



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

***Layout* como factor determinante na eficiência do processo produtivo da indústria**

João Filipe Lourenço Gomes Calais

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, Junho de 2012

Dedicatória

Ao meu filho, João Afonso e em memória ao meu falecido pai, António João.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos, pela confiança depositada, disponibilidade, ajuda e incentivo prestado.

A todos os colaboradores da Portax, SA, em especial ao Eng. Paulo Bastos, Eng. Anibal Soares e Sr. António Resende, pela abertura e disponibilidade manifestada na cedência de informação, sem que em algum momento me tenham negado qualquer esforço necessário para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À minha mãe, pelos ensinamentos transmitidos ao longo da vida e em particular pelas palavras de incentivo no decurso deste trabalho.

Por último, mas de enorme importância às duas pessoas que me acompanharam de perto neste trabalho, a minha esposa Jane Michelle e o meu filho João Afonso, pela paciência e tolerância com que me apoiaram e compreensão manifestada pelos momentos de companhia e dedicação que lhes retirei, no decurso da elaboração deste trabalho.

Resumo

A procura pela sobrevivência leva à pressão incessante das empresas em melhorar a sua organização aos mais diversos níveis, consciencializando-as para que não podem ser estáticas, já que as mesmas são compostas de seres humanos e máquinas direccionados para um mercado consumidor em constante mutação. Desta forma require-se uma contínua evolução, traduzindo-se numa permanente readaptação das organizações para que possam atender a esta dinâmica constante.

O estudo sobre *layout* industrial assume desta forma um papel preponderante na integração de todos os elementos envolvidos no processo produtivo da forma mais conveniente possível. Para reduzir custos operacionais, que não se traduzem em valor acrescentado ao produto, é preciso minimizar manipulação de materiais e *lead time* do processo, fomentando a proximidade entre os vários departamentos. O aproveitamento de forma racional dos recursos físicos disponíveis, a busca pela segurança ao operador, produto e equipamento, maior flexibilidade no processo produtivo e facilidade na gestão da produção, são objectivos inerentes ao *layout* industrial, aos quais as empresas inevitavelmente terão de dar mais atenção.

Pretende-se desta forma demonstrar a relevância da temática do estudo de *layout*, bem como a vital importância da reestruturação das organizações face às constantes adversidades e desafios a que estas estão sujeitas. Para tal apresenta-se neste trabalho um estudo de caso sobre o *layout* de uma indústria de transformação de derivados de madeira, com uma proposta de melhoria baseada no método SLP – *systematic layout planning*.

Palavras-chave

Layout industrial, planta industrial, processo produtivo, SLP – systematic layout planning

Abstract

The quest for survival leads to increasing pressure on companies to improve their organization at various levels, the acknowledge that can not be static, since they are composed of human beings and machines directed to a changing consumer market. Thus it will require a continuous evolution, leading to a permanent rehabilitation of organizations so they can meet this constant dynamic. .

The study of industrial *layout* in this way takes a leading role in the integration of all elements involved in the production process as convenient as possible. To reduce operating costs, which do not translate into added value to the product, you should minimize material handling and process *lead time*, promoting closeness between the various departments. The rational use of physical resources available, the search for operator safety, product and equipment, greater flexibility in the production process and ease of production management, goals are inherent in the industrial *layout*, which companies will inevitably have to pay more attention.

The aim is thus to demonstrate the relevance of the theme of the study *layout*, as well as the vital importance of the restructuring of organizations face of constant adversity and challenges that they are subject. To this end this work presents a case study on the *layout* of a manufacturing wood-based, with a proposal for improving model-based SLP - *systematic layout planning*.

Keywords

Industrial layout, plant, industrial manufacturing, SLP - systematic layout planning

Índice

Capítulo 1: Enquadramento

1. Enquadramento em contexto actual.....	1
1.1. Objectivos	8
1.2. Estrutura do trabalho.....	9

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

2. Revisão Bibliográfica.....	10
2.1. Localização industrial.....	10
2.2. Escolha da localização.....	14
2.3. Factores que influenciam a localização industrial.....	14
2.3.1. Custos e eficiência de transportes.....	14
2.3.2. Disponibilidade e custo de mão de obra.....	15
2.3.3. Energia eléctrica	16
2.3.4. Políticas de descentralização, aglomeração e incentivos	16
2.4. Conceitos genéricos de <i>layout</i>	17
2.5. <i>Layout</i> na indústria	18
2.6. Objectivos de planeamento e implementação de <i>layout</i>	20
2.7. Restrições e condicionalismos à implementação de <i>layout</i>	22
2.7.1. Tipos de produção	22
2.7.1.1. Sistema de produção contínua.....	23
2.7.1.2. Sistema de produção intermitente	23
2.7.1.3. Sistema de produção por encomenda	23
2.7.1.4. Sistema de produção em lotes.....	24
2.7.2. Variedade de produtos e volume de produção	24
2.7.3. Formas e dimensões das instalações	25
2.7.4. Sistemas de manuseamento	26
2.7.5. <i>Layout</i> em instalações por andares.....	27
2.7.6. Retroceder e ultrapassar	29
2.7.7. Locais de pick-up e drop-off	30
2.8. Tipos gerais de <i>layout</i>	30
2.8.1. <i>Layout</i> posicional.....	31
2.8.2. <i>Layout</i> por processo	32
2.8.3. <i>Layout</i> por produto.....	33
2.8.4. <i>Layout</i> celular	35

Capítulo 3: Flexibilidade e Eficiência

3. Flexibilidade e Eficiência.....	36
3.1. Flexibilidade do processo produtivo	36

3.2. A necessidade de flexibilidade	38
3.3. Flexibilidade de máquinas	40
3.3.1. <i>Layout</i> Robusto	40
3.3.2. <i>Layout</i> Dinâmico	41
3.3.3. <i>Layout</i> Reconfigurável	42
3.4. Factores para determinar a eficiência de um <i>layout</i>	43
3.4.1. Flexibilidade de <i>layout</i> de instalações.....	43
3.4.2. Utilização da área produtiva.....	44
3.4.3. Proximidade de instalações.....	45
3.5. <i>Layout</i> na aplicação do conceito <i>Lean manufacturing</i>	47
3.5.1. Conceito <i>lean</i>	47
3.5.2. Significado de desperdício.....	47
3.5.3. Princípios do conceito <i>lean</i>	48
3.5.4. Os sete desperdícios e a função do <i>layout</i> no processo	49

Capítulo 4: Método Aplicado

4. Método aplicado.....	52
4.1. Abordagem quantitativa e qualitativa de <i>layout</i>	52
4.1.1. Abordagem quantitativa.....	52
4.1.2. Abordagem qualitativa	53
4.2. Etapas para aplicação do método SLP.....	53
4.2.1. Recolha e análise de dados	54
4.2.1.1. Dados de entrada	54
4.2.1.2. Fluxo de materiais	56
4.2.1.3. Actividades relacionadas.....	58
4.2.1.4. Diagrama de relacionamento.....	59
4.2.1.5. Espaço necessário e espaço disponível.....	61
4.2.2. Pesquisa	61
4.2.2.1. Diagrama de relacionamento de espaço.....	61
4.2.2.2. Limitações práticas e mudanças consideradas	62
4.2.2.3. Desenvolvimento de alternativas de <i>layout</i>	62
4.2.3. Selecção de alternativas de <i>layout</i>	62
4.2.3.1. Avaliação.....	62

Capítulo 5: Estudo de Caso

5. Estudo de caso	64
5.1. Considerações iniciais.....	64
5.2. Caracterização da empresa	64
5.2.1. Identificação de produtos e linhas produtivas	66
5.2.2. <i>Layout</i> actual da empresa	68
5.2.3. Organização estrutural	69
5.2.3.1. Fluxo de informação	69

5.3. Aplicação do método SLP	70
5.3.1. Etapa de análise.....	70
5.3.1.1. Caracterização de produtos e suas quantidades	70
5.3.1.2. <i>Layout</i> esperado segundo a variedade e quantidade de produtos fabricados	72
5.3.1.3. Fluxo produtivo e identificação do <i>layout</i> actual.....	74
5.3.1.4. Descrição detalhada dos processos e sua capacidade produtiva	76
5.3.1.5. Serviços de suporte	81
5.3.1.6. Tempo e distância nos processos produtivos	83
5.3.1.7. Inter-relações de actividades	84
5.3.1.8. Espaço necessário e espaço disponível.....	89
5.3.2. Etapa de pesquisa.....	92
5.3.2.1. Alternativas propostas	93
5.3.2.1.1. <i>Layout</i> – Alternativa 1	93
5.3.2.1.2. <i>Layout</i> – Alternativa 2	95
5.3.2.2. Restrições, considerações de mudança e limitações práticas	97
5.3.3. Etapa de selecção	98
5.3.3.1. Avaliação	100
5.3.3.1.1. Capacidade produtiva estimada com alternativas propostas	100
5.3.3.1.2. Custo estimado para alterações propostas.....	101
5.3.3.1.3. Vantagens e inconvenientes comparativos.....	102
5.3.3.2. Escolha de projecto futuro.....	103
5.3.4. Instalação.....	106

Capítulo 6: Conclusão

6. Conclusão.....	107
6.1. Considerações finais	107
6.2. Proposta para trabalhos futuros	110
6.3. Dificuldades e limitações práticas no desenvolvimento do projecto	110
Referências Bibliográficas.....	112
Anexo A – <i>Layout</i> actual do piso 1	118
Anexo B – Tabela de quantidade portas e gavetas produzidas em 2011	119
Anexo C – Tabela de quantidade de perfis produzidos em 2011.....	120
Anexo D – <i>Layout</i> actual do piso 1 com representação dos fluxos produtivos.....	121
Anexo E – Proposta de <i>re-layout</i> – Alternativa 1.....	122
Anexo F – Proposta de <i>re-layout</i> – Alternativa 2.....	123
Anexo G – <i>Layout</i> final proposto para instalação.....	124

Lista de Figuras

Capítulo 1: Enquadramento

Figura 1 – Dados da indústria de mobiliário de madeira entre 1998 e 2005..... 7

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

Figura 2 – Níveis de estrutura industrial 11

Figura 3 – Forma regular e irregular de instalações industriais 25

Figura 4 – Tipos de *layout* considerando o manuseamento de materiais 26

Figura 5 – Representação de *layout* por andares 28

Figura 6 – Processo de retroceder e ultrapassar 29

Figura 7 – Pontos de *pick-up* e *drop-off* de uma máquina com forma regular 30

Capítulo 3: Flexibilidade e Eficiência

Figura 8 – Evolução de *layout* em quatro períodos 42

Figura 9 – Factores para medir a eficácia de *layout* 46

Capítulo 4: Método Aplicado

Figura 10 – Estrutura do método SLP 54

Figura 11 – Diagrama de produto/quantidade 55

Figura 12 – Fluxograma de processos 57

Figura 13 – Diagrama de interligações preferenciais 59

Figura 14 – Diagrama de relações 60

Figura 15 – Diagrama de relacionamento de espaço 61

Capítulo 5: Aplicação do Método em Estudo

Figura 16 – *Layout* actual da unidade produtiva – piso 1 68

Figura 17 – Organigrama da empresa 69

Figura 18 – Gráfico de portas e gavetas 73

Figura 19 – Gráfico de perfis..... 73

Figura 20 – Representação do fluxo produtivo nas duas linhas de produção 75

Figura 21 – Fluxo produtivo da linha 1 78

Figura 22 – Fluxo produtivo da linha 2 78

Figura 23 – *Layout* actual do armazém e zona de expedição – R/C..... 79

Figura 24 – Fluxograma processo – linha 1 80

Figura 25 – Fluxograma processo – linha 2 80

Figura 26 – Identificação de áreas afectas aos serviços de suporte 82

Figura 27 – Diagrama de interligações preferenciais da linha 1 85

Figura 28 – Diagrama de interligações preferenciais da linha 2 85

Figura 29 – Diagrama de relações entre recursos da linha 1 86

Figura 30 – Diagrama de relações entre recursos da linha 2 87

Figura 31 – Representação das áreas de serviços de suporte na instalação 90

Figura 32 – Área ocupada por rejeições do processo produtivo da linha 1 92

Figura 33 – Área ocupada por rejeições do processo produtivo da linha 2..... 92

Figura 34 – Alternativa 1 de *layout* com representação dos fluxos produtivos 94

Figura 35 – Alternativa 2 de *layout* com representação dos fluxos produtivos 96

Figura 36 – *Layout* proposto para instalação, com identificação das áreas afectas a cada processo produtivo 105

Lista de Tabelas

Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> posicional	32
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> por processo	33
Tabela 3 – Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> por produto	34
Tabela 4 – Vantagens e desvantagens do <i>layout</i> celular	35

Capítulo 3: Flexibilidade e Eficiência

Tabela 5 – Classificação de tipos de flexibilidade na produção	38
Tabela 6 – Associação de tipos de flexibilidade com incerteza	39

Capítulo 4: Método Aplicado

Tabela 7 – Simbologia utilizada no fluxograma de processo	57
Tabela 8 – Códigos de proximidade, usados no diagrama de interligações preferenciais	58

Capítulo 5: Aplicação do Método em Estudo

Tabela 9 – Quantidade e variedade de portas e gavetas produzidas em 2011	71
Tabela 10 – Quantidade e variedade de perfis produzidos em 2011	72
Tabela 11 – Tempo e distância nos processos produtivos.....	83
Tabela 12 – Justificativos de razões de proximidade e afastamento na instalação	88
Tabela 13 – Áreas mínimas necessárias para os serviços de suporte.....	91
Tabela 14 – Tempo e distância entre alternativas ao longo do fluxo produtivo	99
Tabela 15 – Aumento de capacidade produtiva entre alternativas propostas.....	100
Tabela 16 – Custos comparativos entre alternativas de projecto de <i>layout</i>	101
Tabela 17 – Cronograma para execução das alterações com vista à implementação do novo <i>layout</i>	106

Lista de Acrónimos

SLP	Systematic <i>Layout</i> Planning
FLP	Facility <i>layout</i> problem
WIP	Work in process
PLFP	Production line formation problem
FMSs	Flexible manufacturing systems
FMLP	Flexible machine <i>layout</i> problem
FLF	Facilities <i>layout</i> flexibility
MHC	Material handling cost
MHE	Material handling equipment
PAU	Productive area utilisation
MDF	Medium density fiberboard
PVC	Polyvinyl chloride
CNC	Computer numeric control

Capítulo 1

Enquadramento

1. Enquadramento em contexto actual

A necessidade de uma maior flexibilidade dos ambientes industriais face a fatores como as exigências e instabilidade dos mercados, conjunturas económicas, sociais, inovação tecnológica, a própria concorrência, a exigência dos consumidores, levam à necessidade das empresas procederem a reestruturações externas e internas.

ZELENOVIC (1982) e DIXON (1992) defendem que a flexibilidade industrial tende a aumentar a produtividade, satisfação dos empregados e funcionamento estável nas condições dinâmicas de competitividade em que as empresas se encontram.

A flexibilidade na indústria é justificada pela necessidade de adaptação dos sistemas produtivos a situações inesperadas, a chamada gestão de variabilidades (SALERNO, 1993, 1995).

Já para os seguintes autores, a flexibilidade do processo produtivo é a habilidade (ZUKIN e DALCOL, 2000), capacidade (GUSTAVSSON, 1984), rapidez (COX, 1989), competência (SUAREZ, CUSUMANO e FINE, 1995) e aptidão (DE TONI e TONCHIA, 1998) que uma organização possui para mudar ou reagir (SLACK, 1983), diante das alterações ocorridas nos ambientes produtivos (GUPTA e GOYAL, 1989), considerando tempo, custo e esforços envolvidos (UPTON, 1997).

