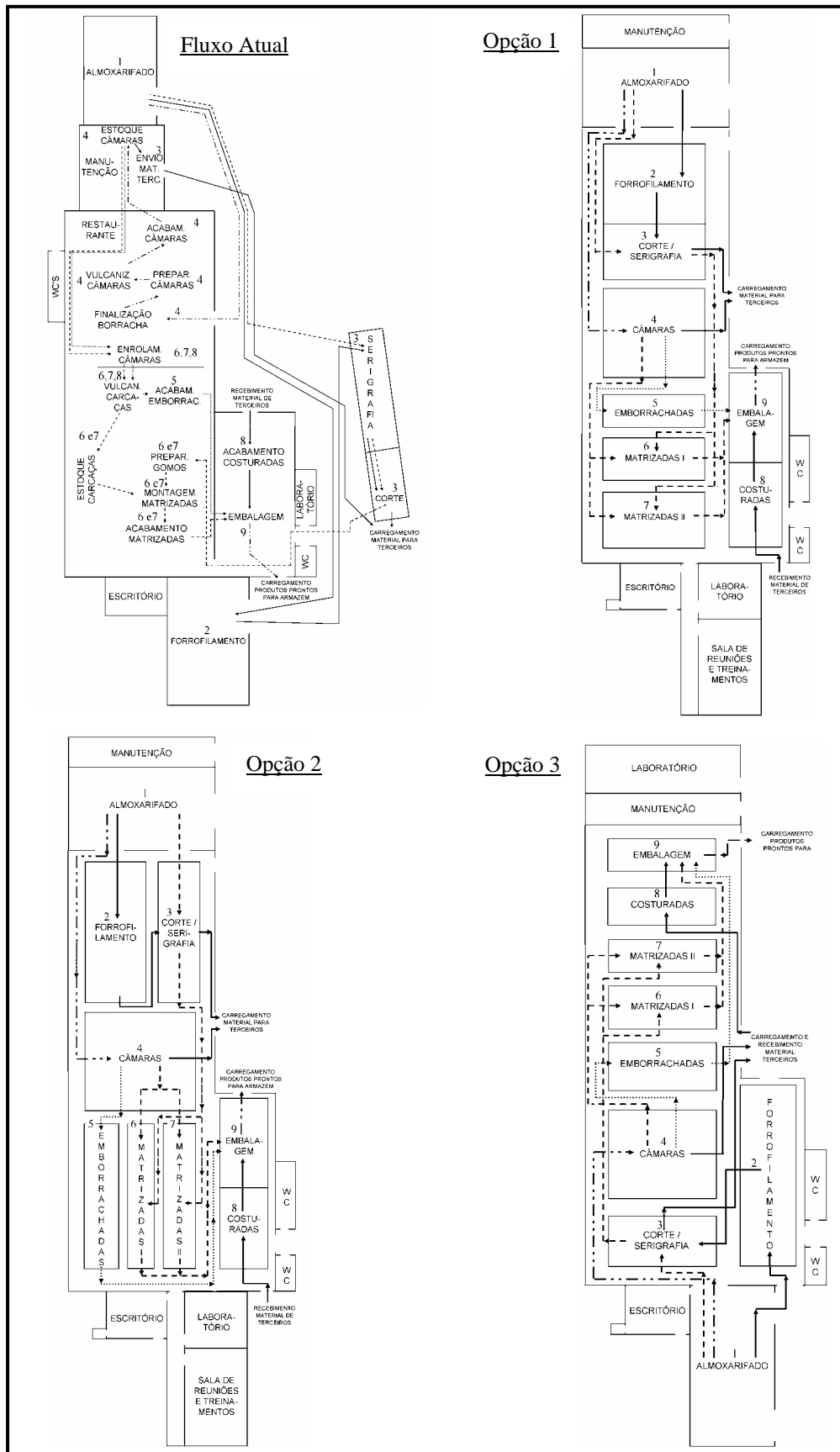


Figura 26 – *Análise dos fluxos de materiais

* As UPE's estão numeradas conforme o quadro 4. No fluxo atual alguns números aparecem repetidos, pois conforme explicado na definição de UPE's, ocorreram fusões/eliminações de áreas.

Na opção 2 o fluxo contrário entre a UPE costuradas e a UPE embalagem se mantém. O contrafluxo entre as UPE's matrizadas I/II e a UPE embalagem continua existindo, e a distância percorrida é maior. Outros contrafluxos são criados entre a UPE emborrachadas e a UPE embalagem, e entre a UPE forrofilamento e a UPE corte/serigrafia.

Na opção 3 ocorrem contrafluxos na movimentação de materiais entre a UPE forrofilamento e a UPE corte/serigrafia; e entre a UPE embalagem e as UPE's matrizadas I/II, emborrachadas e costuradas. A distância percorrida entre o recebimento das bolas costuradas de terceiros e a UPE costuradas é maior em relação às demais alternativas.

4.21.3 Cálculo do transporte

O cálculo do transporte quantifica o trabalho de transferência necessário no fluxo de materiais do *layout* atual e das três opções. O fluxo de cada tipo de material transportado entre as UPE's (intensidade do fluxo) é multiplicado pelo fator que transforma a quantidade de material em unidades de fluxo equivalente (intensidade média de fluxo). Este é multiplicado pela distância em metros entre as UPE's, tendo com resultado o trabalho de transferência necessário entre cada par de UPE na unidade UFE-metros/dia.

O *layout* atual possui um transporte total de 7.695 UFE-metros por dia (tabela 9). O maior trabalho de transferência de materiais ocorre entre as UPE's 01-21 – almoxarifado e forrofilamento – devido à grande distância entre elas (110 metros), e ao volume de materiais transportados, especialmente de laminados (900 placas) para a operação de dublagem.

Outros fluxos que apresentam altas taxas de transferência são os seguintes: 02-10, estoque intermediário de câmaras e enrolamento, transporte de 1.220 câmaras a uma distância de 49 metros; 04-02, acabamento de câmaras e estoque intermediário de câmaras, transporte de 3.000 câmaras a uma distância de 16 metros; 05-04, estoque em processo de câmaras e acabamento de câmaras, transporte de 3.000 câmaras a uma distância de 16 metros; 07-05, vulcanização de câmaras e estoque em processo de câmaras, transporte de 1.500 câmaras a uma distância de 31 metros; 07-03, vulcanização de câmaras e envio de materiais a terceiros, transporte de 1.500 câmaras a uma distância de 22 metros; e 01-20, almoxarifado e embalagem, transporte de 500 caixas a uma distância de 86 metros.