SALERNO (1995) e MARTIN (2001) definem a flexibilidade como o resultado da interação dos factores extra e intra empresa. Desta forma, a necessidade de flexibilidade está vinculada ao tipo de processo, de produto, de mercado, da estratégia competitiva da organização e das relações de trabalho, ou seja, vai depender de todo o escopo de relações da firma e da gestão do trabalho.

Para SLACK (1987) e DE MEYER (1986) a flexibilidade está a tornar-se uma grande vantagem competitiva e até mesmo uma condição para adaptação e sobrevivência.

Sob o ponto de vista da flexibilidade de produção, a mesma manifesta-se pela adaptabilidade da empresa a diferentes ambientes, sujeito a incertezas internas e externas (SETHI E SETHI, 1990).

Visando as reestruturações internas e face à crescente inovação tecnológica, volatilidade e incerteza em que cada vez mais as empresas actuam num mercado global de grande concorrência, estas necessitam de fomentar uma gestão de produção decididamente moderna e eficaz, que se traduza tanto na aplicação de novos princípios de gestão da produção, no envolvimento e formação dos seus actores, como na utilização de tecnologias adequadas para a própria sustentabilidade e crescimento (BAPTISTA, 1999).

A inovação é considerada uma fonte de vantagem competitiva e de crescimento económico nas condições da crescente concorrência global, a mudança tecnológica, a rápida evolução do mercado e exigências do cliente em busca de serviços de qualidade (EKVALL e ARVONEN, 1994; HOWELL e HIGGINS, 1990; TUSHMAN e O'REILLY, 2002). A rápida resposta nas mudanças impostas pelos mercados, tem sido considerado um dos principais desafios na gestão de operações dos últimos anos (BORDOLOI *et al.*, 1999; BARNES-SCHUSTER *et al.*, 2002).

Face a todos estes factores, KOCHHAR e HERAGU (1999), consideram que o estudo sobre o *layout* industrial se torna importante para ajustar as empresas à nova realidade exigida pelos mercados.

O estudo sobre *layout* é importante como ferramenta para elaborar uma disposição óptima dos meios de produção, a partir da análise e forma como o homem, máquinas, equipamentos estão dispostos dentro da área fabril.

Considerando o cenário apresentado, HERAGU e KOCHHAR (1994), referem que o tempo de vida útil efectivo de uma instalação industrial não será superior a um ano.

Pelo que o *re-layout* das instalações industriais existentes irá tornar-se tanto ou mais comum que o das novas instalações (HERAGU, 1997).

Face ao apresentado, verifica-se que o caso da indústria portuguesa de mobiliário de madeira e derivados, não é excepção.

Os anos 90 foram de grande crescimento de consumo interno de mobiliário, como consequência do crescimento do mercado da construção civil e da alteração dos hábitos de consumo. Simultaneamente, era incentivado o investimento das empresas em mais e melhores tecnologias, que permitia o aumento da capacidade produtiva instalada.

Por outro lado, nessa altura, e por não sentirem necessidade, as empresas não se prepararam devidamente, com estratégias capazes de enfrentar os tempos actuais.

Com o avolumar da crise económica, em 2002 assistimos a uma redução acentuada do consumo de mobiliário no mercado interno e à instabilidade nos circuitos de distribuição, com as empresas comerciais a preferirem mobiliário de importação a preço e condições financeiras mais vantajosas, sentiu-se fortemente a concorrência com mobiliário proveniente de países com apoios para a exportação e o reduzido investimento em estratégias comerciais e de marketing das empresas portuguesas.

Ainda assim, é de realçar que por via de investimentos mais recentes as exportações têm crescido no contexto da economia nacional e internacional (figura 1).

O que em muitos casos não é sinónimo de aumento de lucro, mas sim, uma forma que as empresas encontraram para escoamento de produto para colmatar custos fixos das suas estruturas, reflexo da diminuição de encomendas internas.

A indústria portuguesa de mobiliário de madeira deixou de ser a que se caracteriza pela relativa amenidade do mercado interno, protegido da concorrência externa. A hora é de uma concorrência cada vez mais intensa, que não deixa margem nem para amadorismo, nem para ineficiência. Exige-se organização, estratégia, produtividade, numa palavra, inovação (BAPTISTA, 1999).

Também o caminho percorrido, neste aspecto, é meritório. As empresas portuguesas de mobiliário de madeira inovaram, nomeadamente nos equipamentos que adquiriram, muito por força dos sistemas de incentivos à indústria existentes nos últimos anos. Verifica-se, no entanto, a necessidade de pessoas mais qualificadas, apontando como áreas críticas a gestão de processos produtivos, a tecnologia e adaptação das fábricas às novas exigências dos mercados.

Denota-se a necessidade de tomar medidas para a redução de lacunas nos processos produtivos, onde a aquisição dos equipamentos não foi acompanhada, até agora, de outras acções indispensáveis ao pleno aproveitamento do potencial destes equipamentos, nomeadamente em estudos das instalações produtivas, como factor de sucesso à produtividade e competitividade.

BENJAFFAR (2002) argumenta que o *layout* industrial tem impacto directo sobre o desempenho operacional, medido pelo *lead time* de produção, através da taxa de *work-in-process*, sendo que um *layout* rígido é crítico para a melhoria da produtividade numa empresa.

De um modo geral, o *layout* industrial viaja através de um ciclo de vida que passa pelas seguintes fases: concepção, implementação, crescimento, maturidade e obsolescência (LEUNG e SURI, 1990).

Em cada fase do ciclo de vida muitas decisões têm de ser tomadas que incluem avaliação do projecto e selecção de um *layout* eficaz, planeamento de produção, programação e decisões relacionadas com a modificação de um projecto existente devido às mudanças na procura do mercado, que muda muito e muitas vezes devido à concorrência global de hoje (BITRAN e MORABITO, 2002; MUTHAIAH e HUANG, 2006).

O fraco desempenho da indústria portuguesa no que se refere à produtividade indicia grandes lacunas na cadeia de valor das fileiras de maior especialização, as quais traduzem a situação das empresas face aos factores de competitividade.

Esta fragilidade tem-se traduzido essencialmente ao nível do mercado interno, através de quotas de mercado crescentes de produções externas.

Os pontos fortes da indústria portuguesa de mobiliário de madeira assentam na qualidade das produções efectuadas, na forte especialização, baixos custos da mão-de-obra existente e alguma matéria prima. No entanto, tendem a ser neutralizados pela insuficiente qualificação humana e pela ausência de mecanismos sistemáticos de inovação na área dos processos produtivos.

São de vária ordem os estrangulamentos actuais desta indústria, mas sobretudo de natureza estrutural.

Há que melhorar a eficácia dos processos de gestão de produção, prestando a devida atenção ao mercado, cada vez mais exigente e à concorrência cada vez mais agressiva, apelando à actualização tecnológica dirigida às necessidades reais do mercado. No entanto, pesquisas efectuadas têm demonstrado que a tecnologia, isoladamente não produz os resultados desejados. Nesse sentido, tem-se verificado uma grande dependência de factores humanos, de gestão e ambientais (JAIKUMAR, 1986; KOUVELIS *et al.*, 1992; TINCKNELL e RADCLIFFE, 1996; BOYER *et al.*, 1997; OKE, 2005).

Todo o investimento deverá ser suportado por uma intervenção estratégica que permita avaliar as condições técnicas e económicas, estudar a produtividade, a capacidade instalada, as tecnologias, indicadores de rentabilidade e de eficiência.

Desenvolvimento e adaptação de novas tecnologias e processos, promover e divulgar as aplicações de tecnologia nas empresas orientadas para o aumento de produtividade e para a reestruturação das empresas. Inovar nos processos de gestão,

nos produtos e nas formas de comercializar, é condição sem a qual não se reverte a tendência negativa.

Não existem razões objectivas para que não se reverta, desde que os empresários não tenham resistência a inovar nos seus processos de decisão estratégica.

É fundamental uma dinâmica sectorial que permita a evolução das empresas no sentido da especialização, modernização e desenvolvimento tecnológico, por forma a reforçar a sua competitividade e a sua sobrevivência num mundo cada vez mais agressivo.

Cada vez mais em detrimento de se considerar a relação clássica: custo de produção + margem de lucro = preço de venda, as empresas são obrigadas a procurar métodos que conduzam à relação: preço de venda – custo de produção = margem de lucro (BORNIA, 2002). Isto denota uma necessidade das empresas em direccionarem as suas atenções para a própria reestruturação interna, que possa trazer melhorias e que proporcionem a redução dos custos com vista ao aumento da margem de lucro, conseguindo colocar os seus produtos ao preço estabelecido pelo mercado.

Para o conseguir, é indispensável proceder à reorganização das instalações produtivas, à adequação de novos métodos de gestão e ao reforço das competências de engenharia e ter na inovação tecnológica uma prioridade.

As empresas menos preparadas e com estruturas rígidas encontrarão bastantes dificuldades e acabarão por fechar.

Os mercados industriais têm sido cada vez mais sujeitos a mudanças frequentes, sobre a variedade de produtos e procura em quantidade (BAYUS e PUTSIS, 1999; JACK e RATURI, 2002).

Na maioria dos casos, os clientes não aceitam pagar preços mais elevados ou esperar mais tempo pelas suas encomendas, pelo que se requer uma rápida adaptação às novas exigências.

Desta forma o desafio passa pela melhoria dos processos produtivos, com o custo reduzido, sem prejuízo da qualidade, desempenho ou prazos de entrega (BOYNTON *et al.*, 1993; SUAREZ *et al.*, 1996).

As empresas melhor posicionadas e com uma estrutura flexível, orientada para a mudança que lhes permita superar o período de turbulência, irão manter-se no mercado.

Segundo (TOMPKINS *et al.*, 1996) 15% a 70% dos custos de produção advêm do manuseamento de materiais, sendo que a efectiva disposição das instalações fabris pode reduzir em pelo menos 30% esses mesmos custos.

Desta forma denota-se uma crescente necessidade de sensibilização das empresas para a eminente necessidade de adoptarem métodos de organização interna que permitam eliminar custos excedentários de produção e desta forma tornarem-se competitivas com redução de custos de processo, em mercados internos e externos.

Como já referido o estudo sobre *layout* industrial torna-se assim um factor de relevo na eficácia e sustentabilidade do processo produtivo e conseqüentemente das empresas.

A renovada consciência da importância da melhoria da produtividade nas empresas implica novos desafios para abordagens de planeamento de *layout*, visto que a disposição das instalações determina a estrutura básica do sistema de produção e como tal, tem um impacto considerável na eficiência atingível, (STEFAN BOCK e KAI HOBERG, 2007).

	1998	2005
nrº empresas	3.676	2.400
nrº trabalhadores	40.950	34.000
volume negócios	1.247	1.297
exportações	113	593

Figura 1 - Dados comparativos da indústria de mobiliário de madeira entre 1998 e 2005.

Fonte: Instituto Nacional de Estatística (INE)

1.1. Objectivos

O estudo principal deste trabalho incide sobre o *layout* actual de uma indústria transformadora de derivados de madeira, com consequente proposta de melhoria, baseado na aplicação do método SLP – *systematic layout planning*.

Desta forma pretende-se com esta dissertação, baseada no referencial teórico pesquisado contribuir para a optimização do fluxo produtivo, humano e material, através da identificação e eliminação ou redução das perdas do processo e operações executadas.

Por inerência ao exposto, pretende-se estimular o trabalho em equipa, promover a qualidade e aumentar os índices de produtividade, factores que se conseguidos tornarão sem dúvida a empresa mais competitiva e com melhores resultados práticos.

1.2. Estrutura

No primeiro capítulo é apresentado o enquadramento do tema em contexto actual, os objectivos e método aplicado, bem como a estrutura do trabalho. O segundo capítulo inicia com a importância da localização industrial, onde são apresentados alguns factores relevantes para a decisão da localização. Ainda neste capítulo é apresentada uma abordagem genérica sobre o conceito *layout* e a aplicação do mesmo em instalações industriais, visando os objectivos, restrições, condicionalismos e tipos de *layout*. No terceiro capítulo, pretende-se, com base nos tempos actuais, demonstrar a necessidade e importância de flexibilizar ambientes produtivos. Para o efeito, a abordagem realizada incide sobre factores que condicionam a flexibilidade e eficiência do *layout*, bem como do processo produtivo. Para terminar este capítulo, é apresentada a relevância do *layout*, na concretização dos objectivos do conceito *lean manufacturing*. No quarto capítulo é apresentada e descrita a metodologia proposta para análise e optimização do *layout* industrial, aplicada no estudo de caso. O método apresentado consiste numa estrutura de fases e etapas para identificação e avaliação de elementos práticos que auxiliam na busca da melhor solução de *layout* industrial. O quinto capítulo incide sobre a aplicação prática da metodologia proposta e conceitos pesquisados na literatura científica, abordados ao longo deste trabalho. Para tal é caracterizada a empresa em estudo, respeitante a produtos fabricados, processos produtivos, *layout* actual e elementos relevantes para atingir o objectivo proposto. Por último, são apresentadas as alternativas de *re-layout*, com a consequente proposta para implementação, resultante da ponderação dos resultados obtidos. No sexto capítulo são apresentadas as conclusões, resultantes do desenvolvimento deste trabalho, limitações práticas encontradas e propostas para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Localização industrial

No estudo de investimento de uma instalação industrial por uma empresa e particularmente no processo de implantação de uma nova fábrica, um dos factores a considerar é o local em que se deve instalar o novo estabelecimento. Na generalidade dos casos, trata-se de seleccionar, entre um número de alternativas possíveis, com base em factores de decisão, a que se revele ser mais vantajosa para alcançar os objectivos propostos para a instalação concreta.

Vários estudos sobre a teoria da localização têm abordado questões importantes: quem produz, que produtos ou serviços, em que locais e por quê.

JOHANN HEINRICH VON THUNEN (1850) debruçou o seu estudo sobre a localização ideal para a agricultura, considerando os custos da terra e transporte.

HOTELLING (1929) pensa que uma empresa tende a localizar-se próximo ao centro da sua área de mercado em detrimento de locais dispersos.

A teoria da localização industrial foi formalmente introduzida por ALFRED WEBER (1909), onde o autor considerou o problema da localização de um armazém para minimizar a distância total entre um armazém e um conjunto de clientes espacialmente distribuídos.

O trabalho desenvolvido por ALFRED WEBER (1909) é considerado como tendo estabelecido as bases da teoria moderna sobre localização, considerando os custos de transporte e produção (BADRI, 2007). Desta forma WEBER (1909), centra-se na escolha da localização de um determinado empreendimento, onde localizar uma unidade de produção num espaço geográfico, considerando as condições económicas mais vantajosas de produção e de distribuição.

Para o autor, são diversas as alternativas de localização existentes para uma indústria produtiva. O factor locacional constitui um ganho e uma redução de custos, que a actividade económica obtém quando se localiza em determinado local.

Este trabalho foi considerado por ISARD (1956) com o estudo de localização industrial, uso da terra, e problemas relacionados. HOTELLING (1929) considera o problema da localização de dois fornecedores competitivos ao longo de uma linha recta. Este trabalho foi posteriormente retomado por SMITHIES (1941) e STEVENS (1961).

Um número de autores na década de 1950 e início de 1960 considerou o problema de *layout* de instalações associado a uma perspectiva de localização industrial (APPLE, 1963; ARMOUR e BUFFA, 1963; IRESON, 1952; MOORE, 1962; MUTHER, 1955; REED, 1961).

Segundo BUFFA (1972), o projecto de um sistema de produção depende da sua localização, porque os factores físicos que dela derivam, influem na disposição do equipamento e porque a localização determina parcialmente os custos de capital e operação.

Para STEVENSON (2001) a necessidade de efectuar o planeamento de *layout* ocorre durante a fase de implementação da indústria.

WESTKAMPER, WIENDAHL e NYHUIS (2007) referem que o planeamento de *layout* industrial deve começar na fase de escolha da nova localização industrial. Pelo que os autores descrevem uma estrutura sequencial composta por níveis de planeamento de *layout*, desde a escolha da localização de implementação até à célula de trabalho dentro da fábrica, conforme representado na figura 2.



Figura 2 - Níveis de estrutura industrial.

Fonte: Adaptado de Westkamper, H-P Wiendahl e Nyhuis (2007)

Antes de meados de 1960, os estudos realizados no campo da teoria de localização consistia principalmente de um número de conceitos separadas, não interligados por uma teoria unificada. Encontram-se registados estudos sobre localização de corporações de bombeiros (VALINSKY, 1955); a localização óptima para instalação de caminhos de ferro (MANSFIELD e WEIN, 1958); melhor localização para estações de tratamento de resíduos sólidos (WERSAN *et al.*, 1962) e definição de implantação industrial (BURSTALL *et al.*, 1962).

HAKIMI (1964) considerou o problema geral da localização de uma ou mais instalações num conceito de rede comercial, entre produção e centros de consumo

para minimizar tanto a soma das distâncias ou a distância máxima entre as instalações que compõem essa rede. Desde então, a pesquisa tem sido realizada no campo da teoria da localização global. Um número de classes diferentes de problemas têm sido identificados e resolvidos.

Considerando o estudo de localização industrial sob uma perspectiva global, vários estudos sugerem que o tamanho e crescimento do mercado, as barreiras comerciais, salários, produção, transporte, estabilidade política, regulamentação do comércio e tributação podem ser relacionados para explicar as decisões de localização (DUNNING, 1995).

SETHI *et al.*, (2003) desenvolveram um modelo que relaciona o fluxo de investimento estrangeiro nos países Europeus e Asiáticos a partir dos Estados Unidos, associados a cinco variáveis: salários, população, produto nacional bruto, a estabilidade política e económica e atributos culturais. Eles concluíram que os salários baixos e a liberalização das economias asiáticas foram factores importantes que explicam a transição das empresas Norte-Americanas da Europa Ocidental para a Ásia.

A decisão de localização com base no investimento estrangeiro leva a assumir que as empresas internacionais seleccionam os locais de implantação com base nas suas vantagens relativas (DUNNING, 1988). Em contraste, NACHUM e WYMBS (2005) utilizaram um modelo estatístico, que mostrou que a diferenciação do produto ou a sua modificação pode torná-lo mais atraente para um determinado mercado-alvo, pelo que se torna um factor a ter em conta para a escolha da localização. Ou seja, a diferenciação da produção e proximidade com outras empresas estão intimamente associados, seja negativa ou positivamente, dependendo do tipo de produto e do segmento da indústria.

O problema de localização de instalações envolve um conjunto de decisões a tomar para servir as exigências dos mercados, com o objectivo de minimizar a distância total (tempo ou custo) entre clientes e instalações (MELO *et al.*, 2009).

HODDER e JUCKER (1985), BARTMESS e CERNY (1993) incorporam o preço da taxa de câmbio, os impactos políticos, impostos, custo de transporte, bem como vantagens que poderão advir de instalações localizadas perto de clientes, fornecedores e / ou concorrentes, como factores para seleccionar a localização de uma fábrica internacional. HODDER e DINCER (1986) acrescentam que decisões financeiras em ambientes incertos poderão ser um factor de decisão para avaliar a rentabilidade global de vários locais possíveis.

MACCORMACK *et al.*, (1994), refere que as instalações industriais pequenas, que tendem a ser localizadas em grandes mercados regionais, são bem sucedidas por diferenciarem os seus produtos para atender aos mercados locais.

Segundo KRUGMAN (1993), as teorias da localização de produção e comércio têm alguns pontos em comum. Pelo que o autor concluiu, que apesar de algumas diferenças, as duas teorias são bastante semelhantes; ou seja, a decisão da escolha começa por considerar; produzir ou comercializar que produtos, em que locais.

Segundo o autor, a teoria da localização industrial lida com a localização óptima de produção, considerando factores, como o custo de produção e transporte. A teoria comercial lida com características de acesso a locais de produção para aquisição de produtos, bem como mercados consumidores para escoamento desses produtos.

As decisões sobre o sistema de distribuição são uma questão estratégica para quase todas as empresas. O problema da localização das instalações em relação aos mercados consumidores abrange os principais componentes do projecto no sistema de distribuição. A capacidade de fabricar e comercializar os produtos depende em parte da localização das instalações produtivas (KOGUT e ZANDER, 1992).

Outra visão sobre a teoria da localização assume que indústrias semelhantes conseguem uma vantagem competitiva quando se agrupam numa região urbana e apresenta como exemplo o caso das indústrias tecnológicas instaladas em *Silicon Valley*, (BECKMANN, 1999 e GREENHUT, 1995). Estes centros industrializados tornam-se pólos de atracção e desenvolvimento de uma oferta de trabalho e conhecimento, tais como: escolas, centros de formação e parques tecnológicos. Segundo esta teoria, uma rede de clientes, vendedores, fornecedores e até de concorrência é criada trazendo bons reflexos na dinamização de economia local, bem como na economia global.

Por outro lado, PUU, (1997) e BOGATAJ *et al.*, (2010) assumem que em determinadas situações, a instalação industrial numa determinada localização, com preços de terrenos, impostos, salários mais baixos, torna-se vantajoso face aos custos de transporte com matérias primas e produtos acabados, o que influencia a descentralização, atraindo investidores para localizações menos desenvolvidas industrialmente.

Desta forma verifica-se que não existe uma fórmula para definir a melhor localização. Considera-se que existem alguns factores que devem ser ponderados para ajudar a definir a melhor localização de implantação, com base no tipo específico de segmento industrial.

2.2. Escolha da localização

Os aspectos de avaliação de receitas e custos são importantes, quando se afirma que a localização óptima corresponde em termos de empresa a encontrar a localização que dê a maior diferença entre receitas e custos (KRUGMAN, 1993).

KOGUT e ZANDER (1992) defendem que a industrialização é um processo que envolve considerações dinâmicas sobre as transformações que ocorrem numa dada região, impulsionadas pelo crescimento das actividades produtivas industriais, pelo que é necessário estar atento às modificações técnicas e de mercado que ao longo da existência da empresa, podem indicar a conveniência de rever a localização geográfica.

Segundo os autores, poderá ser conveniente expandir o que existe ou re-localizar a fábrica actual.

Pelo que devem ser estabelecidos quais são os factores na nova instalação que afectam directa ou indirectamente os custos ou as receitas do investimento, de modo a que esses factores possam ser avaliados em termos de custo e benefício envolvidos.

Sendo que a decisão pela melhor localização, deve ter como finalidade, seleccionar entre os locais alternativos possíveis qual o que apresenta a melhor relação custo/benefício, considerando todas as variáveis envolvidas.

Desta forma, atendendo a que existem diversos factores a ter em conta na determinação da melhor localização, serão de seguida abordados quatro, que se pensa serem os mais abrangentes na escolha da melhor localização, com base no referencial teórico abordado.

2.3. Factores que influenciam a localização industrial

2.3.1. Custo e eficiência de transportes

Segundo WEBER (1909), o ponto mínimo de custos de transporte é determinado tendo em conta os dois elementos que condicionam esse custo, ou seja, o peso e a distância. A decisão de localização tomada pelos investidores depende da comparação entre o preço de transporte das matérias primas e dos produtos finais. O ponto óptimo que minimiza estes custos é determinado pelo método dos triângulos de localização, formados pelas linhas que ligam as fontes de matérias primas e os centros de consumo. No ponto de equilíbrio entre o recurso a matéria prima e acesso ao escoamento de produto acabado, atinge-se o menor valor das despesas de transporte.

Pode ser definido um índice de materiais que corresponde à relação:

$$\frac{\text{Número de unidades das matérias primas localizadas}}{\text{Número de unidades para escoamento dos produtos finais}}$$

Se este índice for superior à unidade, é a atracção das matérias primas que é predominante; se for inferior é a atracção dos produtos finais que condiciona a localização, (WEBER, 1909).

Segundo MACCORMACK *et al.*, (1994), o custo de transporte numa determinada localização, é influenciado pela avaliação dos seguintes factores; tipo de transporte a utilizar (aéreo, marítimo, fluvial, rodoviário ou ferroviário), volume de tráfego, topografia e clima da área geográfica e ainda o grau de exigência no transporte para os materiais a transportar (produtos perigosos ou frágeis).

2.3.2. Disponibilidade e custo de mão-de-obra

Segundo WEBER (1909), as indústrias tendem a localizar-se próximo aos centros de maior disponibilidade ou de menor custo de mão-de-obra, quando se caracterizam por utilizar alta percentagem da mesma na produção e por fabricarem produtos de alto valor unitário.

Para o autor, quanto mais orientada para a mão-de-obra for o tipo de indústria e quanto maior o nível de qualificação requerido pelo processo de produção, tanto maior relevância terá esse factor na decisão sobre a localização. Pelo que a taxa de necessidade de mão-de-obra, o grau de qualificação exigido e a expressão deste factor no custo do produto final, irá influenciar, se a industria se irá concentrar ou dispersar geograficamente em relação a pólos industriais existentes.

Face ao exposto podemos dizer que devem ser ponderados alguns factores na escolha da localização de investimento, atendendo ao factor de mão-de-obra, tais como: calcular o peso da mão de obra no produto acabado, atender à existência e disponibilidade de mão de obra e verificar os níveis de remuneração praticados.

2.3.3. Energia eléctrica

Nos países pouco desenvolvidos a disponibilidade de energia eléctrica geralmente é um factor decisivo na localização da indústria.

A razão entende-se em virtude de determinadas indústrias dependerem exclusivamente da energia para o seu processo produtivo.

Neste caso é de fundamental importância assegurar a disponibilidade de energia eléctrica na localização escolhida (FUJITA *et al.*, 2003 e HUANG e LI, 2006).

2.3.4. Políticas de descentralização, aglomeração e incentivos

Segundo WEBER (1909), o nível de concentração industrial pode, por si só, criar um conjunto de factores que conduzam à aglomeração ou descentralização industrial.

Economias de aglomeração resultantes do reagrupamento geográfico das empresas, em termos de produção e de escoamento (existência de preços mais favoráveis, melhores adaptações às condições do mercado, integração de maior número de unidades fabris), podem ser provocadas por diversos factores, tais como; baixo preço de terrenos, incentivos fiscais e sociais, conduzindo à aglomeração. No entanto o factor de aglomeração, provocado por uma concentração excessiva pode conduzir à redução dos espaços disponíveis, aumento do custo de mão-de-obra, bem como o aumento do preço dos terrenos, tornando uma localização menos atractiva, provocando a descentralização.

2.4. Conceitos genéricos de *layout*

O termo *layout*, ou arranjo físico, está normalmente associado a instalações industriais. No entanto, podemos encontrar a aplicação do conceito noutros tipos de instalações, tais como, armazéns, escritórios, lojas comerciais, etc. Por definição podemos dizer que *layout* é a forma como os constituintes de um determinado espaço se encontram distribuídos nessa área.

Desta forma, HERAGU (1997), classifica o *layout* de uma instalação como sendo a disposição de tudo o que é necessário para a produção de bens ou prestação de serviços. Sendo a instalação, a área que facilita o desempenho de qualquer trabalho.

O *layout* é uma característica intrínseca a qualquer operação, visto que determina a sua forma, aparência e a maneira como materiais, informações e clientes fluem através dessa operação (SLACK, *et al.*, 1997).

TOMPKINS, *et al.*, (1996), define o *layout* de um armazém, como a melhor forma de utilização da área de armazenamento, atendendo à coordenação entre os vários operadores, equipamentos e espaço disponível.

Desta forma o autor define como *layout* ideal aquele que procura minimizar a distância total percorrida, com a movimentação eficiente dos materiais, com a maior flexibilidade possível e custos de armazenamento reduzidos.

Como considerações prévias à elaboração de um *layout* de armazém é necessário ter toda a informação relativa ao espaço a planear, ou seja, é necessário saber qual a área de armazenamento, o stock máximo e médio, o volume de expedição e recepção, previsão da taxa de rotatividade de materiais, bem como o método de movimentação de cargas dentro do armazém (LEMOS, 2003).

Analisando o exemplo dos espaços comerciais, verifica-se que o mesmo influi directamente no resultado operacional de vendas, visto que imprime a forma como é feito o fluxo de tráfego humano dentro desse espaço. SPOHN e ALLEN (1977), WEITZ (2000), destacam como factores para planeamento de *layout* em espaços comerciais o arranjo do interior das lojas, móveis e equipamentos de forma a maximizar a conveniência e bem estar do cliente, com custo reduzido para o proprietário, capaz de aumentar o volume de vendas.

O estudo do planeamento de *layout*, normalmente é abordado como factor quantitativo, tendo como objectivo minimizar o custo de movimentação de pessoas e materiais numa instalação concreta, (MECKLENBURGH, 1985 e FRANCIS *et al.*, 1992).

No entanto, segundo FRANCIS e WHITE, (1974), o estudo de *layout* deve considerar factores qualitativos, tais como, a segurança da instalação, a flexibilidade do *layout*, o ruído e a estética.

Em todas as diferentes aplicações do conceito de *layout* existe um número considerável de diferentes restrições a ter em conta para determinar a melhor solução a adoptar. No entanto, o conceito de *layout* converge em todas essas aplicações no que respeita ao seu objectivo final, ou seja, criar a melhor disposição dos constituintes, humanos e materiais, para que o processo específico se desenvolva ao mais baixo custo, obtendo a maior segurança, eficiência e rentabilidade.

2.5. Layout na indústria

Considerações de ordem económica têm forçado a constante avaliação e reconhecimento dos sistemas existentes, respeitante a pessoas e equipamentos.

Devido às rápidas mudanças nas técnicas de produção e ao surgimento de novos equipamentos, poucas empresas serão capazes de manter as suas instalações com o mesmo *layout* sem prejuízo da sua posição competitiva no mercado (TOMPKINS *et al.*, 1996).

Uma das formas efectivas de aumentar a produtividade e reduzir custos é eliminar ou reduzir actividades excedentárias, que não acrescentam valor e por consequente geram desperdício. Estas actividades incluem o controlo dos equipamentos e pessoas, a necessidade de aumento da qualidade, a redução de stock, a melhoria do processo produtivo, o aumento da segurança e da saúde dos empregados e a utilização eficaz dos recursos energéticos (TOMPKINS *et al.*, 1996).

Todas estas actividades são realizadas através da modificação/adequação do *layout* da instalação existente, ou seja do *re-layout*.

Várias são as considerações existentes sobre *layout*, KOOPMANS e BECKMANN (1957) associam o *layout* à disposição das instalações como sendo o seu objectivo de estudo configurar instalações, de modo a minimizar o custo de transporte de materiais entre eles. MELLER, NARAYANAN e VANCE (1999), consideram que a disposição das instalações consiste em encontrar a melhor alocação de elementos não sobrepostos, planar, ortogonal de “*n*” elementos rectangulares dentro de uma determinada área num plano rectangular de modo a minimizar a medida de distância entre eles. LEE e LEE (2002), consideram que a disposição das instalações consiste em “*n*” instalações desiguais de diferentes tamanhos dentro de um determinado espaço total, (o que pode ser delimitada pelo comprimento ou a largura da área) de forma a minimizar o custo de manuseamento do material e custo da área excedentária.

SHAYAN e CHITTILAPPILLY (2004) referem-se ao *layout* de instalações como um problema de optimização que tende a criar disposições mais eficientes, tendo em conta várias interacções entre as instalações e sistemas de manuseio de materiais.

Desta forma podemos dizer que *layout* industrial, é a disposição física de equipamentos, tendo em consideração as dimensões dos mesmos e o espaço necessário para a sua operação e manutenção, bem como o espaço reservado para corredores, utilizados no abastecimento de matérias primas e saída dos produtos transformados. Segundo TOMPKINS (2003), além das necessidades de movimentação de produtos, devem ser previstos os acessos e serviços de apoio para a produção e para os colaboradores que operam na fábrica.