Tabela 9 – Cálculo do transporte do layout atual

DE - PARA	MATERIAL	INTENSIDADE DO FLUXO	FATOR	INTENSID. MÉDIA FLUXO	DISTÂNCIA (mts)	TRABALHO TRANSFERÊNCIA
01 - 10	Fio	2 Cxs/dia	0,5	1,0	46,0	46,0
01 - 14	Adesivo	21 Lts/dia	0,055	1,2	66,0	76,2
01 - 16	Etiquetas	19 Pcts/dia	0,00066	0,0	76,0	1,0
01 - 18	Etiquetas	30 Pcts/dia	0,00086	0,0	86,0	1,7
01 - 20	Sacos	3000 Scs/dia	0,000037	6,4	86,0	547,0
01 - 20	Caixas	25 Pcts/dia	0,25		86,0	0,0
01 - 21	Fio	3 Cxs/dia	0,5	7,7	110,0	851,4
01 - 21	Laminado	900 Plcs/dia	0,0061		110,0	0,0
01 - 21	Latex	1,5 Tamb/dia	0,5		110,0	0,0
01 - 22	Laminado	135 Plcs/dia	0,0061	0,8	83,0	68,4
01 - 23	Laminado	300 Plcs/dia	0,0061	1,8	104,0	190,3
02 - 03	Câmaras	1700 Cam/dia	0,013	22,1	7,0	154,7
02 - 10	Câmaras	1220 Cam/dia	0,013	15,9	49,0	777,1
03 - 05	Câmaras	1500 Cam/dia	0,013	19,5	7,0	136,5
03 - 17	Bolas	1700 Bls/dia	0,013	22,1	0,0	0,0
04 - 02	Câmaras	3000 Cam/dia	0,013	39,0	16,0	624,0
05 - 04	Câmaras	3000 Cam/dia	0,013	39,0	16,0	624,0
06 - 07	Câmaras	3000 Cam/dia	0,013	39,0	4,0	156,0
07 - 03	Câmaras	1500 Cam/dia	0,013	19,5	22,0	429,0
07 - 05	Câmaras	1500 Cam/dia	0,013	19,5	31,0	604,5
08 - 06	Borracha	68 Rls/dia	0,125	8,5	6,0	51,0
08 - 12	Borracha	160 Rls/dia	0,125	20,0	23,0	460,0
10 - 11	Câmaras	1300 Cam/dia	0,013	16,9	10,0	169,0
11 - 12	Carcças	80 Car/dia	0,013	1,0	28,0	29,1
11 - 13	Carcças	1220 Car/dia	0,013	15,9	9,0	142,7
12 - 19	Bolas	80 Car/dia	0,013	1,0	9,0	9,4
13 - 14	Carcças	1220 Car/dia	0,013	15,9	11,0	174,5
14 - 15	Kit gomos	1220 Kits/dia	0,0027	19,2	5,0	95,8
14 - 15	Carcças	1220 Car/dia	0,013		8,0	0,0
15 - 16	Bolas	1220 Bls/dia	0,013	15,9	8,0	126,9
16 - 19	Bolas	1220 Bls/dia	0,013	15,9	17,0	269,6
17 - 18	Bolas	1700 Bls/dia	0,013	22,1	5,0	110,5
18 - 19	Bolas	1700 Bls/dia	0,013	22,1	4,0	88,4
19 - 20	Bolas	3000 Bls/dia	0,013	39,0	4,0	156,0
21 - 22	Placas	450 Plcs/dia	0,0091	4,1	78,0	319,4
22 - 23	Placas	135 Plcs/dia	0,0061	0,8	22,0	18,1
23 - 14	Kit gomos	1220 Kits/dia	0,0027	3,3	51,0	168,0
23 - 03	Kit gomos	1700 Kits/dia	0,0027	4,6	4,0	18,4
TOTAL				481	1.417	7.695

As opções 1,2 e 3 apresentam taxas de transferência de 2.767, 2.988 e 3.108 UFE-metros por dia, respectivamente (tabela 10). Nas opções 1 e 2, as maiores taxas de transferência são do fluxo de materiais entre as seguintes UPE's: 04-03, câmaras e corte/serigrafia (envio materiais a terceiros), transporte de 3.200 câmaras a uma distância de 16 metros; 01-02, almoxarifado e forrofilamento, transporte de 900 placas de laminado a uma distância de 55 metros na opção 1 e 62 metros na opção 2; 03-04, corte/serigrafia (recebimento materiais de terceiros) e câmaras, transporte de 1.500 câmaras a uma distância de 16 metros.

Na opção 1 outros fluxos com altas taxas de transferência ocorrem entre as UPE's 04-07, câmaras e matrizadas II, transporte de 640 câmaras a uma distância 30 metros; e 01-03, almoxarifado e corte/serigrafia, transporte de 435 placas de laminado a uma distância de 67 metros.

Tabela 10 – Cálculo do transporte das opções de layout

DE - PARA	MATERIAL	INTENSIDADE DO FLUXO		FATOR	INTENSID. MÉDIA FLUXO	OPÇÃO 1		OPÇÃO 2		OPÇÃO 3	
						DISTÂNCIA (mts)	TRABALHO TRANSFERÊNCIA	DISTÂNCIA (mts)	TRABALHO TRANSFERÊNCIA	DISTÂNCIA (mts)	TRABALHO TRANSFERÊNCIA
01 - 02	Fio	3	Cxs/dia	0,5	7,7	55	425,7	62	479,9	36	278,6
	Laminado	900	Plcs/dia	0,0061							
	Latex	1,5	Tamb/dia	0,5							
01 - 03	Laminado	435	Plcs/dia	0,0061	3,7	67	248,9	63	234,0	37	137,4
	Aviamentos	222	Cxs/dia	0,0047809							
01 - 05	Fio	0,2	Cxs/dia	0,5	0,1	94	9,4	94	9,4	92	9,2
01 - 06	Fio	0,82	Cxs/dia	0,5	1,0	105	101,4	98	94,7	86	83,1
	Adesivo	10	Lts/dia	0,055							
	Etiquetas	9	Pcts/dia	0,00066							
01 - 07	Fio	0,98	Cxs/dia	0,5	1,1	118	130,0	96	105,8	79	87,0
	Adesivo	11	Lts/dia	0,055							
	Etiquetas	10	Pcts/dia	0,00066							
01 - 08	Etiquetas	30	Pcts/dia	0,00066	0,020	96	1,9	96	1,9	98	1,9
01 - 09	Sacos	3000	Scs/dia	0,000037	0,111	84	9,3	84	9,3	109	12,1
02 - 03	Placas	450	Plcs/dia	0,0091	4,1	5	20,5	8	32,8	35	143,3
03 - 04	Câmaras	1500	Cam/dia	0,013	19,5	16	312,0	16	312,0	21	409,5
03 - 06	Kit gomos	580	Kits/dia	0,0027	1,6	35	54,8	46	72,0	38	59,5
03 - 07	Kit gomos	640	Kits/dia	0,0027	1,7	42	72,6	48	82,9	31	53,6
04 - 03	Câmaras	3200	Cam/dia	0,013	41,6	16	665,6	16	665,6	21	873,6
	Borracha	1	Rls/dia	0,125	1,2	31	36,1	12	14,0	22	25,6
04 - 05	Câmaras	80	Cam/dia	0,013							
04 - 06	Câmaras	580	Cam/dia	0,013	7,5	22	165,9	7	52,8	15	113,1
04 - 07	Câmaras	640	Cam/dia	0,013	8,3	30	249,6	7	58,2	9	74,9
05 - 09	Bolas	80	Car/dia	0,013	1,0	12	12,5	46	47,8	19	19,8
06 - 09	Bolas	580	Bls/dia	0,013	7,5	9	67,9	43	324,2	28	211,1
07 - 09	Bolas	640	Bls/dia	0,013	8,3	14	116,5	39	324,5	38	316,2
08 - 09	Bolas	1700	Bls/dia	0,013	22,1	3	66,3	3	66,3	9	198,9
TOTAL					138	854	2.767	884	2.988	823	3.108

Na opção 2 outros fluxos com altas taxas de transferência ocorrem entre as UPE's 06-09, matrizadas I e embalagem, transporte de 580 bolas a uma distância de 43 metros; 07-09, matrizadas II e embalagem, transporte de 640 bolas a uma distância de 39 metros.

Na opção 3 os fluxos com as maiores taxas de transferência entre as UPE's são os seguintes: 04-03, câmaras e corte/serigrafia, transporte de 3.200 câmaras a uma distância de 21 metros; 03-04, corte/serigrafia e câmaras, transporte de 1.500 câmaras a uma distância de 21 metros; 07-09, matrizadas II e embalagem, transporte de 640 bolas a uma distância de 38 metros; 01-02, almoxarifado e forrofilamento, transporte de 900 placas de laminado a uma distância de 36 metros; 06-09, matrizadas I e embalagem, transporte de 580 bolas a uma distância de 28 metros.