Ainda segundo TOMPKINS *et al.*, (1996), o projecto do *layout* tem um impacto significativo no desempenho de um sistema produtivo. Tal como referido anteriormente, planear o *layout* de uma área implica dispor os caminhos dos componentes de um produto ou serviço, a fim de obter o relacionamento mais eficiente e económico entre pessoas, equipamentos e materiais nessa área.

A redução de movimentação de materiais provoca a diminuição do *WIP* (work-in-process), *lead time* e reduz a probabilidade de surgirem produtos com defeito.

Desta forma ASKIN (1993), FU e KAKU (1997), consideram que minimizando o custo de movimentação de materiais se conseguem simultaneamente atingir outros objectivos. BENJAAFAR (2002) refere que o *layout* tem um impacto directo sobre o desempenho operacional, medido pelo tempo de produção, a taxa de rendimento e *WIP* – (work-in-process).

Verifica-se que um *layout* eficaz, influencia a melhoria da produtividade numa empresa.

Segundo TOMPKINS *et al.*, (1996), para melhorar o *layout* das instalações deve-se procurar integrar os diversos elementos da produção, tanto directos como os indirectos.

Deve-se obedecer às exigências das operações de maneira que pessoas, materiais e equipamentos se movam em fluxo contínuo, organizado e de acordo com a sequência lógica do processo de produção. Neste sentido, devem-se evitar cruzamentos e retornos, bem como obstáculos indesejados e minimizar distâncias com transporte. O espaço deve ser utilizado da melhor forma possível, procurando-se otimizar eficientemente as três dimensões: comprimento, largura e altura. Uma vez que a satisfação e a segurança do trabalhador são muito importantes, o planeamento e implementação do *layout* deve atender ao factor humano, no que concerne ao bem estar dos operadores, bem como, à diminuição do risco de acidentes de trabalho.

Observa-se que são cada vez mais frequentes e rápidas as necessidades de mudança do produto, as mudanças de métodos e de sistemas de trabalho. A falta de atenção a essas alterações pode levar uma empresa a ficar obsoleta. Pelo que, no projecto de *layout*, deve-se atender a que se as condições mudarem, as mudanças devem ocorrer com facilidade e a adaptação às novas condições deve ocorrer o mais rapidamente possível, em suma, surge a necessidade de *layouts* flexíveis.

Para ASKIN *et al.*, (1997); BENJAAFAR, SHEIKHZADEH, IRANI e HUANG (2000); KOCLILIAR, HERAGU e MONTREUIL (1999); YANG e PETERS (1998), existe um consenso emergente de que a configuração de *layout* existente não satisfaz as necessidades das empresas multi-produto e existe a necessidade de uma nova geração de disposição de fábricas, mais flexíveis, modulares, e de fácil utilização para reconfigurar.

Segundo FRANCIS *et al.*, (1992), o *layout* flexível é aquele que facilmente se adapta à necessidade de novos processos produtivos e novos produtos exigidos pelo mercado consumidor.

Em geral, as mudanças de *layout* decorrem da necessidade de gerar maior espaço físico para acomodar pessoas e equipamentos. Quanto mais flexível for o *layout*, menor o tempo que decorre entre duas mudanças, logo menor é o custo envolvido nessa adaptação, pelo que se torna um factor importante na decisão sobre o *re-layout*.

Importa ainda referir que as fábricas que operaram em ambientes voláteis, ou têm necessidade de introduzir novos produtos regularmente no mercado, por vezes não conseguem suportar os custos de paragem, ou de *re-layout*, em parte pela rigidez dos seus processos produtivos; pelo que, nestes casos, preferem muitas vezes viver com as ineficiências de *layouts* existentes e não sofrerem com os custos de mudança, que podem rapidamente tornar-se novamente obsoletos, (BENJAAFAR, SUNDERESH, HERAGU e IRANI, 2002).

2.6. Objectivos de planeamento e implementação de *layout*

No que respeita a objectivos, na maioria dos estudos sobre *layout*, destaca-se como principal o de minimizar deslocações (o custo total de manuseio de material, o tempo de viagem, a distância da viagem, etc.) Alguns autores têm considerado mais do que um único objectivo, por exemplo, DWEIRI e MEIER (1996), associam o fluxo de deslocações, humano e material ao fluxo de informação como objectivo de *layout*.

Desta forma e com base na programação e volume de produção, variabilidade de produtos e processos, KRAJEWSKI e RITZMAN (2002); TOMPKINS *et al.*, (1996); FRANCIS *et al.*, (1992) e HERAGU (1997), definem como principais objectivos para o estudo de *layout* e optimização do espaço disponível nas instalações produtivas, os seguintes aspectos:

- i) Minimizar o tempo total de produção;
- ii) Maximizar o aproveitamento de espaço;
- iii) Maximizar a segurança e conforto dos operadores;
- iv) Promover a flexibilidade na disposição de equipamentos e operações;
- v) Minimizar o custo de manuseio de materiais;
- vi) Minimizar a variação nos tipos de equipamentos e manuseio de materiais;
- vii) Optimizar o processo de produção;
- viii) Optimizar a estrutura organizacional;
- ix) Minimizar investimentos em equipamentos;
- x) Facilitar o fluxo de informação e a gestão operacional.

Abrangendo o interface do cliente com a interacção da cadeia de fornecedores, TOMPKINS (2003) descreve os objectivos de estudo de *layout*, conforme se apresenta:

- i) Promover a satisfação dos clientes através da facilidade de negociação, atendendo às suas necessidades;
- ii) Maximizar o retorno sobre investimentos em equipamentos, aumentando a taxa de utilização;
- iii) Minimizar a obsolescência, aumentando a participação dos colaboradores e promover melhorias contínuas;
- iv) Minimizar o *lead time* para responder rapidamente ao cliente;
- v) Reduzir custos e aumentar a produtividade;
- vi) Integrar a cadeia produtiva através de parcerias e comunicação com fornecedores;
- vii) Promover o conceito de organização através do manuseio, controle e armazenamento de materiais;
- viii) Ser adaptável e facilitar operações de manutenção.

A definição de *layout* leva em consideração os produtos a serem produzidos, o processo de produção e os volumes programados de produção (FRANCIS, 1974; GROOVER, 2000 e TOMPKINS, 2003).

Estas considerações conduzem a que os objectivos do *layout* possam ser definidos em função da sua tipologia, conforme se refere mais à frente neste capítulo.

2.7. Restrições e condicionalismos à implementação de *layout*

O problema de planeamento e disposição das instalações na área produtiva, muitas vezes referido como "*FLP – facility layout problem*", é conhecido por ter um impacto significativo sobre os custos de produção, *WIP e lead time*. A boa disposição das instalações contribui para a eficiência global das operações e pode reduzir até 50% as despesas operacionais totais (TOMPKINS *et al.*, 1996). Vários estudos de simulação são frequentemente utilizados para medir as vantagens e desempenho de *layout* (ALEISA e LIN, 2005). No entanto os problemas de *layout* são conhecidos pela sua complexidade e geralmente são difíceis de ser avaliados (GAREY e JOHNSON, 1979).

Os problemas de planeamento de *layout* estão directamente relacionados com as características específicas dos sistemas de produção. Vários factores e restrições de concepção podem diferenciar claramente a natureza dos problemas a resolver, nomeadamente: tipo de produção, variedade de produção e volume, o sistema de manipulação de material escolhido, os diferentes fluxos possíveis permitidos para os materiais, o número de andares na instalação em que as máquinas podem ser distribuídas, as formas da instalação e os pontos de *pick-up* e *drop-off* de materiais.

Devido à sua importância, esses factores serão abordados a seguir.

2.7.1. Tipos de produção

Um processo produtivo é definido como um sistema com um conjunto de elementos dinamicamente relacionados entre si, formando uma actividade para atingir um objectivo, operando com entradas tais como: informação, energia ou matéria e fornecendo saídas transformadas, (STAFFORD, 1971; CHIAVANETO, 1983 e RIGGS, 1993). CENIP (1988) e ELMAGHRABY (1966) definem o conceito de produção como um processo que permite a transformação de uma matéria num determinado produto, o qual por sua vez pode resultar em matéria de outro processo. Para executar esta transformação usa-se um conjunto de elementos, tais como: máquinas, mão-de-obra, ferramentas, meios de transporte, que em conjunto criam o chamado sistema de produção. Assim RIGGS (1993) define um sistema de produção como um processo planeado pelo qual os elementos são transformados em produtos finais, isto é, um procedimento organizado para se conseguir a conversão de entradas em saídas.

Um sistema de produção começa a ser elaborado na fase em que se formula um objectivo e se elege o produto que vai ser comercializado. Deste modo, os sistemas de produção nas empresas, têm como finalidade organizar todos os sectores que dele fazem parte, a fim de realizar as suas operações de produção, adoptando uma interdependência lógica entre todas as etapas do processo produtivo, desde que a matéria prima deixa o respectivo armazém, passando pelo processo de transformação, até à chegada ao armazém de produto acabado, na qualidade de produto final.

Desta forma podem ser diferenciados quatro tipos gerais de processos produtivos. Sendo que cada um apresenta características próprias, verifica-se a sua influência no tipo de *layout* a adoptar;

2.7.1.1. Sistema de Produção Contínua

Este tipo de produção é caracterizado pelo grande volume de produção, produto padronizado e produção de grandes lotes em série. O ritmo de produção é elevado e as operações são executadas sem interrupção ou mudança. Como o produto é uniforme ao longo do tempo, o processo produtivo não sofre mudanças, logo o sistema pode ser aperfeiçoado continuamente. Assim caracteriza-se este tipo de produção pelo baixo custo produtivo, grande volume e produção em massa (BLAZEWICZ, ECKER, SHMIDT e WEGLARZ, 1996).

Na prática, os modelos contínuos são representados por linhas de montagem, onde os produtos são mantidos em linha por um longo tempo e sem modificação.

2.7.1.2. Sistema de Produção Intermitente

O processo de produção intermitente caracteriza-se pela necessária flexibilidade das instalações, por forma a movimentar uma ampla variedade de produtos e tamanhos, ou onde a natureza básica da actividade impõe mudanças importantes da matéria prima, (BLAZEWICZ e WEGLARZ, 1996).

2.7.1.3. Sistema de Produção por Encomenda

Este tipo de produção contratada ou feita sob encomenda é executada especialmente a pedido do cliente. Os pedidos são em geral de natureza não repetitiva e as quantidades podem variar em grande escala. Neste tipo de produção, cada pedido usualmente acarreta uma grande variedade de operações, pelo que o processo em geral, não segue nenhum plano padronizado (PAN, CHEN e CHAO, 2002).

É a encomenda ou o pedido efectuado que vai definir como a produção deverá ser planeada e processada. Caracteriza-se por exigir um planeamento e controlo de produção muito complexo.

2.7.1.4. Sistema de Produção em Lotes

É caracterizado por produzir uma quantidade limitada de um tipo de produto de cada vez, denominada por lote de produção. Cada lote é previamente dimensionado para assim poder atender a um determinado volume de vendas previsto para um dado período de tempo. Deste modo, os lotes de produção são produzidos um a seguir ao outro. PAN, CHEN e CHAO (2002), referem que neste tipo de produção o planeamento é possível e necessário, podendo assim a empresa aproveitar melhor os seus recursos, com maior grau de liberdade, ao contrário do que ocorre no sistema de produção sob encomenda, no qual o plano de produção é feito após a recepção da encomenda.

2.7.2. Variedade de produtos e volume de produção

O projecto de *layout* em geral depende directamente da variedade de produtos e respectivo volume de produção. Atendendo a estes factores, destacam-se quatro tipos de organização possível; *layout* posicional, *layout* de processo, *layout* por produto e *layout* celular (DILWORTH, 1996).

No ***layout* posicional**, os produtos não circulam dentro das instalações de produção (máquinas, trabalhadores, etc), são os diferentes recursos que se deslocam para executar as operações sobre o produto. Este tipo de *layout* é habitualmente encontrado em indústrias que fabricam produtos de grande porte, como navios ou aeronaves, (MUTHER, 1955).

No ***layout* por processo**, todas as operações cujo tipo de processo de produção é semelhante, são agrupadas, independentemente do produto produzido. Este tipo de *layout* encontra-se normalmente em processos cujos produtos a serem transformados são poucos volumosos, mas de grande variedade (MUTHER, 1955).

No ***layout* por produto**, as máquinas ou estações de trabalho são dispostas segundo uma linha de fabrico ou montagem, onde um produto ou conjunto de produtos semelhantes são produzidos. A ordem das máquinas na linha segue a ordem em que o processo produtivo é realizado (MUTHER, 1955).

Este tipo de *layout* é utilizado para sistemas com elevados volumes de produção e baixa variedade de produtos. As instalações são organizadas de acordo com a sequência das operações de produção (MUTHER, 1955).

No ***layout* celular**, as máquinas são agrupados em células para produzir famílias de peças semelhantes. Neste tipo de *layout* um grupo de máquinas forma uma célula de trabalho, pelo que cada célula tem o seu sistema de manipulação de materiais.

Nesta disposição parte de um componente de um produto final é transformado numa máquina, sendo posteriormente encaminhado para a linha de montagem final, (MUTHER, 1955).

Devido à relevância da tipologia de *layout* para este trabalho, a abordagem a este tema será aprofundada mais à frente.

2.7.3. Formas e dimensões das instalações

Duas formas diferentes de instalações são frequentemente distinguidas, podendo condicionar o tipo de *layout* a adoptar, conforme apresentado na Figura 3; regulares, ou seja, geralmente rectangulares (KIM e KIM, 2000) e irregulares, isto é, em geral polígonos que contenham pelo menos um ângulo de 270 ° (LEE e KIM, 2000).

Como referido por CHWIF, PEREIRA e MOSCATO (1998), uma instalação pode ter várias dimensões regulares e irregulares, definidas por um comprimento e uma largura fixa. Neste caso, as instalações são denominadas por blocos fixos ou rígidos (MELLER *et al.*, 1999).

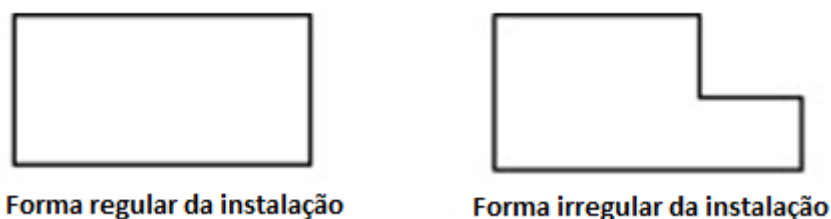


Figura 3 - Forma regular e irregular de instalações industriais.

Fonte: (Drira, Pierreval e Hajri-Gabouj, 2007)

No planeamento de *layout*, é comum a área da fábrica ser dividida em blocos rectangulares com a mesma área e forma, onde a cada bloco é atribuído uma estação de trabalho (FRUGGIERO, LAMBIASE e NEGRI, 2006). No entanto (WANG, HU e KU, 2005), referem, que da mesma forma que existem blocos de estações de trabalho com

áreas diferentes, também as instalações com áreas irregulares devem ser planeadas atendendo a esse facto, de maneira a rentabilizar a área disponível para implantação.

2.7.4. Sistemas de manuseamento

O sistema de manuseio de material garante a entrega do material nos locais apropriados. Vários tipos de equipamentos de manuseio de materiais podem ser usados, tais como: rolos transportadores, veículos automatizados, robôs, etc (EL-BAZ, 2004). FRANCIS e WHITE (1974) afirmam que 20% a 50% do total das despesas operacionais na produção são atribuídos à movimentação de materiais; pelo que, o planeamento de *layout*, atendendo à movimentação dos materiais, poderá reduzir estes custos entre 10% a 30%, anualmente. Ao lidar com um sistema de manuseio de materiais, um dos problemas consiste em dispor espaço dedicado nas instalações ao longo da área produtiva, atendendo às necessidades do processo. Pelo que, dois problemas de projecto devem ser considerados: encontrar o melhor *layout* da instalação e a escolha dos equipamentos de movimentação.

O tipo de manuseio de material adoptado, condiciona o padrão a ser utilizado para a disposição de máquinas (DEVISE e PIERREVAL, 2000; HERAGU e KUSIAK, 1988).

CO, WU e REISMAN (1989) referem que a disposição das instalações afecta a selecção do tipo de equipamento a utilizar na movimentação de materiais. Dada a dificuldade de resolver os dois problemas conjuntamente, estes são resolvidos sequencialmente (HASSAN, 1994). Entre os principais tipos de formulação de *layout* com base no tipo de manipulação de material, podem ser distinguidos como apresentado na figura 4; *layout* de linha única, *layout* de multi-linhas, *layout* de circuito e *layout* em campo aberto (YANG, PETERS e TU, 2005).

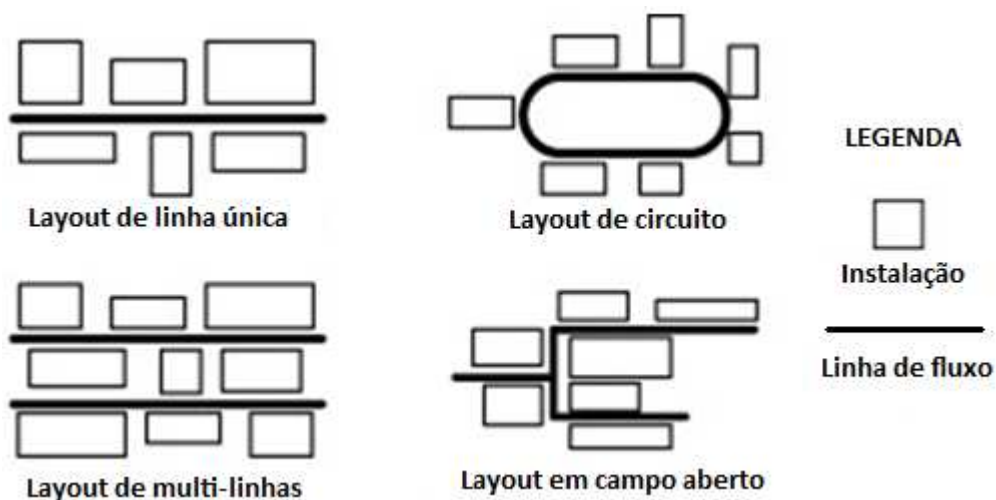


Figura 4 - Tipos de *layout* considerando o manuseamento de materiais.
Fonte: (Dirira, Pierreval e Hajri-Gabouj, 2007)

O *layout* de linha única obtêm-se quando o fluxo produtivo, segue ao longo dessa mesma linha, não se desviando desta, (DJELLAB e GOURGAND, 2001; FICKO, BREZOCNICK e BALIC, 2004; KIM, KIM e BOBBIE, 1996; KUMAR, HADJINICOLA e LIN, 1995). Várias formas de disposição podem ser obtidas a partir deste conceito, tais como; linha recta, semi-circular ou forma em U (HASSAN, 1994). O *layout* de circuito também denominado de rede em anel fechado, representa o tipo de *layout* em que os materiais são transportados em uma única direcção (CHAIEB, 2002; CHENG e GEN, 1998; CHENG, GEN, e TOSAWA, 1996; NEARCHOU, 2006; POTTS e WHITEHEAD, 2001).

Esta disposição é caracterizada por uma entrada e uma saída da estação de trabalho. O *layout* de multi-linhas envolve várias linhas na instalação (HASSAN, 1994), pelo que o movimento dos materiais é realizado entre as instalações da mesma linha e de linhas diferentes (CHEN, WANG, 2001; FICKO *et al.*, 2004; KIM *et al.*, 1996). O *layout* em campo aberto caracteriza-se pela flexibilidade do fluxo produtivo, com a qual os materiais podem seguir com maior facilidade vários caminhos de uma estação de trabalho para outra. Este tipo de disposição corresponde aos casos em que as instalações podem ser colocadas sem as restrições ou limitações que estão associadas ao *layout* de linha única ou *layout* em circuito, (YANG *et al.*, 2005).

2.7.5. *Layout* em instalações por andares

Como já referido, na fase de implementação de uma fábrica, essencialmente em áreas urbanas ou pólos industriais desenvolvidos, denota-se de uma forma geral a escassez na oferta de terrenos, o que provoca a subida de preços praticados. Pelo que a limitação do espaço horizontal disponível cria a necessidade de utilizar uma dimensão vertical da instalação, induzindo a necessidade de planear o *layout* por andares, conforme exemplificado na figura 5. Esta disposição permite que o fluxo na instalação possa deslocar-se horizontalmente, bem como de um andar para outro, localizados em níveis diferentes. O movimento vertical dos materiais requer um dispositivo de transporte vertical, por norma um elevador. Em tais situações, tanto na posição horizontal, como na posição vertical os níveis de *layout* têm que ser determinados para cada instalação, de modo que os problemas relacionados sejam tratados como problemas de *layout* multi-chão (KOCHHAR e HERAGU, 1998).

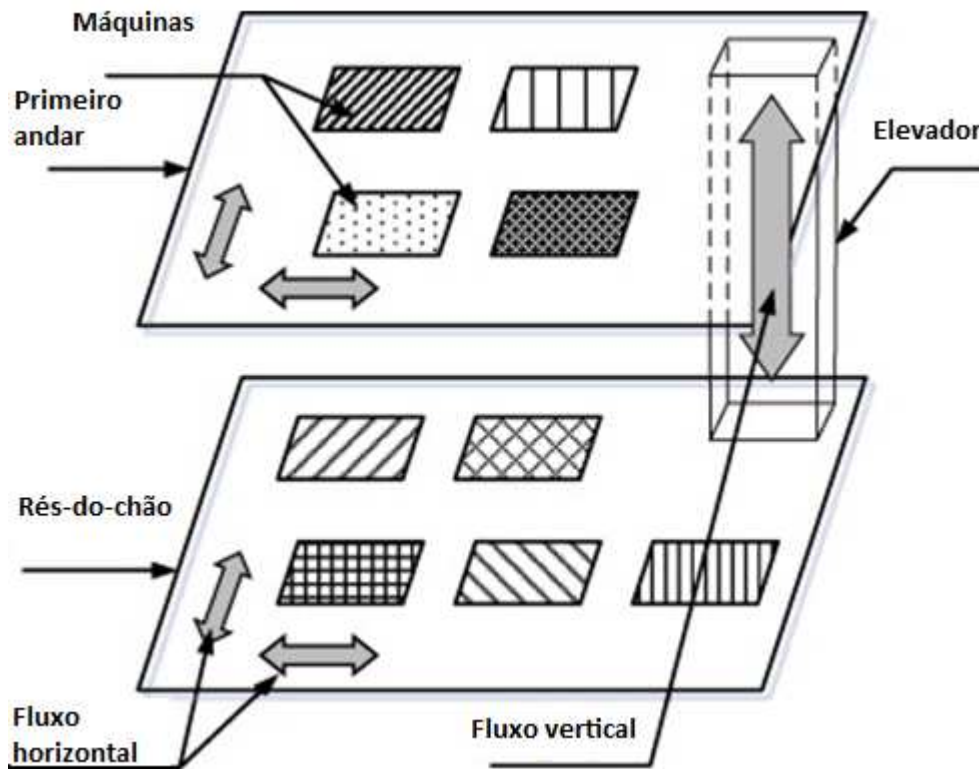


Figura 5 – Representação de *layout* por andares.
Fonte: (Drira, Pierreval e Hajri-Gabouj, 2007)

JOHNSON (1982) apresentou o problema de posições relativas das instalações em múltiplos andares. Mais tarde, outros autores acrescentaram algumas considerações a este tipo de instalação, tais como (BOZER, MELLER e ERLEBACHER, 1994; MELLER e BOZER, 1996). Como já referido os elevadores são na maioria das vezes o sistema de manuseio de material adoptado no caso de instalações com múltiplos andares (LEE, ROH e JEONG, 2005). Segundo MATSUZAKI *et al.*, (1999), considerando o caso das instalações com vários andares refere que a capacidade de cada elevador pode ser uma limitação no processo da fábrica. Desta forma, PATSIATZISE e PAPAGEORGIU (2002); LEE *et al.*, (2005) referem a necessidade de determinar a capacidade e número de elevadores necessários no processo, atendendo à área de cada piso bem como ao fluxo de transporte estimado entre cada um.

2.7.6. Retroceder e ultrapassar

Retroceder, ou *backtracking* e ultrapassar, ou *bypassing* em processos produtivos, são dois movimentos específicos que podem ocorrer no *WIP* do fluxo da linha de produção. Caracteriza-se o processo de retroceder, pela necessidade de determinado produto inverter o sentido do fluxo produtivo, regressando a um estágio anterior para terminar uma tarefa produtiva (BRAGLIA, 1996; KOUVELIS e CHIANG, 1992; ZHOU, 1998).

ZHOU (1998), acrescenta que este tipo de movimentos deve ser minimizado, visto que introduz atrasos na produção, com movimentos que não se traduzem em valor acrescentado. Este problema é denominado de (PLFP), que consiste em determinar a disposição de máquinas (parcial ou total), de modo a minimizar a soma ponderada das setas cuja direcção é contrária ao fluxo produtivo global, tendo em conta os constrangimentos sobre os postos das máquinas.

Algumas formulações discretas foram desenvolvidas por KOUVELIS e CHIANG (1992); BRAGLIA (1996), para minimizar o trajecto contrário ao fluxo produtivo.

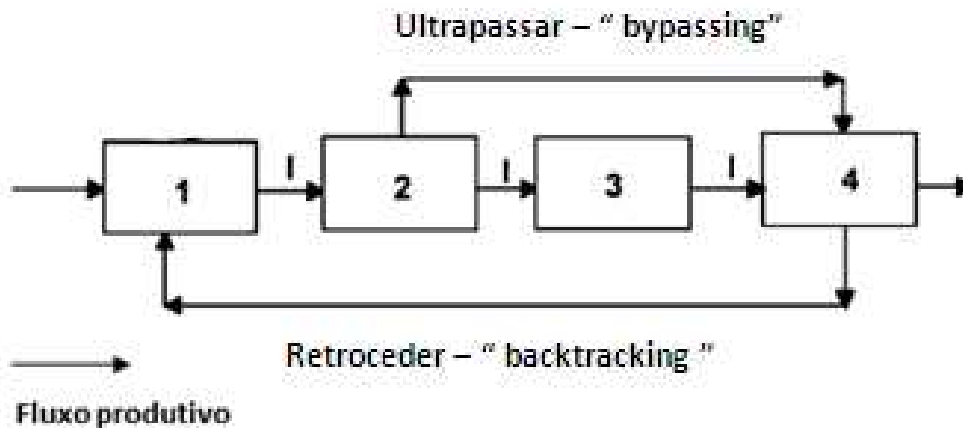


Figura 6 – Processo de retroceder e ultrapassar em linha produtiva.

Fonte: (Ponnambalam e Ramkumar, 2001)

O movimento denominado de ultrapassar, ocorre quando no processo produtivo, determinado produto *“salta”* um ou mais processos durante o seu movimento no sentido do fluxo da linha produtiva, em virtude de não ser necessário utilizar determinada máquina na transformação desse produto, (CHEN *et al.*, 2001).

2.7.7. Locais de *Pick-up e drop-off*

Outra das condicionantes ao planeamento de *layout* é conhecer o local de entrada e saída de materiais num determinado posto de trabalho, também denominado por pontos de *pick-up e drop-off*. Embora possam potencialmente ser localizado em vários lugares (KIM e KIM, 2000), vários investigadores restringiram a sua posição possível para reduzir a sua complexidade (DAS, 1993; RAJASEKHARAN, PETERS e YANG, 1998; WELGAMA e GIBSON, 1993). Um exemplo é dado na figura 7.



Figura 7 - Pontos de *pick-up e drop-off* de uma máquina com forma regular.
Fonte: (Dira, Pierreval e Hajri-Gabouj, 2007)

Os pontos de *pick-up e drop-off* podem gerar constrangimentos na formulação do problema de *layout* (KIM e KIM, 2000; WELGAMA e GIBSON, 1993; YANG *et al.*, 2005). Este conceito é considerado na pesquisa científica como a distância percorrida pelo material desde a saída de uma máquina até à entrada na máquina seguinte, dentro do processo produtivo. Na tentativa de minimizar essa distância percorrida entre máquinas, é necessário considerar a área de recursos necessários para operar essa estação, denominada por área envolvente de um posto de trabalho (LACKSONEN, 1997).

2.8. Tipos gerais de *layout*

Conforme descrito na maioria da literatura científica, a disposição dos constituintes numa fábrica pode ser enquadrada num dos quatro tipos genéricos de *layouts*; posicional, por processo, por produto e celular (MUTHER, 1955).

Analogamente, HARMON *et al.*, (1991) e FRANCIS *et al.*, (1992) definem os sistemas de produção como: *layout* de posição fixa, *layout* funcional, *layout* celular e *layout* em linha. MOORE (1962), classifica os tipos de *layout* em três categorias: por processo, por produto e posição fixa, referindo que frequentemente estes são

utilizados na prática sob uma forma combinatória. Para YANG e PETERS (1997), o tipo de *layout* mais como é o *re-layout*, que envolve o re-arranjo dos equipamentos para minimizar o custo de manuseio de materiais pelo fluxo produtivo. Como já referido neste trabalho, a necessidade de um *re-layout* numa fábrica pode ser provocado por uma variedade de factores, tais como: alteração do tipo de processo produtivo, flexibilizar o processo com a necessidade de introduzir novos produtos (resultante de exigências externas), adicionar ou reposicionar equipamentos para melhorar a qualidade do produto transformado, ou ainda a segurança dos operadores. Pelo que, HUNG (1998), refere que o *layout* deverá estar sempre actualizado para manter a eficiência do espaço utilizado, bem como dos seus constituintes. As características próprias, tais como, volume, variedade de produtos ou serviços vão limitar a escolha do *layout* adequado a cada instalação. Segundo SLACK *et al.*, (1997) a decisão de escolha pelo tipo de *layout* a adoptar, passa pela ponderação dos factores de decisão, com consequente avaliação das vantagens e desvantagens de cada um.

Neste âmbito MUTHER (1978), refere que devem ser ponderados factores tais como, os produtos e o(s) tipo(s) de disposição que mais se adaptam, pois a fábrica poderá não ter apenas uma disposição ideal, mas a combinação de dois ou mais tipos.

2.8.1. Layout posicional

Segundo SLACK *et al.*, (1997) o *layout* posicional caracteriza-se pelo produto estático ou seja, operários, equipamentos e ferramentas movimentam-se pela área de montagem, ou transformação do produto. A razão para este facto incide basicamente na tipologia do produto, que devido as suas características (normalmente, peso e volume), não pode ser manuseado de forma fácil e prática, sem acarretar elevados custos de movimentação, o que se revelaria incomportável para o processo. Como exemplos de aplicação prática deste tipo de *layout*, temos, a indústria naval, aeronáutica, aeroespacial, etc. Um dos constrangimentos neste tipo de disposição é a organização dos recursos de transformação, como a mão-de-obra, equipamentos e instalações na área de montagem.