A figura 27 apresenta o resumo do manuseio de materiais, comparando as características do fluxo de materiais do layout atual e das três opções. O primeiro item compara o trabalho de transferência de materiais, no layout atual a taxa de transferência é de 7.695 UFE-metros/dia, nas opções 1,2 e 3 a taxa é de 2.767, 2.988 e 3.108, respectivamente.

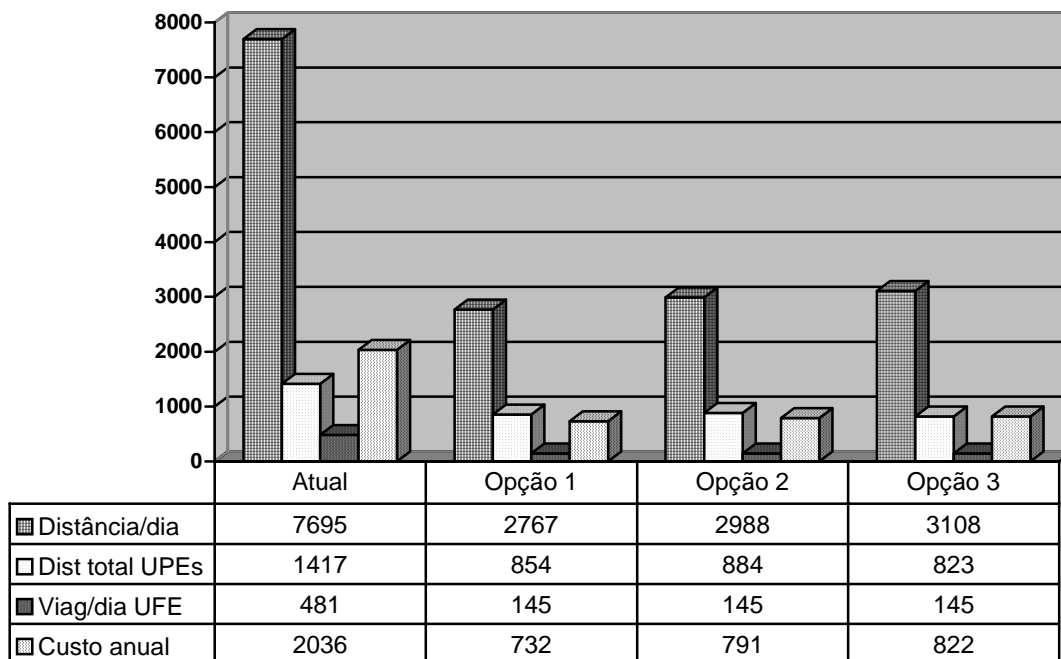


Figura 26 – Resumo do manuseio de materiais

A distância total entre as UPE's no *layout* atual é de 1.417, nas opções 1,2 e 3 a distância cai para 854, 884 e 823, respectivamente. No *layout* atual são necessárias 481 viagens por dia, considerando que o transporte dos materiais seja feito com a unidade de fluxo equivalente. Com a nova configuração de UPE's das três opções, são necessárias 145 viagens por dia.

O custo anual do transporte de materiais também foi avaliado, considerando o transporte de materiais feito manualmente com a unidade de fluxo equivalente. O único componente do custo de transporte é, portanto, a taxa de mão-de-obra, já que nenhum investimento é necessário; e não ocorrem gastos com energia e combustíveis. Nas opções 1,2 e 3 o custo anual do transporte é de R\$732,00, R\$791,00 e R\$822,00, respectivamente. Atualmente são gastos R\$2.036,00 com o transporte.

Todos os componentes do fluxo de materiais sofrem uma grande redução devido às seguintes alterações do *layout*: a área de recebimento/envio de materiais a terceiros é incorporada à UPE corte/serigrafia, que é responsável pelo fornecimento da maior quantidade de material a terceiros, eliminando assim a movimentação de materiais que existia entre estas duas áreas. As UPE's câmaras e corte/serigrafia foram aproximadas, reduzindo assim a distância percorrida pelas câmaras enviadas a terceiros. As caixas utilizadas na embalagem coletivas dos produtos prontos não ficam mais localizadas no almoxarifado, e sim na UPE

embalagem, onde são consumidas; eliminando assim o fluxo deste material na fábrica. As UPE's almoxarifado e forrofilamento tiveram sua distância reduzida de 110 metros para 55, 62 e 36 metros nas opções 1,2 e 3, respectivamente. A UPE corte/serigrafia está localizada próximo ao almoxarifado e ao forrofilamento, que são as UPE's com as quais possui as maiores taxas de transferência de materiais.

4.21.4 Análise financeira

A tabela 11 apresenta a análise financeira, que avalia os investimentos necessários e o retorno financeiro de cada alternativa para a empresa. A manutenção do estado atual não gera necessidade de investimentos, em contrapartida, o aumento de demanda previsto pela empresa só pode ser atendido parcialmente, em função da capacidade de produção atual da empresa.

Tabela 11 – Análise financeira* das opções de layout

Investimentos Necessários	Atual (R\$X1.000)	Opção 1 (R\$X1.000)	Opção 2 (R\$X1.000)	Opção 3 (R\$X1.000)
Adequação da rede de vapor	0,0	12,1	13,5	15,1
Adequação da rede de ar comprimido	0,0	6,7	8,2	9,3
Adequação da rede elétrica	0,0	24,2	26,3	31,1
Transferência de equipamentos	0,0	19,3	19,3	26,4
Aquisição de equiptos de movimentação e transporte	0,0	14,0	14,0	14,0
Construção de banheiros	0,0	18,0	18,0	18,0
Reforma da área de restaurante	0,0	13,0	13,0	13,0
Construção da área de almoxarifado	0,0	41,0	41,0	22,0
Construção da área de laboratório	0,0	8,5	8,5	33,0
Construção da área de manutenção	0,0	18,0	18,0	18,0
Construção do depósito de inflamáveis	0,0	32,0	32,0	32,0
Pintura de pisos	0,0	45,0	42,0	42,0
Total	0,0	251,8	253,8	273,9

Retorno Financeiro	Atual (R\$X1.000)	Opção 1 (R\$X1.000)	Opção 2 (R\$X1.000)	Opção 3 (R\$X1.000)
Aumento de lucro	73,9	155,9	155,9	155,9
Redução do custo de transporte	0,0	1,3	1,2	1,2
Redução do custo de mão-de-obra	0,0	63,9	63,9	63,9
Redução do custo de estoque em processo	0,0	15,6	15,6	15,6
Total	73,9	236,7	236,6	236,6

Tempo para retorno de investimento (anos)	n/a	1,06	1,07	1,16
---	-----	------	------	------

* O ganho obtido com o aumento de vendas já desconsidera o aumento de capacidade devido à aquisição de novos equipamentos.

* O ganho obtido com a redução de estoque em processo considera a projeção de estoques feita na seção 4.3; onde o estoque em processo é reduzido de 11,7 dias em 2002 para 5 dias em 2005.

Nas opções 1, 2 e 3 os investimentos necessários para a implantação do novo *layout*, que inclui obras civis e adequação nas redes de vapor, ar comprimido e energia elétrica, são de R\$251,8, R\$253,8 e R\$273,9; respectivamente. A alternativa 3 necessita de maior investimento para a construção da nova área de laboratório, para a transferência de equipamentos e materiais, e para as adequações nas redes de vapor, ar e energia elétrica, pois nela equipamentos de alta demanda de energia (equipamentos para fabricação de câmaras e forrofilamento) sofrem um deslocamento maior.