Como referido por MUTHER (1978), no *layout* posicional o objectivo de minimizar as deslocações incide sobre operadores, ferramentas e máquinas em detrimento do material, sendo que o planeamento das operações ganha especial importância.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none">• Fluxo de operações e responsabilidade pelos resultados• Flexibilidade no processo, rapidamente adaptável a mudanças do produto e volume de produção• Movimentação do material reduzido	<ul style="list-style-type: none">• Custos de movimentação de operadores e materiais elevado• Necessidade de áreas de implantação com dimensões elevadas• Requer investimento em duplicação de equipamentos• Especialização de mão-de-obra elevada• Necessidade de supervisão constante• Requer elevado planeamento e produção sincronizada

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens do *layout* posicional.

Fonte: (Tompkins *et al.*, 1996 e Slack, 2002)

2.8.2. *Layout* por processo

O *layout* por processo caracteriza-se por agrupar várias máquinas que executam tarefas ou operações similares em departamentos diferentes.

SLACK *et al.*, (1997) refere que as necessidades e conveniências dos recursos transformadores que constituem o processo neste *layout*, dominam a decisão sobre a disposição física, ou seja, neste tipo de *layout*, processos com necessidades similares estão aglomerados para que os recursos de transformação sejam beneficiados. Isso significa que quando os produtos e informação fluírem através da operação, estarão a percorrer o fluxo do processo de acordo com as suas necessidades. Quanto ao processo produtivo, a característica do *layout* por processo é a produção de uma grande variedade de produtos, que resulta em pequenos lotes de produção. Essa produção é normalmente feita por encomendas específicas de clientes. Geralmente, este *layout* é utilizado quando existem alguns produtos não-similares a serem produzidos e/ou quando ocorrem rápidas mudanças no tipo ou volume de produção (FRANCIS *et al.*, 1992).

Segundo KRAJEWSKI e RITZMAN (1999) o *layout* por processo é usado quando o volume de produção do mesmo produto não é suficiente para justificar o *layout* celular ou por produto.

Este tipo de *layout* torna-se útil para obter fluxos flexíveis dos diversos tipos de produtos. A disposição física é frequentemente usada quando uma operação deve intermitentemente produzir diferentes produtos ou agilizar a entrega dos produtos aos clientes.

A disposição de *layout* por processo, por norma provoca um elevado stock de produtos em *WIP*, além de necessitar de grandes áreas de implementação e provocar grandes movimentações de materiais para que os prazos de produção sejam cumpridos, exigindo supervisão constante e elevado planeamento (FRANCIS *et al.*, 1992).

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade na distribuição de equipamentos e operadores dentro do mesmo grupo; • Produção nas estações de trabalho, independentes do fluxo, não penaliza a linha de montagem; • Menor influência de paragens de máquinas no processo produtivo; • Sistemas flexíveis de trabalho quanto aos prazos de entrega ao cliente; • Equipamento de uso geral a preço mais reduzido; • Supervisão especializada por processo de fabrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxos produtivos complexos, vários pontos de inversão e de acumulação; • Elevado nível de produtos em curso de fabrico; • Dificuldade na coordenação e planeamento da produção; • Custo elevado com manuseio de materiais; • Mão-de-obra especializada de alto custo; • Elevado custo de supervisão; • <i>WIP elevado;</i> • <i>Longos lead time;</i> • Dificuldade na identificação das causas de defeitos; • Dificuldade na implementação de melhorias devido ao fluxo irregular do processo.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do *layout* por processo.

Fonte: (Monks, 1987)

2.8.3. *Layout* por produto

O *layout* por produto caracteriza-se pela disposição do processo de acordo com a sequência da transformação do material. O fluxo de materiais encontra-se encadeado directamente de uma estação de trabalho para outra. Por norma o encadeamento é feito por um dispositivo de manuseio de materiais, existindo para o efeito uma forma que dita o ritmo da transferência de materiais entre os processos (DAVIS *et al.*, 2001).

O *layout* por produto destina-se a ser implementado quando existem condições para uma produção elevada, sendo que habitualmente as máquinas não são compartilhadas por diferentes produtos.

Ao se alocarem processos de acordo com a sequência de produção dos produtos, reduz-se de forma drástica as distâncias e as movimentações entre as diferentes operações produtivas (FRANCIS *et al.*, 1992). Quando o volume de produção é grande, especialmente nos casos de linhas de montagem, o *layout* é denominado de “produção em massa” e essa linha, geralmente, organiza-se pela sequência do processo necessária para produzir um único produto ou uma combinação regular de produtos em quantidade elevada.

Segundo KRAJEWSKI e RITZMAN (1999), os materiais fluem de uma forma adjacente de uma estação para outra, proporcionando um fluxo de produção contínuo, sendo os recursos ajustados ao longo da linha de produção. O *layout* orientado por produto, caracteriza-se por fluxos produtivos contínuos, permitindo a disposição das estações de trabalho sob diferentes formas; linha, circular, em serpentina, em L, U, S, (FRANCIS *et al.*, 1992).

Segundo TOMPKINS *et al.*, (1996), o *layout* por produto, proporciona um fluxo produtivo simples e lógico, com baixo *WIP* e pouca movimentação das partes envolvidas no processo, permitindo diminuir tempos improdutos.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> • As sequências das operações resultam em linhas de fluxo planas e lógicas; • A produção de uma máquina alimenta a próxima, tendo como resultado pequenos stocks intermédios; • O tempo de produção total é reduzido; • A disposição de máquinas minimiza distâncias entre operações; • Reduzido manuseio de material; • O planeamento da produção é simples e os sistemas de controlo de qualidade são facilitados; • Necessidade de mão-de-obra pouco especializada. 	<ul style="list-style-type: none"> • O processo produtivo é inflexível; • Equipamento específico com custos de aquisição elevado; • Operações interdependentes; • Paragem de uma máquina provoca a paragem da linha produtiva; • Necessidade supervisão constante; • Elevado sincronismo entre tempos de produção de máquinas.

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens de *layout* por produto.

Fonte: (Tompkins *et al.*, 1996 e Monks, 1987)

2.8.4. Layout celular

Neste tipo de *layout* um grupo de máquinas forma uma célula, onde uma parte de um componente ou família de componentes pode ser processada numa máquina.

Cada célula por norma é autónoma, dispondo das próprias ferramentas e meios de movimentação de materiais.

Segundo SLACK *et al.*, (1997) o *layout* celular é definido como aquele em que os componentes de um produto são pré-selecionados para serem transformados numa parte específica do processo, na qual os recursos transformadores se encontram disponíveis numa estação específica para o efeito. Após essa operação todos os componentes são encaminhados para a(s) área(s) de montagem.

Segundo KRAJEWSKI e RITZMAN (1999), componentes distintos podem ser agrupadas em famílias baseadas em processos de transformação similares, sequência de fabrico, pela natureza do material, pela necessidade de ferramentas e forma de manuseio semelhante.

Para FRANCIS *et tal.*, (1992) a produção sob instalações que utilizam o *layout* celular, representam uma alternativa à forma de organização do tradicional modelo de *layout* por processo. O *layout* celular caracteriza-se por reduzir o *lead time*, os inventários, os custos e promover a qualidade dos produtos fabricados.

VANTAGENS	DESvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Criação de grupos multifuncionais e visão de produto; • Elevada taxa de ocupação de equipamentos; • Controlo do sistema e confiabilidade dos prazos de entrega; • Flexibilidade no processo; • Baixo stock; • Fluidez do processo produtivo; • Controlo de custos; • Melhoria na qualidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada supervisão do processo produtivo; • Nível elevado de mão-de-obra especializada; • Fluxo produtivo total, condicionado pela dependência das células individuais de trabalho; • Reduzida possibilidade de utilizar os equipamentos para rápidas produções especiais; • Requer elevada supervisão.

Tabela 4 – Vantagens e desvantagens de *layout* celular.

Fonte: (Tompkins *et al.*, 1996)

Capítulo 3

Flexibilidade e Eficiência

3. Flexibilidade e eficiência

3.1. Flexibilidade do processo produtivo

De uma forma geral, a flexibilidade pode ser interpretada como uma característica que relaciona um sistema ao meio envolvente, através do grau de controlo de equilíbrio interno e a eficiência dinâmica, com a capacidade de adaptação ou mudança. No que concerne à produção de forma directa, a flexibilidade é caracterizada pelos estados que a mesma pode alcançar tendo em conta, o tempo e o custo, como consequência da grande variedade e incerteza na procura.

O termo flexibilidade de processos produtivos é definido na literatura científica, como a capacidade de um sistema se adaptar às mudanças do meio envolvente (SETHI e SETHI, 1990; GUPTA e GOYAL, 1989). Essa adaptação, implica modificar processos e configurações de produtos em curto espaço de tempo e/ou reduzido custo nessas adaptações (SLACK, 1987; UPTON, 1994; VAN DIJK, 1995).

Flexibilizar processos para responder rapidamente às necessárias mudanças da procura dos mercados tem sido considerada como um dos principais desafios na gestão de produção nos últimos anos (BORDOLOI *et al.*, 1999; BARNES-SCHUSTER *et al.*, 2002). Verifica-se que os mercados industriais têm sido cada vez mais sujeitos a mudanças frequentes sobre a variedade de produtos e volume de encomendas (BAYUS e PUTSIS, 1999; JACK e RATURI, 2002). Considerando o exposto, na maioria dos casos os clientes não aceitam pagar preços mais elevados ou que os prazos de entrega sejam dilatados, pelo que o desafio, é como flexibilizar o sistema sem qualquer penalidade para a qualidade, custo, entrega ou desempenho (BOYNTON *et al.*, 1993; SUAREZ *et al.*, 1996).

De acordo com BORDOLOI *et al.*, (1999) e BARNES-SCHUSTER *et al.*, (2002), a necessidade de flexibilizar processos produtivos tem crescido devido a pressões para responder às necessidades das exigências dos mercados e à redução dos ciclos de vida dos produtos. Segundo estudos desenvolvidos por WESTBROOK (1999), a volatilidade dos mercados resulta de exigências no aumento dos níveis de personalização dos produtos exigidos pelos clientes. MENDELSON e PILLAI (1999) referem que no período entre 1988 e 1995 verificou-se uma diminuição de 9,4% da duração dos ciclos de vida dos produtos em diversos segmentos da indústria, que segundo KEKRE e SRINIVASAN (1990); KARUPPAN e GANSTER (2004), estas tendências afectam os requisitos da produção, quer em novos produtos como em volume de produção. Segundo PAGE (1991), em média 40% das vendas de uma empresa vêm de novos produtos, pelo que a mudança na diversidade de produtos provoca alterações no fluxo produtivo.

Para BUZACOTT e MANDELBAUM (1985); GUPTA e GOYAL (1989) a flexibilidade produtiva é a capacidade de um sistema de produção lidar com novas circunstâncias ou instabilidade causadas pelo meio externo onde operam. COX (1989) refere-se a flexibilidade industrial, como a rapidez e a facilidade com que as instalações industriais conseguem responder a alterações nos mercados. Adoptando uma visão operacional, NAGARUR (1992) define a flexibilidade como a capacidade do sistema se ajustar rapidamente a qualquer mudança relevante, no que respeita a produto, processo e máquinas. De uma forma complementar, UPTON (1994) refere-se a flexibilidade industrial como a capacidade das empresas em alterar ou reagir a imprevistos, em pouco tempo, custo ou esforço.

Dentro dos estudos realizados sobre este tema, os mais comuns definem, critérios objectivos para caracterizar os tipos de flexibilidade em diferentes elementos de um sistema de produção, que podem ser classificados em dois grupos.

O primeiro grupo envolve estudos de autores como BROWNE *et al.*, (1984); SETHI e SETHI (1990) e GERWIN (1993), os quais classificam a flexibilidade produtiva como a capacidade para executar alterações nos vários elementos físicos dispostos numa instalação industrial, tais como: máquinas, materiais; assim como no processo: quantidade, volume e fluxo produtivo, ao mais baixo custo e no menor tempo possível.

O segundo grupo referido por SLACK (1987); BARTEZZAGHI e TURCO (1989); SUAREZ *et al.*, (1991) e CHEN *et al.*, (1992), defendem que a flexibilidade de um sistema produtivo pode ser dividida em três tipos, ou seja; volume, onde a flexibilidade é a capacidade da produção se ajustar à possível necessidade de diferentes volumes de produtos; variabilidade, sendo a capacidade para alterar a variedade de produtos produzidos num determinado período e a flexibilidade do produto, sendo a capacidade do sistema produtivo criar novos produtos, ou modificar os já existentes. Outros conceitos tais como flexibilidade de prazos de entrega (SLACK, 1987) e flexibilidade de expansão de unidades industriais (CHEN *et al.*, 1992), foram também desenvolvidos.

Segundo LENZ (1992) a flexibilidade nem sempre significa uma solução económica, pelo que CORRÊA (1994) refere que sem uma direcção estratégica clara no que diz respeito à produção, a implementação de esforços para flexibilizar processos pode tornar-se uma solução cara na tentativa de resolver um problema.

COLLINS e SCHMENNER (1993) desenvolveram um modelo de flexibilidade para fornecer uma resposta à necessidade de atender à crescente exigência de flexibilidade, sem grandes custos, perda de qualidade, ou influência nos prazos de entrega.

Os autores referem que as competências de flexibilidade podem ser alcançadas através da implementação de conceitos de simplicidade e disciplina nas operações, fornecendo como exemplos, a racionalização de informações, fluxo de processos de materiais e redução da complexidade das operações. Para tal apontam a necessidade de implementar iniciativas, tais como: tornar os produtos modulares, implementar um *layout* celular, diminuir o manuseio de materiais, reduzir stocks, melhoria da informação com fornecedores e aumentar a visibilidade do fluxo produtivo.

Quanto à disciplina, apontam a organização de materiais, a melhoria no processamento da informação pela fábrica, melhorar as acções de manutenção preventiva, implementar acções de melhoria contínua no processo e o controlo de qualidade, como medidas a tomar para flexibilizar o processo produtivo.

Na tabela seguinte são apresentados diferentes tipos de flexibilidade possível dentro do sistema produtivo.

Tipo de flexibilidade	Definição
Máquinas	Facilidade de realizar as modificações necessárias para produzir um determinado conjunto de peças;
Processo	Capacidade de produzir um determinado conjunto de peças, utilizando diferentes materiais de diferentes formas;
Produto	Capacidade de produzir novos produtos de forma económica e rápida;
Adaptação	Capacidade de contornar avarias e continuar a produzir um conjunto de peças
Volume	Capacidade de produzir em diferentes volumes/níveis de produção;
Expansão	Capacidade de construir um sistema, expandi-lo se necessário, de forma fácil e modular;
Operações	Capacidade de alterar a ordem das operações para cada peça;
Produção	Variedade de tipos de peças que um sistema pode produzir.

Tabela 5 – Classificação de tipos de flexibilidade na produção
Fonte: Browne *et al.*, (1984)

3.2. A necessidade de flexibilidade

Observando o processo produtivo de uma instalação industrial, verifica-se uma vasta gama de factores que justificam a flexibilidade dos sistemas produtivos. Segundo FRAZELLE (1986) a necessidade de flexibilidade, justifica-se de forma a manter a competitividade num ambiente de negócios em constante mudança e cita questões actuais, como uma rápida diminuição do ciclo de vida dos produtos, o aumento da concorrência, a crescente procura de novos produtos, a introdução de novos materiais e processos produtivos.

Para GUPTA e SEIFODDINI (1990) um terço das empresas da actualidade são submetidos a uma grande reorganização das instalações de produção a cada 2 anos de existência, justificando desta forma a necessidade de criar instalações e processos flexíveis.

SLACK (1983) refere a instabilidade e imprevisibilidade dos mercados, a evolução de tecnologias de produção, o alargamento de metas de produção e problemas associados à competitividade, como justificativo para a necessidade de flexibilidade.

Numa perspectiva organizacional, GUNNIGLE e DALY (1992) referem a necessidade de flexibilidade nos meios industriais, com o necessário aumento de produtividade para diminuir custos unitários, sendo uma necessidade para a organização adaptar a estratégia de produção para responder a incertezas nas flutuações dos preços de energia, taxas de juro e inflação.

Verifica-se que cada tipo de incerteza, por sua vez requer um diferente tipo particular de flexibilidade a adoptar. GERWIN (1987) elaborou uma correspondência entre tipos de incerteza com o tipo de flexibilidade a implementar, conforme descrito na tabela 6. Para CORRÊA (1994) a incerteza da procura pelos mercados e variabilidade dos produtos são as duas principais razões para a necessidade de flexibilizar processos.

Esses dois factores podem ser traduzidos em tipos de mudança operacional e podem ainda ser classificados de acordo se a necessidade de mudança é planeada ou não. Mudanças não planeadas, tanto de origem interna, tais como, paragem de máquinas por avaria, disponibilidade de mão-de-obra, redução de qualidade no produto, ou ainda externa, assim como, variabilidade de procura, diminuição de ciclos de vida dos produtos, diminuição de prazos de entrega, são referidos como estímulos, isto é, o requisito para a flexibilidade.

Neste pensamento, HYUN e AHN (1992) destacam quatro factores para fundamentar a necessidade de flexibilidade numa organização; incerteza reactiva interna, incerteza reactiva externa, incerteza proactiva interna e incerteza proactiva externa.

Na tabela seguinte é apresentada uma correspondência entre cada tipo de flexibilidade com a incerteza que a pode justificar.

Tipo de flexibilidade	Definição
Variabilidade	Aceitação de novos produtos pelos consumidores;
Produto	Ciclo de vida do novo produto;
Modificação	Valorização de novos atributos pelos consumidores;
Adaptação	Tempo de paragem de máquinas;
Volume	Quantidade nas encomendas;
Material	Padronização das matérias-primas;
Programação	Tempo de entrega das matérias-primas pelos fornecedores.

Tabela 6 - Associação de tipos de flexibilidade com incerteza.

Fonte: Gerwin (1987)

3.3. Flexibilidade de Máquinas

Os sistemas flexíveis de produção, *FMSs (flexible manufacturing systems)*, desempenham um papel crucial nas complexas e modernas linhas de produção. Estes sistemas são geralmente constituídos por um grupo de máquinas capazes de realizar um número de diferentes operações interligadas por meio de um mecanismo automático de peças, transporte e manuseamento de materiais. Um factor importante na concepção de um *FMS* é a determinação de um *layout* eficaz de máquinas, ou seja, uma disposição ideal no espaço da fábrica de modo a proporcionar um funcionamento eficiente do processo produtivo (KUSIAK e HERAGU, 1987). A disposição das máquinas tem um impacto significativo para o custo de produção através do tempo de processamento e da taxa de transferência do sistema produtivo, influenciando a produtividade global do sistema de produção flexível (KUSIAK e HERAGU, 1987; MELLER e GAU, 1996).

Desta forma verifica-se que sistemas de produção flexíveis, *FMSs*, são muitas vezes utilizados em ambientes dinâmicos, capazes de se adaptarem a incertezas, tal como a flutuação no volume de encomendas. Um sistema de *layout* flexível de máquinas permite responder de forma eficiente a requisitos dinâmicos e incertos, o que se torna importante para alcançar um sistema adaptado, capaz de tornar vantajosa a relação custo-benefício. Além disso, um sistema de produção flexível é geralmente equipado com máquinas, ferramentas e sistemas de manuseio de materiais automatizados, que acarretam elevados custos de investimento. Desta forma um *layout* flexível de máquinas, revela-se necessário para garantir um bom desempenho e assim criar os benefícios necessários para justificar o investimento realizado (YANG e PETERS, 1996).

GERWIN (1993) define flexibilidade da uma máquina como a capacidade da mesma comutar a produção de tipo de produto, com tempo e custo reduzido.

O problema de *layout* flexível de máquinas, *FMLP (flexible machine layout problem)* envolve a programação de um projecto de *layout* de máquinas sobre uma forma de planeamento com a possibilidade de re-distribuição, caso necessário. Os *layouts* desejados apresentam flexibilidade de duas maneiras: através da robustez para mudanças nos requisitos de produção e através da capacidade de adaptação do *layout* para estas novas exigências.

3.3.1. Layout Robusto

Um *layout* robusto é aquele que consegue responder eficazmente a um grande número de cenários de produção, onde a lógica de concepção favorece um *layout* satisfatório em detrimento da procura incessante por um *layout* óptimo. Neste tipo de

layout a sua implementação tende a escolher a alternativa que parece ficar mais frequentemente perto da solução óptima, visto que a solução óptima não é atingível, (KOUVELIS *et al.*, 1992).

BRAGLIA *et al.*, (2003), referem que um *layout* robusto é alcançado ao se optar por uma alternativa que se comporte eficientemente bem na maioria das vezes mesmo que ocorram variações no volume e tipo de produtos. Para BENJAAFAR e SHEIKHZADEH (2000); LAHMAR e BENJAAFAR (2005), ter um *layout* robusto é ter um *layout* flexível.

SHORE e TOMPKINS (1980); BALAKRISHNAN e CHENG (2009) utilizaram o critério de custo de penalização para qualificar *layouts* robustos. Segundo os autores, dado um conjunto de cenários e a sua probabilidade de ocorrência, podem ser calculados os custos de penalização para cada tipo de *layout* flexível. Desta forma é considerado mais robusto o *layout* com menor número esperado de penalizações para o processo produtivo. ROSENBLATT e LEE (1987) estabelecem como critério para adoptar um *layout* robusto o ambiente de incerteza no qual o valor exacto da probabilidade de ocorrência de diferentes cenários é desconhecido. Segundo os autores, mediante o cenário de incerteza é melhor escolher uma alternativa de *layout* que se comporte bem em todos os cenários, em detrimento de uma alternativa óptima para um cenário (que pode eventualmente não ocorrer) e se revele mau, nos cenários possíveis de ocorrência.

3.3.2. *Layout* Dinâmico

O *layout* dinâmico é aquele que apresenta um bom desempenho ao longo do tempo, conseguindo promover alterações, adequando-se eficazmente a flutuações no fluxo de materiais que muda ao longo de vários períodos. No *layout* dinâmico, têm-se em conta as previsões a médio/longo prazo tentando alcançar o melhor *layout* em cada período, prevendo a frequência com que esse *layout* deve mudar. Assim, é realizada uma avaliação de custo-benefício em múltiplos períodos, entre o aumento do fluxo de materiais no processo produtivo e os custos do *re-layout*. A este respeito, o horizonte de planeamento é geralmente dividido em períodos que podem ser definidos em semanas, meses ou anos, sendo que para cada período, o fluxo de dados estimados deverá permanecer constante. A figura 8 mostra uma instalação com seis departamentos de tamanho igual a serem dispostos em cada um dos quatro períodos no horizonte de planeamento, com o objectivo de determinar o melhor *layout* para cada período nesse horizonte de planeamento. Para tal, deve ser feita a ponderação entre a soma de custos de manuseamento de material, com a soma dos custos de *re-layout* entre os vários períodos de tempo, por forma a determinar qual o melhor

layout para um determinado cenário (BALAKRISHNAN, CHENG, CONWAY *et al.*, 2003; BAYKASOGLU, DERELI e SABUNCU, 2006).

1	2	3	6	4	1	3	5	6	2	1	5
4	5	6	2	5	3	1	4	2	3	6	4
Período 1			Período 2			Período 3			Período 4		

Figura 8 - Evolução de *layout* em quatro períodos.

Fonte: Diraa, Pierrevala e Gaboujb, (2007)

Operacionalmente, a análise de *layouts* dinâmicos utiliza uma correspondência de-para e um vector de custos associados à mudança nos diferentes períodos, (ROSENBLATT, 1986; MONTREIL e VENKATADRI, 1991; LACKSONEN, 1997; BALAKRISHNAN e CHENG, 1998).

3.3.3. *Layout* reconfigurável

KOCHAR e HERAGU (1999) referem que o *layout* reconfigurável é um modelo de disposição de máquinas utilizado na área de trabalho e serviços, quando não é possível planear o fluxo de materiais num longo período de tempo. São considerados elementos como a alteração da procura e a variedade de produtos, gerando adaptações de fluxo de materiais e conseqüentemente adaptações na adjacência entre máquinas de um período para outro. Pelo que neste tipo de *layout* são introduzidas as alterações necessárias à disposição actual com intuito de minimizar o custo da movimentação de materiais e os custos de *re-layout*, resultando assim o novo *layout* para as condições actuais.

De acordo com MENG *et al.*, (2004), o *layout* reconfigurável diferencia-se do robusto e do dinâmico nos casos da sua aplicação, onde é assumido que os dados de produção apenas estão disponíveis para o período actual e para o próximo período de produção. Esta designação dos autores surge da observação da sequência de processamento de materiais e dos tempos de chegada dos produtos ao sistema de produção actual, onde são gerados *layouts* candidatos e matrizes de distância para cada *layout* candidato. Para cada *layout* são calculadas as medidas de desempenho estimadas, tais como, os custos de movimentação de materiais e de *re-layout*, o tempo médio em fila de espera e o *WIP*. O *layout* final é escolhido através da ponderação dos custos associados ao *WIP*, movimentação de materiais, penalização por atraso e *re-layout*.

3.4. Factores para determinar a eficiência de um *layout*

Modelos de medição de desempenho são importantes para apoiar a decisão de resolução de vários problemas que possam surgir durante o ciclo de vida do *layout* das instalações produtivas. Vários autores referem que os modelos de medição de eficiência de *layout* têm uma grande importância em fases do processo produtivo, nomeadamente no planeamento e controlo da produção. Vários modelos e considerações são sugeridos na literatura científica, como factores de medição de desempenho de *layout*, de entre as quais se destacam: o custo de manuseamento de materiais, flexibilidade de *layout*, taxa de utilização da área da instalação e proximidade de equipamentos, os quais revelam ter um contributo importante para a eficácia do *layout*.

MALAKOOTI e D'SOUZA (1987) acrescentam que a flexibilidade, taxa de produção e custo de manuseio de materiais, *MHC (material handling cost)*, são factores decisivos na avaliação da eficácia de *layouts*.

Os factores aqui apresentados foram desenvolvidos tendo em vista os objectivos de um *layout* que incluem, minimização do custo de manuseio de materiais (*MHC*), melhoria da flexibilidade do *layout*, rentabilização da área disponível de uma forma eficaz e redução do tempo necessário de produção, resultando na melhoria do processo produtivo, com vista a aumentar a produtividade (RAMAN, 2006).

3.4.1. Flexibilidade de *layout* de instalações

Como anteriormente referido, a flexibilidade é um factor importante para o desempenho das empresas no mercado actual. A flexibilidade pode ser definida como a capacidade com que uma empresa produtiva responde rápida e eficazmente num reduzido espaço de tempo, custo e esforço no desempenho de lidar com as incertezas e alterações às necessidades dos clientes (TSOURVELOUDIS, 1998 e KOSTE, 1999). A flexibilidade de produção pode ser dividida em vários tipos, que incluem a modificação de volume, diversidade de produtos, expansão, operação, adaptação do processo de trabalho, máquinas e movimentação de materiais, (KOSTE e PARKER, 1999).

A flexibilidade de *layout* de instalações *FLF (facilities layout flexibility)* tem ganho relevo no contexto económico actual, pois verifica-se uma mudança de método tradicional de produção em massa para um novo paradigma (personalização e diversidade de produtos) de novos processos em massa, o que exige adequada flexibilidade de produção numa empresa.

FLF é definida como a capacidade de um *layout* suportar várias mudanças que surgem a partir de necessidades externas (clientes) e provocam distúrbios internos (empresa) em termos de custo e tempo (WEBSTER, 1980 e YANG, 1998). Vários autores têm-se debruçado sobre a concepção de *layouts* flexíveis, surgindo desta forma um conjunto de matrizes de diferentes fluxos para representar as variações na procura de novos produtos e a sua influência na variação dos tempos de produção (WEBSTER, 1980 e ROSENBLATT, 1987). É referido que um *layout* com menor custo de movimentação de materiais (*MHC*) dentro de um variado conjunto de cenários é seleccionado como o *layout* mais flexível (WEBSTER, 1980 e BULLINGTON, 1987).

No entanto, ROSENBLATT e LEE (1987) referem que o *layout* mais flexível é aquele cujo *MHC* permanece dentro de um *MHC* pré-definido ideal, para um maior número de cenários de procura.

MALAKOOTI e D'SOUZA (1987), definem a flexibilidade como a facilidade com que os departamentos e instalações podem ser organizados dentro da área produtiva e medem a flexibilidade do *layout* em termos de volume de fluxo com base na relativa proximidade entre os departamentos/instalações. Ainda para YANG e PETERS (1998), a flexibilidade do *layout* pode ser expressa de duas maneiras; através da robustez do *layout*, ou seja, através da avaliação do custo para a variação de produtos e através da adaptabilidade das instalações para novas exigências na produção, apontando como objectivos a minimização do fluxo de *MHC* e custo de *re-layout*.

3.4.2. Utilização da área produtiva

A disposição de instalações consiste em afectar a área necessária no local apropriado para diversas actividades, nomeadamente as actividades de produção e actividades de gestão da empresa. As actividades de produção estão relacionadas com o processo produtivo e são compostos por vários elementos distribuídos por uma área, tais como: máquinas, equipamentos de movimentação de materiais *MHE* (*material handling equipment*), matérias primas e produtos acabados, entre outros. Desta forma, a área utilizada por estes elementos é definida como a área produtiva.

Em geral, o nível de utilização da área produtiva é medido apenas em termos de área livre disponível (HU e HANG, 2004). Deste modo, LIN e SHARP (1999) utilizam duas medidas para calcular a utilização da área, a taxa de área livre, que é a área livre disponível dividida pela área total disponível e a distribuição de área livre dentro do total de área produtiva. No entanto estas duas medidas podem induzir à conclusão errada de que quanto maior é a área ocupada, maior é a taxa de eficácia da área utilizada (RAMAN, 2006). Ainda segundo o autor, essas medidas não fornecem informações suficientes sobre o desempenho da utilização da área visto que os

estudos apenas se concentram nas características de área livre disponível, em vez da efectiva necessidade da área utilizada. Isto é, nem toda a área utilizada no processo produtivo pode corresponder à boa e necessária utilização da mesma. Além disso, o cálculo da área livre disponível ajuda a avaliar a possibilidade de expansão futura, mas não avalia convenientemente a utilização da área. Assim, uma verdadeira avaliação de utilização pode ser conseguida através da medição da eficácia com que a área é utilizada pelos vários constituintes. RAMAN (2006) refere que a correcta medição da utilização da área produtiva *PAU (productive area utilisation)* é importante para determinar a eficácia de um *layout*. Desta forma o autor refere que *PAU* deve ser medido similarmente ao conceito de produção enxuta (*lean manufacturing*) no que respeita à redução de desperdícios. No conceito de gestão *lean*, as actividades que não representam valor acrescentado, as denominadas de desperdício, tendem a ser eliminadas, sendo que de uma forma análoga, RAMAN, NAGALINGAM e LIN (2006) referem que a área produtiva utilizada pelos vários departamentos no processo produtivo deve ser medida com um valor, seguindo o conceito de avaliar se a área utilizada representa uma mais valia para o processo, ou não. Desta forma as áreas que se revelem não representar valor acrescentado devem ser reestruturadas a fim de reduzir o total de área utilizada. No entanto este conceito não deve ser aplicado de uma forma simplista, ou seja, da mesma forma que o transporte de material no conceito *lean* é considerado como desperdício mas não é eliminado devido à importância para o processo, também na ponderação da área necessária devem ser atendidos factores que justifiquem a necessidade de áreas consideradas supérfluas, tais como; área de stock intermédio no processo produtivo, área necessária para operar uma máquina, etc. RAMAN (2006) refere que o valor para medir a eficácia de *PAU* deve ser representado utilizando uma escala de 0 e 1, pelo qual as células ou departamentos são avaliados segundo a existência ou não de área inutilizada ou supérflua. Com base neste critério o *layout* que apresentar o maior valor de *PAU* é referido como a instalação com o *layout* mais eficaz em relação à utilização da área disponível.