O aumento de lucro obtido nas opções 1, 2 e 3 são iguais; pois as três alternativas possuem capacidade para atender o aumento de demanda previsto. Já a manutenção do estado atual gera um aumento de lucro menor pois possui capacidade para atender apenas 30% do aumento de demanda.

A redução do custo anual de transporte considera os custos com transporte já calculados anteriormente, das opções 1, 2 e 3 em relação ao *layout* atual. A redução do custo com a mão-de-obra direta considera um ganho de produtividade de 3%, obtido através da eliminação das perdas devido a movimentação e transporte, e do aumento de multifuncionalidade dos funcionários, viabilizado pelo novo ambiente de trabalho.

A redução de custos do estoque em processo considera uma redução de 53% na nova configuração do *layout*, obtida através da implementação do fluxo contínuo entre as UPE's; eliminando assim estoques e esperas.

4.21.5 Análise dos pontos positivos/negativos

Além dos aspectos quantitativos analisados até aqui existem aspectos qualitativos importantes, os quais foram avaliados na tabela 12.

Tabela 12 – Análise dos pontos positivos e negativos das opções de layout

OPÇÃO 1 Positivos	OPÇÃO 2 Positivos	OPÇÃO 3 Positivos
<p>*Criação de área para treinamento e reunião que não existia;</p> <p>*Localização do almoxarifado facilita o transporte das MP's na área produtiva;</p> <p>*Localização das UPE's costuradas e embalagem, facilita o recebimento das bolas costuradas dos terceiros e o envio das bolas prontas ao armazém;</p> <p>*Localização das UPE's corte e câmaras facilita o envio dos materiais aos terceiros.</p>	<p>*Criação de área para treinamento e reunião que não existia;</p> <p>*Localização do almoxarifado facilita o transporte das MP's na área produtiva;</p> <p>*Localização das UPE's costuradas e embalagem, facilita o recebimento das bolas costuradas dos terceiros e o envio das bolas prontas ao armazém;</p> <p>*Localização das UPE's corte e câmaras facilita o envio dos materiais aos terceiros;</p> <p>*Distância entre as UPE's de montagem e as UPE's fornecedoras é pequena, reduzindo perdas por transporte e movimentação.</p>	<p>*Almoxarifado fica próximo ao portão de entrada da fábrica, reduzindo o trânsito interno dos caminhões.</p>
OPÇÃO 1 Negativos	OPÇÃO 2 Negativos	OPÇÃO 3 Negativos
<p>*Almoxarifado fica distante do portão de entrada, gerando grande trânsito interno de caminhões;</p> <p>*Distância entre as UPE's de montagem e as UPE's fornecedoras é grande, gerando perdas por movimentação e transporte;</p> <p>*Distância entre manutenção e áreas produtivas é grande.</p>	<p>*Almoxarifado fica distante do portão de entrada, gerando grande trânsito interno de caminhões;</p> <p>*Distância entre manutenção e áreas produtivas é grande;</p> <p>*Formato das UPE's de montagem dificulta a disposição de equipamentos e o fluxo de materiais no interior das UPE's;</p> <p>*Disposição das UPE's corte e forrofilamento cria contra-fluxos no fluxo de materiais.</p>	<p>*Distância entre as UPE's de montagem e as UPE's fornecedoras é grande, gerando perdas por movimentação e transporte;</p> <p>*Desnível entre almoxarifado e áreas produtivas dificulta o transporte dos materiais;</p> <p>*Disposição das UPE's corte e forrofilamento cria contra-fluxos no fluxo de materiais;</p> <p>*Localização das UPE's costuradas e embalagem, dificulta recebimento das bolas costuradas dos terceiros e o envio das bolas prontas ao armazém;</p> <p>*Localização das UPE's corte e câmaras dificulta o envio dos materiais aos terceiros;</p>

4.21.6 Análise de fatores ponderados

A análise de fatores ponderados (tabela 13) visa combinar as análises quantitativas com as qualitativas, obtendo uma avaliação final das opções de *layout*. Os fatores foram definidos com base nos critérios decisórios. Fluxo de materiais, custo de fabricação e trabalho em equipe / *feedback* de qualidade receberam os maiores pesos por tratar-se de fatores decisivos para a competitividade da empresa. Retorno de investimento, *lead time* produtivo e satisfação dos funcionários receberam peso 8; a análise de fatores positivos/negativos recebeu peso 5.

Tabela 13 – Análise dos fatores ponderados

Fatores	Peso	Atual		Opção 1		Opção 2		Opção 3	
Fluxo de materiais	10	U	0	A	40	E	30	I	20
Custo de fabricação	10	U	0	A	40	A	40	A	40
Trabalho em equipe / Feedback de qualidade	10	U	0	A	40	A	40	A	40
Retorno de investimento	8	I	16	E	24	E	24	I	16
Lead Time produtivo	8	U	0	A	32	A	32	A	32
Melhoria de condições aos funcionários	8	U	0	A	32	A	32	E	24
Análise pontos positivos/negativos	5	U	0	A	20	A	20	I	10
Total			16		228		218		182

O *layout* atual e as três opções foram avaliados segundo a classificação e escala AEIOUX utilizadas anteriormente. O fluxo de materiais foi classificado com base no cálculo do transporte e na análise do fluxo. A opção 1 foi melhor classificada por possuir o menor trabalho de transferência e um fluxo de materiais mais ordenado que as demais opções.

A avaliação do custo de fabricação levou em conta a redução da mão-de-obra direta e do estoque em processo. As três opções tiveram a mesma classificação, pois os ganhos obtidos nos dois aspectos foram iguais.

O trabalho em equipe/*feedback* de qualidade foi avaliado da mesma forma nas três alternativas, pois todas viabilizam a implementação de um fluxo contínuo na produção, facilitando o *feedback* e proporcionando um ambiente favorável ao trabalho em equipe.

O retorno de investimento foi avaliado a partir do cálculo realizado na análise financeira, segundo o qual a opção 3 necessita de um tempo maior para gerar o retorno financeiro, recebendo portanto uma pontuação menor.

O *lead time* produtivo também tem uma análise quantitativa, e as três opções receberam a mesma classificação, pois não ocorrem variações significativas entre as mesmas neste aspecto. O *lead time* foi reduzido de 15 para 12 dias na família de bolas costuradas, de 3 para 2 dias na família de bolas matrizadas, e de 2 para 1 dia na família de bolas emborrachadas.

Em relação à satisfação dos funcionários as três opções realocaram e redimensionaram as áreas sem espaço suficiente ou sem condições adequadas (restaurante, manutenção e laboratório), porém as opções 1 e 2 foram melhor avaliadas pois em ambas foi criada uma área para treinamentos e reuniões.

As opções 1 e 2 foram melhor avaliadas em relação à análise de pontos positivos/negativos, pois as mesmas apresentam mais pontos positivos que negativos, enquanto que na opção 3, existem mais pontos negativos que positivos.

A análise de fatores ponderados aponta a opção 1 como a melhor alternativa para a nova configuração do *layout*. A avaliação foi realizada pela equipe envolvida no projeto – gestores de produção e analistas de engenharia – e por alguns convidados de outras áreas.

A seleção da opção de *layout* encerra o estudo de caso. Os resultados obtidos com este *layout* foram: redução de 50% do estoque em processo, redução de 50% do trabalho de transferência e retorno de investimento de 1,06 anos. Além disso, o estudo de caso auxiliou na identificação dos relacionamentos existentes entre o *layout* industrial e os componentes do STP feita no capítulo cinco.

5 RELACIONAMENTO ENTRE O *LAYOUT* INDUSTRIAL E OS COMPONENTES DO STP

Neste capítulo serão apresentados os relacionamentos entre o *layout* industrial e os componentes do STP.

5.1 *LAYOUTS* COM FOCO NO PRODUTO

No método *Fac Plan* a estratégia de operações é definida na etapa 10 do modelo de planejamento do macro espaço (seção 4.10 do estudo de caso), determinando o tipo de *layout* a ser adotado pelo projeto – foco no processo, foco no produto ou *layout* misto.

O método *Fac Plan* propõe um fluxograma de atividades composto por dez etapas para definir a estratégia de operações do projeto de *layout* (figura 28). O fluxograma determina a seqüência de avaliações dos produtos, volumes e processos que deve ser feita para identificar a estratégia que melhor se adequa ao processo produtivo da empresa.

A primeira avaliação a ser feita determina se existem produtos isolados com volume suficiente para justificar a criação de fábricas dedicadas, as quais contêm todos os recursos necessários à fabricação de um produto específico – equipamentos, mão-de-obra, infraestrutura, etc.

Em seguida avalia-se se existem produtos com processos semelhantes, e se estes possuem volume suficiente para justificar a criação de fábricas dedicadas a grupos ou famílias de produtos, onde são alocados todos os recursos necessários para a execução das operações destes produtos.

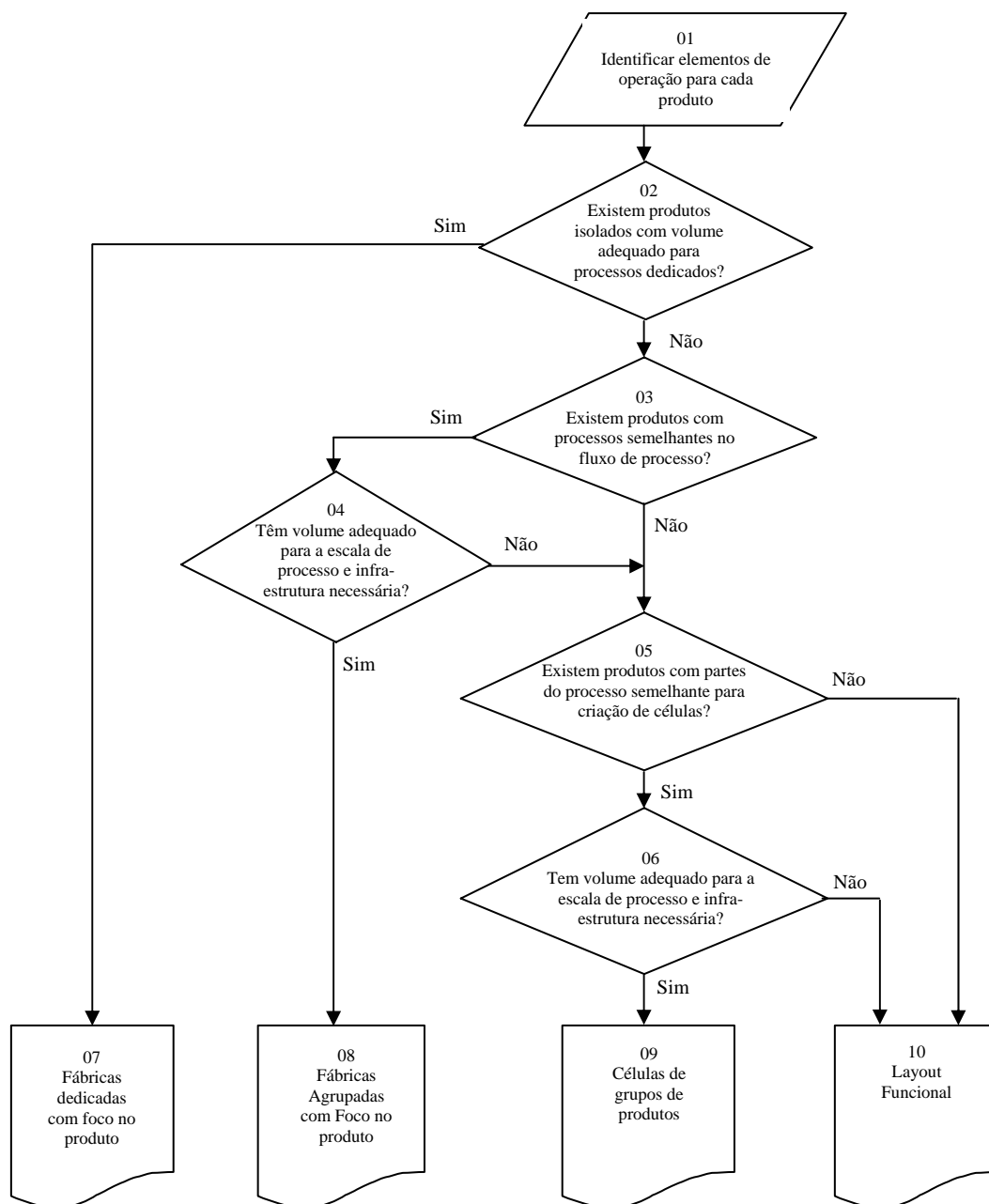


Figura 28 – Fluxograma de atividades do desenvolvimento da estratégia de operações, adaptado de Lee (1998)

O próximo passo é identificar os produtos que possuem partes do processo similares, ou seja, produtos diferentes que utilizem componentes iguais. Caso o volume destes componentes seja suficiente, são criadas células dedicadas, as quais possuem todos os recursos necessários para a fabricação dos mesmos. Neste caso o *layout* continua com foco no produto, porém os *outputs* da célula são componentes que serão utilizados em diferentes produtos.

Por fim avaliam-se quais são os processos que justificam a criação de estruturas dedicadas, ou seja, áreas com foco no processo – *layout* funcional. Estas áreas normalmente são criadas quando existem equipamentos de alta capacidade, que podem atender a todos os produtos fabricados na empresa.

A análise do fluxograma de atividades utilizado para definir a estratégia de operações revela que o método *Fac Plan* prioriza, na seqüência, a criação de fábricas dedicadas a produtos específicos, fábricas dedicadas a grupos de produtos, células dedicadas a componentes e, como última alternativa, *layouts* com foco no processo. Portanto, pode-se afirmar que *layouts* projetados a partir do método *Fac Plan* priorizam o foco no produto.

5.2 ESTRUTURA DO STP

Desde que o STP passou a chamar a atenção de empresas no mundo inteiro, vários modelos foram criados na tentativa de desvendar a lógica e estrutura do sistema. O estudo em questão utiliza-se do modelo proposto por Ghinato (1996), pois o mesmo apresenta os componentes de forma detalhada e foi construído com base na literatura clássica do STP (figura 29).

Conforme apresentado no modelo simplificado do STP (figura 1 – seção 2.2), a estrutura do STP é sustentada por dois pilares principais, que contêm os componentes *Just-in-time* e *Jidoka*. *Just-in-time* significa produzir os itens certos, na quantidade certa e no momento exato em que são necessários; sem geração de estoques ou de esperas no processo produtivo. *Jidoka* significa dar autonomia às máquinas e operadores para paralisar o processamento ao menor sinal de anormalidade, garantindo qualidade 100%.

Segundo o modelo proposto por Ghinato (1996) o JIT é viabilizado (possui relacionamento direto) pelo *kanban* e pelo *jidoka*. O *jidoka*, por sua vez, é viabilizado pelo controle de qualidade zero defeitos, pela administração funcional e pelas atividades de melhoria promovidas por pequenos grupos. O *layout* industrial viabiliza a implementação de três componentes do sistema: “*Nagara*”, “*Shojinka*” e “Produção unitária em linhas balanceadas”.

Nagara significa execução simultânea de operações secundárias, ou seja, além de realizar sua operação principal, o operador realiza operações secundárias como alimentações

ou posicionamentos de peças, de forma a balancear as cargas de trabalho ao longo da linha de produção.

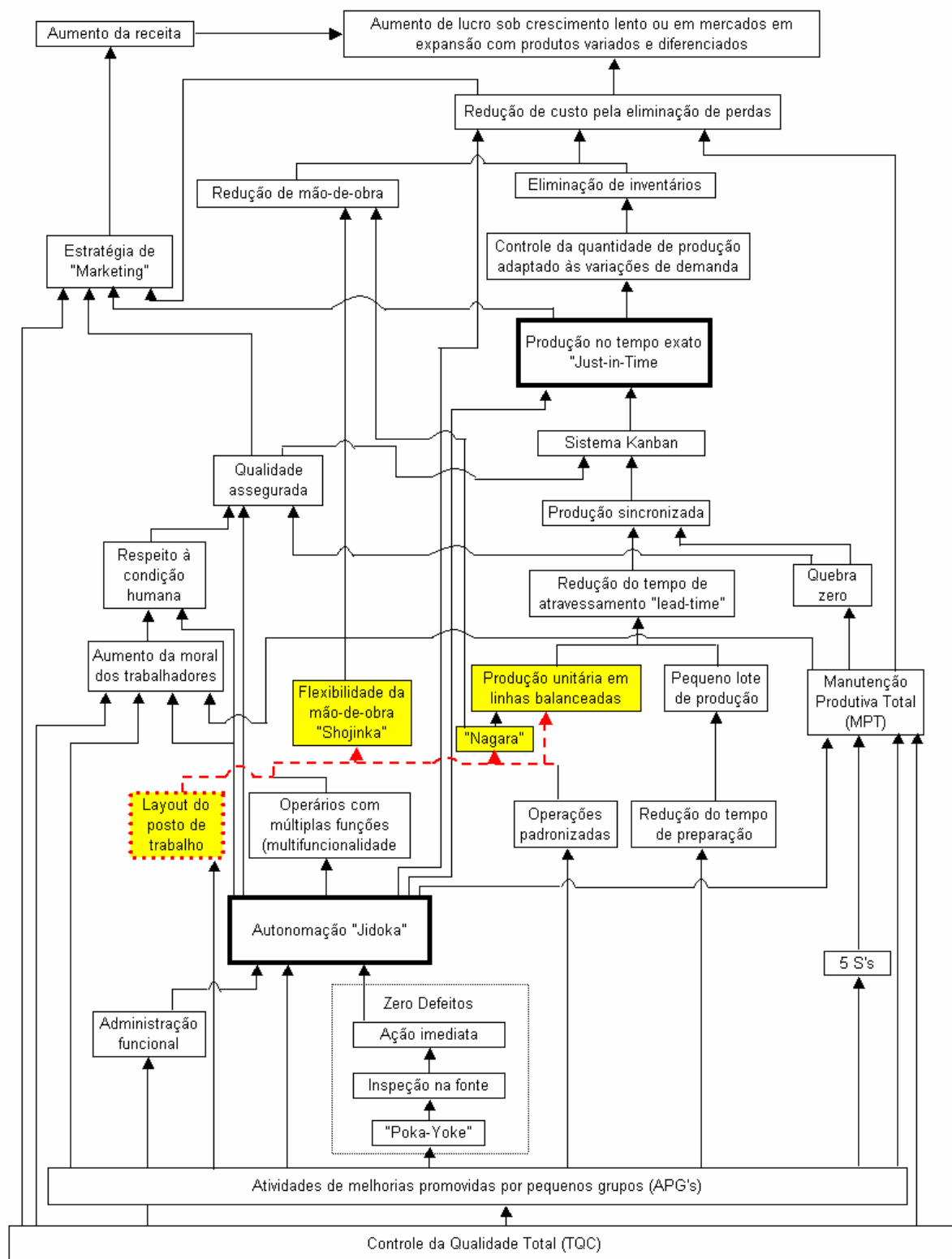


Figura 29 – Estrutura do STP, adaptado de Ghinato, 1996

Nos sistemas de produção tradicionais cada operador é alocado a um posto de trabalho, tornando o sistema rígido e improdutivo. *Shojinka* significa flexibilização da mão-de-obra, permitindo que os operadores executem diferentes operações. Assim como o “*Nagara*”, este componente impacta diretamente na produtividade da mão-de-obra, pois permite que os operadores aumentem o tempo em que agregam valor ao produto.

Produção unitária em linhas balanceadas significa produção em fluxo contínuo, com lotes de transferência unitários e estoque em processo (entre máquinas) zero. Nas linhas balanceadas procura-se igualar os tempos de ciclo ao *takt time*, eliminando as folgas e as perdas por espera causadas pelas diferenças entre os tempos de ciclo de cada operação. Nestas estruturas o único estoque existente são as peças que estão sendo processadas em cada estação de trabalho.

Além destes componentes, cujos relacionamentos com o *layout* industrial já estão destacados na estrutura do STP apresentada na figura 29, o trabalho identificou outros dois componentes do sistema que possuem relacionamentos com o *layout*: “Produção em pequenos lotes” e “*Feedback* e Ação Imediatos”.

5.3 PRODUÇÃO EM PEQUENOS LOTES

Em *layouts* funcionais – foco no processo – as áreas são especializadas em processos específicos, e os equipamentos dentro da mesma área são similares (figura 30). Normalmente existem estoques antes e depois de cada equipamento, cujo tamanho varia de acordo com o tamanho do lote de produção. Além destes, existem estoques entre as áreas, a fim de compensar suas diferentes capacidades produtivas. Os recursos financeiros necessários para a fabricação destes estoques (matéria-prima, insumos, mão-de-obra, energia, etc.) comprometem o capital de giro da empresa e reduzem sua capacidade de investimento.

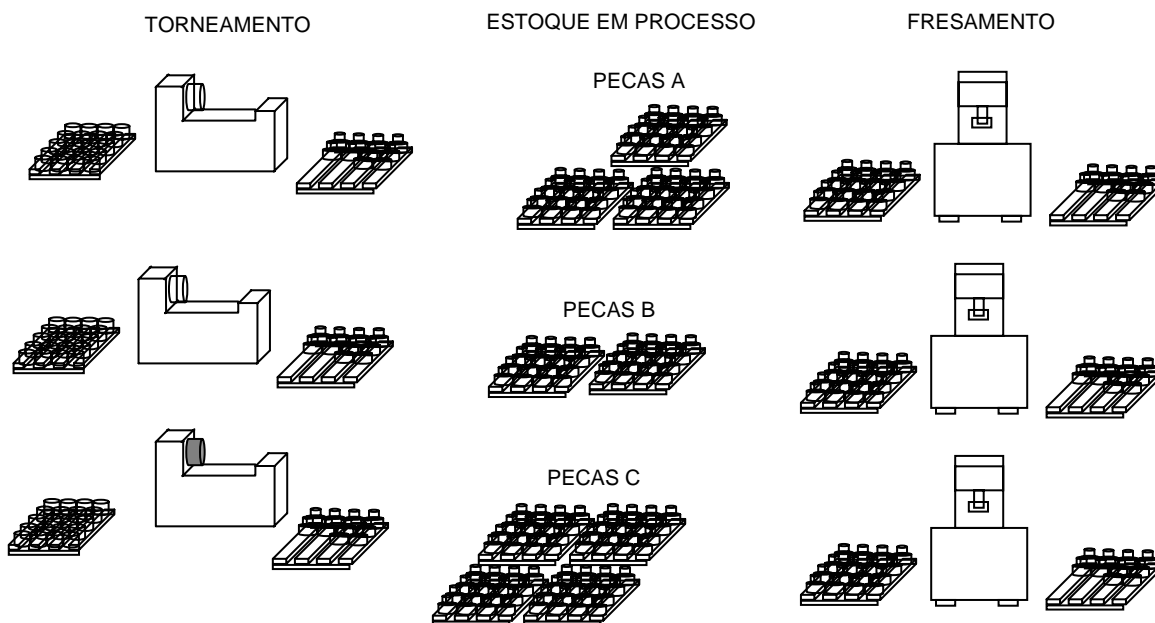


Figura 30 – Tamanho dos lotes em *layouts* com foco no processo

Layouts com foco no produto viabilizam a produção em pequenos lotes, pois nestes, todos os recursos necessários para a execução das operações requeridas no processamento dos produtos, ou grupos de produtos produzidos na área, são dimensionados e dedicados a estes; portanto, quando uma operação é finalizada os recursos necessários para executar a operação seguinte estão disponíveis (a uma pequena distância), eliminando assim o acúmulo de materiais – estoques – entre os processos (figura 31).

Pequenos lotes de produção permitem que os níveis de estoque em processo sejam reduzidos, tendo como consequência a redução do *lead time* de fabricação, o que viabiliza a produção puxada pela demanda dos clientes, em outras palavras o JIT.

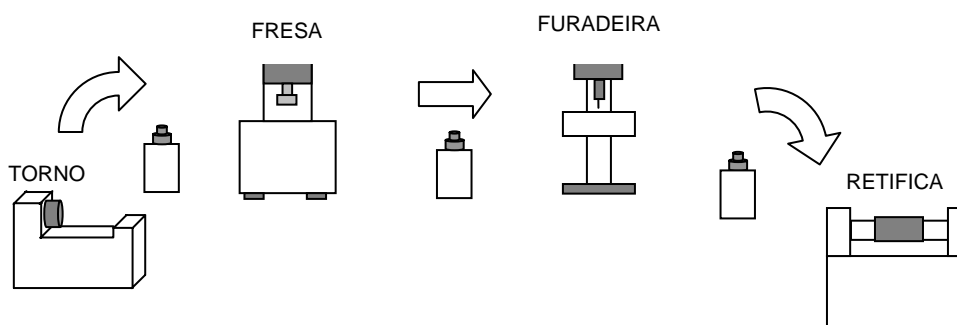


Figura 31 – Tamanho dos lotes em *layouts* com foco no produto

5.4 FEEDBACK E AÇÃO IMEDIATOS

A concentração de todo processo produtivo num mesmo local é característica de *layouts* com foco no produto. Nestes *layouts*, qualquer defeito detectado no produto pode ser rapidamente comunicado ao longo da cadeia produtiva devido a proximidade entre os processos cliente/fornecedor (figura 32).

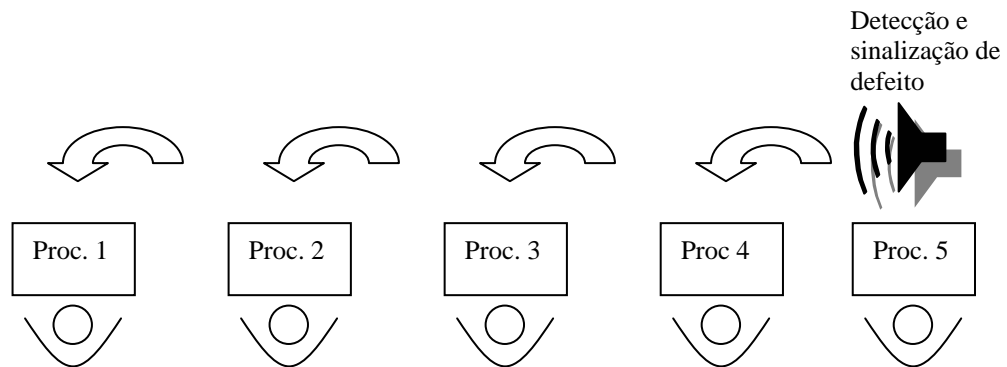


Figura 32 – Velocidade de *feedback* em *layouts* com foco no produto

Defeitos no produto normalmente são gerados por erros executados ao longo do processo produtivo. A figura 33 apresenta os ciclos de detecção e correção de erros. Em processos cujo tempo de detecção – feita através de inspeções – dos erros é alto, as ações para correção dos mesmos demoram para ser tomadas – ciclos longos. A rapidez no *feedback* quando defeitos são detectados, permite que ações imediatas sejam tomadas a fim de evitar a geração de grandes quantidades de produtos defeituosos e a reincidência dos erros – ciclos curtos.

Layouts com foco no produto viabilizam a rápida detecção e correção de erros, uma vez que todo processo produtivo encontra-se num mesmo local, o que reduz o tempo de comunicação. Além disso, como o tamanho dos lotes de produção é menor, as perdas por produtos defeituosos são reduzidas, pois a produção pode ser paralisada rapidamente.

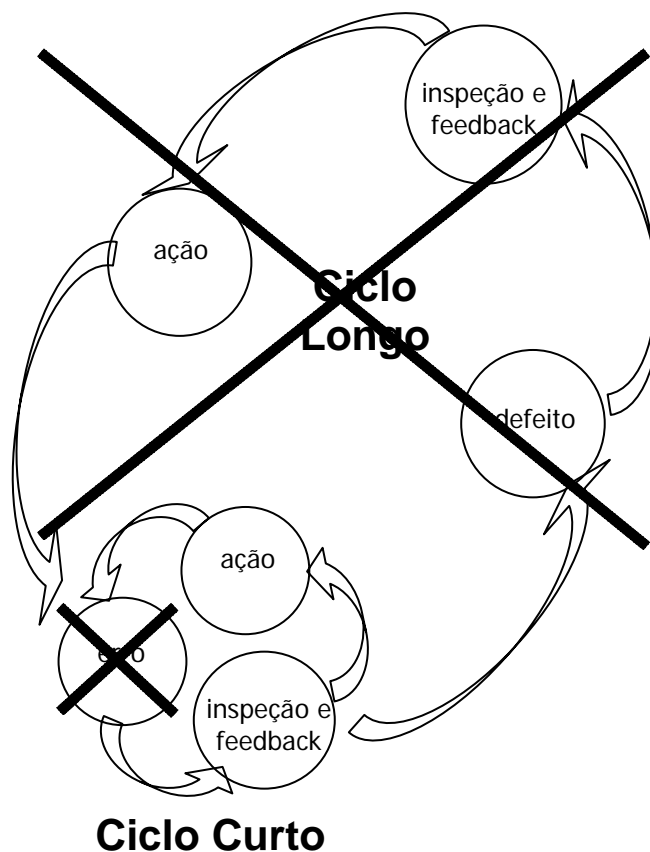


Figura 33 – Ciclos de detecção e correção de erros

5.5 RELACIONAMENTO *LAYOUT* E STP

A figura 34 apresenta o modelo do STP proposto por Ghinato (1996) modificado, considerando os relacionamentos entre os componentes do STP e o *layout* industrial identificados neste trabalho.

Neste modelo o *layout* industrial possui relacionamento com cinco componentes do STP: *Nagara*, *Shojinka*, Produção Unitária em Linhas Balanceadas, Pequenos Lotes de Produção e *Feedback* e Ação Imediatos.

Cada componente relaciona-se com o *layout* industrial de forma diferenciada. Porém, para serem efetivamente implementados e atingirem os resultados necessários e possíveis, todos necessitam que mudanças sejam feitas no *layout*.

Muitos tipos de *layout* podem ser encontrados em sistemas produtivos que trabalham segundo as premissas do STP, porém aqueles que possuem foco no produto são os mais alinhados às necessidades do sistema, por viabilizarem reduções significativas no estoque em

O relacionamento entre o *layout* e *Nagara*, *Shojinka* e Produção unitária em linhas balanceadas são propostos pelo modelo de Ghinato (1996). Os relacionamentos do *layout* com pequenos lotes de produção e *feedback* e ação imediatos foram identificados pelo trabalho (seções 5.3 e 5.4).

Ao identificar o relacionamento existente entre o *layout* e os componentes do STP, o trabalho espera contribuir para que as empresas que pretendem adotar o STP compreendam que a implementação de alguns componentes do sistema necessita de mudanças significativas no *layout*, e que estas mudanças podem ser planejadas através do método *Fac Plan*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as considerações finais e conclusões do trabalho. Também são apresentadas sugestões para trabalhos futuros, no intuito de ampliar os conhecimentos a respeito do assunto abordado.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivos gerais: aplicar o método de planejamento sistemático de *layout Fac Plan*, avaliando os resultados obtidos com o mesmo, e identificar os relacionamentos existentes entre o *layout* e os componentes do STP. O objetivo específico foi realizar mudanças no *layout* da empresa em questão de forma a viabilizar a implementação de novos conceitos de gestão industrial.

A revisão bibliográfica pesquisou os tipos de *layout* existentes; funcional, em linha e celular; apresentando suas características, vantagens e desvantagens. Em seguida foi abordada a questão do planejamento do *layout*, apresentando-se quatro diferentes modelos de planejamento. Por fim, foi abordada a influência do *layout* na gestão da manufatura e das pessoas.

O capítulo 3 apresentou o método selecionado para realizar o planejamento do *layout* no estudo de caso, justificando sua escolha em relação aos demais métodos apresentados na revisão bibliográfica. Foram descritos os níveis, as fases e as etapas do modelo de planejamento do macro espaço propostos pelo método.

O estudo de caso apresentou a execução do projeto do *layout* da empresa em questão. O projeto foi construído a partir das etapas propostas pelo modelo de planejamento de macro espaço apresentado no capítulo 3. O *layout* da empresa em questão era funcional, com as áreas especializadas em processos específicos. A execução do projeto teve como resultado uma nova estratégia de operação: um *layout* híbrido, ou seja, algumas UPE's com foco no produto e outras com foco no processo. Três opções de *layout* foram construídas, as quais foram avaliadas através de: análise do fluxo de materiais, cálculo do transporte, retorno financeiro e aspectos qualitativos. Por fim, uma análise de fatores ponderados apontou a melhor alternativa para o projeto do *layout*.

Com o novo *layout* obteve-se uma redução de 50% no estoque em processo e de 50% no trabalho de transferência, ou seja, na distância percorrida pela unidade de fluxo equivalente para transportar os materiais que compõem o processo produtivo. A empresa em questão avalia seus projetos utilizando como pré-requisito o retorno de investimento em dois anos. A análise financeira apontou um prazo de 1,06 anos para o retorno de investimento do projeto de *layout* selecionado.

No capítulo 5 foram identificados os relacionamentos existentes entre o *layout* industrial e o STP. Primeiramente foram apresentados os três componentes do STP viabilizados pelo *layout* segundo a estrutura proposta por Ghinato (1996): *Nagara*, *Shojinka* e Produção unitária em linhas balanceadas. Em seguida, foram apresentados os componentes do STP cujos relacionamentos com o *layout* foram identificados pelo trabalho: Produção em Pequenos Lotes e *Feedback* e Ação Imediatos.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As sugestões para trabalhos futuros são as seguintes:

- A partir dos relacionamentos entre o STP e o *layout*, construir um modelo de planejamento de *layout* voltado a viabilizar a implementação do STP;

- Identificar os relacionamentos existentes entre o STP e os demais níveis do método *Fac Plan*.

REFERÊNCIAS

BLACK, J. T., Bookman, O Projeto da Fábrica com Futuro, 1998.

CANEN, Alberto G; WILLIAMSON, Geoff H, Facility layout overview: towards competitive advantage, Facilities; Volume 16 No. 7; 1998.

CORIAT, B., A revolução dos robôs, São Paulo, Busca Vida, 1988.

DHONDT, Steven; BENDERS, Jos, Missing links: Production structures and quality of working life in the clothing industry, International Journal of Operations and Production Management; Volume 18 No. 12; 1998.

EFSTATHIOU, Janet; GOLBY, Peter, Application of a simple method of cell design accounting for product demand and operation sequence, Integrated Manufacturing Systems; Volume 12 No. 4; 2001.

ENGSTROM, Tomas; JONSSON, Dan; MEDBO, Lars, The Volvo Uddevalla plant and interpretations of industrial design processes, Integrated Manufacturing Systems; Volume 9 No. 5; 1998.

GHINATO, Paulo, EDUCS, 1ª Edição, Sistema Toyota de Produção: Mais do que simplesmente Just-In-Time, 1996.

GHINATO In: Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

HALL, D.J.; FORD, T.Q., A quality approach to factory design? Industrial Management and Data Systems; Volume 98 No. 6; 1998.

KANNAN, Vijay R; GHOSH, Soumen, Cellular manufacturing using virtual cells, International Journal of Operations and Production Management; Volume 16 No. 5; 1996.

KUMAR, Ashok; MOTWANI, Jaideep, Case study: reconfiguring a manufacturing system for strategic advantage - a real-world application, Logistics Information Management; Volume 11 No. 4; 1998.

LEE, Quaterman, IMAM, 1ª Edição, Projeto de Instalações e do Local de Trabalho, 1998.

LIAO, T Warren; CHEN, L.J.; CHEN, Z.H.; COATES, E.R., A comparison of two approaches for designing line type cellular manufacturing systems, Integrated Manufacturing Systems; Volume 7 No. 1; 1996.

MAGRISE, Marco Antônio, Melhorias de Produtividade: Um estudo de caso em uma indústria de tintas, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Porto Alegre, UFRGS, 2000.

MARSH, Robert F; MEREDITH, Jack R; MCCUTCHEON, David M, The life cycle of manufacturing cells, International Journal of Operations and Production Management; Volume 17 No. 12; 1997.

MONDEN, Yasuhiro, IMAM, Produção sem Estoques uma Abordagem Prática ao Sistema de Produção da Toyota, 1984.

MUTHER, Richard, Edgard Blücher Ltda, Planejamento do Layout: Sistema SLP, 1978.

OHNO, Taiichi, Bookman, O Sistema Toyota de Produção Além da Produção em Larga Escala, 1997.

PAIVA, Aerton. Organizações Empresariais Celulares. São Paulo, Makron Books, 1999.

SHA, D Y; CHEN, Chien-Wen, A new approach to the multiple objective facility layout problem, Integrated Manufacturing Systems; Volume 12 No. 1; 2001.

SHINGO, Shigeo, Bookman, O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção, 1996.

STOCKTON, D.J.; LINDLEY, R.J., Implementing Kanbans within high variety/low volume manufacturing environments, International Journal of Operations and Production Management; Volume 15 No. 7; 1995.

WALTER, Alexandre, Um método de modelagem de sistemas de produção de serviços baseado no mecanismo da função produção, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Porto Alegre, UFRGS, 2000.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROSS, Daniel, Campus, 14ª Edição, A Máquina que Mudou o Mundo, 1992.

YANG, Taho; SU, Chao-Ton; HSU, Yuan-Ru, Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities, International Journal of Operations and Production Management; Volume 20 No. 11; 2000.