3.4.3. Proximidade de instalações

Segundo RAMAN, NAGALINGAM e LIN (2006) um dos factores para medir a eficácia da disposição das instalações é a avaliação segundo o *MHC*. Desta forma YAMAN *et al.*, (1993) e MAK *et al.*, (1998) referem que um *layout* eficaz é aquele que apresenta a menor distância entre os vários processos, tendo os autores desenvolvido um método heurístico, baseado no objectivo de minimizar *MHC*. Recentemente CHAN *et al.*, (2006) criou um algoritmo genético baseado na disposição de máquinas na área produtiva, com o objectivo de minimizar tanto o movimento de materiais intra-celular e inter-departamental.

Em todas essas abordagens os autores na procura de um *layout* eficaz, tentam dispor os departamentos e instalações mais próximos uns dos outros atendendo à quantidade de interação entre eles. Para tal, os autores com base em elementos, tais como, produção, sequência de operações, quantidade de procura e tamanho de lote, determinam a distância necessária entre processos e operações, de forma a ajustar eficazmente o *layout* às necessidades da instalação e respectivo processo.

Ao dispor os departamentos com grande taxa de interactividade próximos, referem que pode ser conseguida uma redução significativa no movimento total dentro da fábrica. Consequentemente, a redução de movimentação minimiza o tempo de produção e *MHC*, que são dois dos objectivos de um *layout* eficaz (FRANCIS e WHITE, 1992).

A figura seguinte representa um esquema relacional entre os factores anteriormente abordados e que segundo os autores condicionam a eficácia do *layout* industrial.

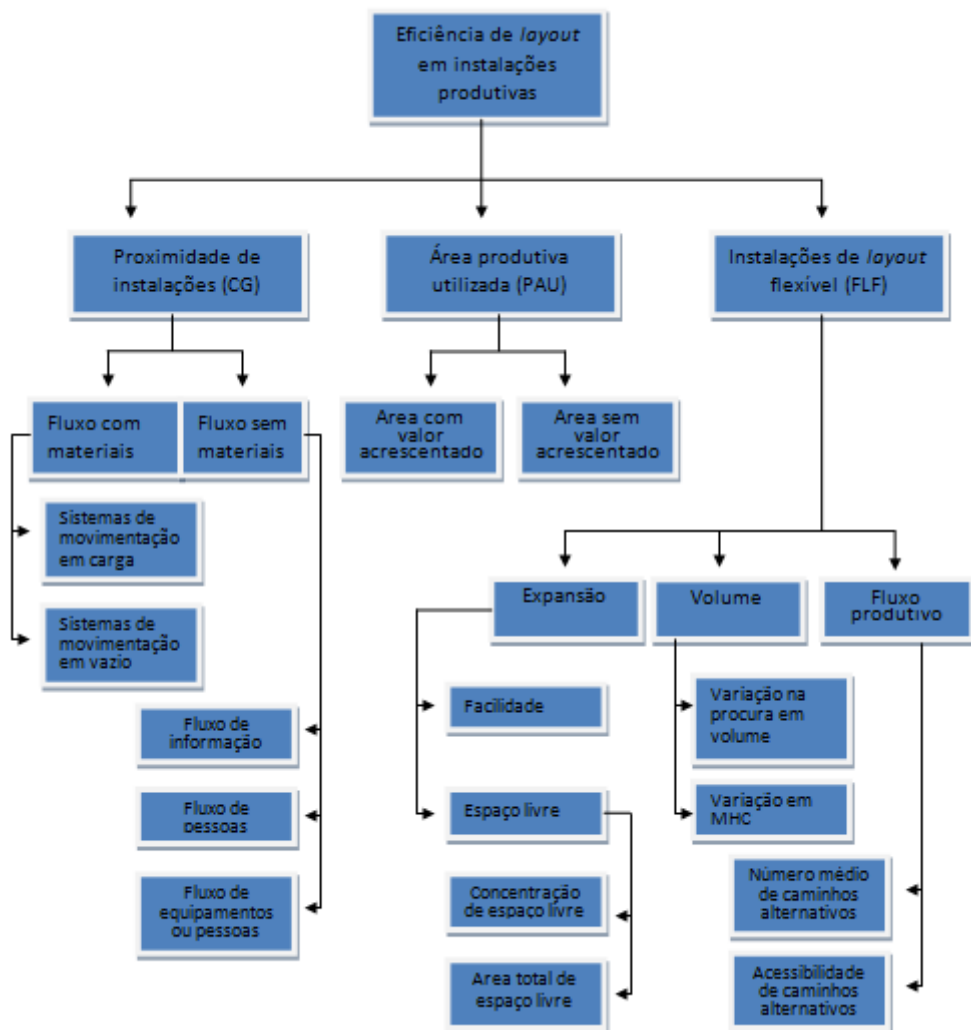


Figura 9 – Factores para medição de eficácia de *layout*.

Fonte: Raman, *et al.*, (2009)

3.5. Layout na aplicação do conceito *Lean manufacturing*

3.5.1. Conceito *lean*

Acrescidos desafios promovidos pela concorrência global durante as últimas décadas levaram a que muitas empresas industriais adoptassem novas práticas de produção (HALL, 1987; MEREDITH e MCTAVISH, 1992). De entre as mais comuns, encontra-se o conceito de produção magra, também denominada de *lean manufacturing* (WOMACK e JONES, 1996; WOMACK *et al.*, 1990). A produção magra é considerada uma abordagem multi-dimensional que abrange uma grande variedade de práticas de gestão, num sistema integrado, incluindo; *just-in-time*, *Kaizen* (melhoria contínua), *TPM* (*total productive maintenance*), *MRP* (gestão de stock's), *TQC* (*total quality control*), etc.

O principal objectivo do conceito *lean* é a unificação destas práticas, de forma a criar um sistema de alta qualidade que possa produzir ao ritmo das necessidades do cliente, com o mínimo desperdício possível no processo, (LEWIS, 2000; CHASE *et al.*, 2006). Segundo estudos desenvolvidos por HINES *et al.*, (2004), com base em publicações de WOMACK e JONES (1996), refere que as práticas *lean manufacturing* podem ser divididas sobre uma forma estratégica e operacional.

Ao nível estratégico o autor refere que o conceito ajuda a compreender o valor do cliente e a identificar o fluxo de valor no processo.

Ao nível operacional, refere-se a este como um conjunto de práticas e ferramentas que levam à eliminação de desperdícios, induzindo uma melhoria contínua.

As operações de produção, seguindo o conceito *lean manufacturing*, exigem um *layout* de instalação projectado para assegurar um fluxo de trabalho equilibrado com um mínimo de *WIP*, sendo que cada estação de trabalho deve fazer parte de um processo num todo, independentemente do tipo de *layout* adoptado, promovendo o alcançar dos objectivos propostos na implementação das práticas *lean*.

3.5.2. Significado de desperdício

Desperdício é referido como todas as actividades que são realizadas e que não acrescentam valor. Estas actividades são identificadas por aquelas que consomem recursos e tempo no processo, fazendo com que os produtos disponibilizados no mercado sejam mais dispendiosos do que deveriam (BRAGLIA *et al.*, 2006). No fluxo produtivo o desperdício manifesta-se através de todas as acções, materiais e processos que não se revelam importantes e que acarretam custos para o processo, sem se

reflectirem no valor final a pagar pelo cliente (KARLSSON e AHLSTROM, 1996). Alguns exemplos dessas actividades são identificados no processo produtivo, nomeadamente; deslocações, inspecções e controlos, ajustes e acertos, armazenamento de materiais, resolução de problemas de qualidade, etc.

3.5.3. Princípios do conceito lean

O conceito de produção magra, segundo WOMACK e JONES (1996), rege-se por cinco princípios que auxiliam a gestão do processo produtivo: **i) Criar valor**, consiste na introdução de características de diferenciação do produto, face ao apresentado pela concorrência. Estas características tendem a dotar o produto de mais valias, capaz de promover a fidelização do cliente através da satisfação e ponderação dos factores custo-qualidade. A criação de valor pode ser introduzida através do preço, qualidade, prazo de entrega de encomendas, acções diferenciadoras, etc. **ii) Cadeia de valor**, é definida cadeia, como o processo pelo qual todos os produtos a serem transformados terão de passar. Desta forma para analisar o valor existente na cadeia, procura-se identificar os desperdícios existentes e que não se traduzam em valor acrescentado, tais como; tempos de processamento desnecessários, actividades inadequadas, métodos ineficientes. Dentro da cadeia de valor, podem ser identificados três tipos de actividades; as que criam valor, as que não criam valor e podem ser eliminadas e as que não criam valor mas não podem ser eliminadas. Desta forma eliminando as actividades que não criam valor, passíveis de serem eliminadas, é possível criar valor ao produto. **iii) Fluxo**, refere-se a todos os constituintes que se movimentam pela instalação, sejam estes, pessoas, materiais e informação. O objectivo é que este fluxo seja contínuo, sem que existam pontos de estrangulamento que possam implicar a paragem ou redução de actividade em determinados pontos do processo, induzindo custos acrescidos com *WIP* e *lead time* mais longos. **iv) Sistema pull**, este sistema é traduzido pelo conceito de que um produto apenas deve ser produzido quando solicitado. Neste sistema aplica-se o conceito *just-in-time*, onde apenas deve ser produzida a quantidade certa no momento certo, permitindo a redução de stock's e utilização de mão-de-obra. **v) Perfeição**, este conceito é implícito à importância da qualidade no processo e à tentativa de eliminar repetições no trabalho efectuado.

Desta forma deve-se apostar na formação dos colaboradores, instruindo os mesmos para acções, padrões e critérios de qualidade, bem como garantir um acompanhamento eficaz de todas as etapas do processo. Como tal pretende-se diminuir custos com falta de qualidade ou perfeição que podem trazer consequências penosas para a organização.

Ainda segundo Karlsson e Ahlstrom (1996) a implementação de técnicas de lean manufacturing dependem directamente da eliminação de resíduos, melhoria contínua

do processo, formação de equipas multifuncionais, zero defeitos / JIT, sistemas de informação verticais, responsabilidades descentralizadas / funções integradas e sistemas de processo *pull*.

3.5.4. Os sete desperdícios e a função do *layout* no processo

As sete categorias de desperdícios foram identificadas por TAIICHI OHNO e SHIGEO SHINGO, (1940) no decurso do desenvolvimento do *TPS – Toyota production system*. Segundo os autores as sete formas de desperdício numa unidade produtiva, que se detalham de seguida, resultam de; excesso de produção, espera, transporte/movimentações, desperdício no processo, stocks, defeitos e trabalho desnecessário.

Excesso de produção – Este desperdício é considerado o oposto do conceito *JIT*.

Produzir além do necessário, quer dizer fazer o que não é necessário, quando não é necessário, em quantidade desnecessária. O excesso de produção pode trazer algumas consequências indesejáveis para a empresa, tais como; ocupação desnecessária de recursos, consumo de materiais e energia sem que isso represente retorno financeiro para a empresa, antecipação de compras de materiais, aumento de stocks, ausência de flexibilidade no planeamento.

Espera – Refere-se ao tempo improdutivo em que mão-de-obra e equipamentos passam no fluxo produtivo. As causas mais comuns desse tempo improdutivo são: obstrução do fluxo produtivo (por avaria de máquinas, defeitos de qualidade ou acidentes), problemas de *layout* (originados por transportes excessivos), atrasos na entrega por fornecedores, sincronização de capacidade produtiva entre equipamentos e grandes lotes de produção.

Transporte e movimentação – Transporte é entendido como qualquer movimentação ou transferência de materiais dentro do processo produtivo. Os sistemas de transporte e movimentação dentro da organização provocam aumento de *WIP* e *lead time*, aumento de área utilizada na fábrica e aumento de risco de produtos com defeito devido ao seu manuseamento. De forma a reduzir os transportes requere-se a instalação de *layouts* eficazes que permitam otimizar os processos produtivos promovendo o planeamento das operações.

Desperdício do processo – Estes desperdícios referem-se a operações e a processos que não são necessários no fluxo produtivo. Um aumento de defeitos pode ser consequência de operações ou processos incorrectos. Embora todos os processos

gerem perdas, estas devem ser eliminadas tanto quanto possível, nomeadamente através da introdução de automatização, formação de colaboradores, ou ainda pela implementação de processos com *layouts* mais ágeis e que se revelem mais eficientes para o processo global.

Stocks – É entendido como um problema no processo, visto que denunciam a presença de materiais retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica.

Os stocks são vistos como uma forma de encontrar falhas operacionais no processo produtivo, visto que podem ser o resultado de uma série de acções que não acrescentam valor. As causas mais comuns de existência de stocks nas organizações são: aceitar os stocks como fazendo parte do sistema, um *layout* inadequado ao processo, elevados tempos de mudança de ferramenta, existência de gargalos ou estrangulamento no processo, antecipação da produção, problemas de qualidade, máquinas não sincronizadas com velocidade de processamento diferentes.

Defeitos – Os desperdícios associados a defeitos dizem respeito a problemas de qualidade no produto, que se reflectem em aumento de custos com inspecção, re-trabalho para substituir os artigos com defeito e acima de tudo os custos com as reclamações dos clientes, o que provoca a diminuição da produtividade. As principais causas de defeitos nos processos são: ausência de padrões de autocontrolo e de inspecção pelos operadores, ausência de padrões nas operações de fabrico, falhas e erros humanos, transporte e movimentação de materiais desnecessários.

Trabalho desnecessário - Este tipo de desperdício refere-se ao movimento ou operações que não são realmente necessárias ao processo produtivo. As principais causas de trabalho desnecessário são: operações executas isoladamente, desmotivação das pessoas, implementação inadequada de *layout*, falta de formação dos operadores, instabilidade nas operações executadas.

Desta forma, verifica-se que um *layout* adequado e eficiente pode contribuir para o alcançar dos objectivos proposta na implementação do conceito de produção enxuta.

LEE (1998) refere que o *layout* pode ser a essência de uma produção eficiente, desde que a implementação do projecto seja o resultado eficaz do ambiente que integra pessoas, serviços, produtos, informações e tecnologia.

Pelo apresentado, verifica-se que a correcta disposição das instalações pode contribuir para a melhoria dos processos produtivos, permitindo a redução de determinados factores, tais como; tempos de ociosidade, pontos de estrangulamento, *WIP*, tempos de manuseio de material, inventários no processo, *lead time* (com implementação de sistema *pull*), assim como, aumento dos índices de qualidade

(devido à melhoria no fluxo de informação), aumento da satisfação e motivação dos operários, aumento do volume de produção e da produtividade (SULE, 1994).

Capítulo 4

Método Aplicado

4. Método Aplicado

4.1. Abordagem quantitativa e qualitativa de *layout*

O conceito de *layout* de uma fábrica está relacionado com a definição da disposição mais eficiente de “*n*” departamentos indivisíveis com diferentes requisitos de área (MELLER *et al.*, 1996). Verifica-se que o planeamento de macro-espço de uma fábrica é frequentemente considerado o nível mais importante do planeamento de uma instalação sendo que este estabelece a organização fundamental da fábrica e os padrões de fluxo de materiais, com efeitos que se farão presentes a longo prazo (LEE, 1998).

Os recursos de muitas organizações são inicialmente destinados a equipamentos e instalações físicas; sendo que grande parte dos custos de produção estão relacionados com materiais, pessoas e fluxo produtivo. A importância da distribuição física de uma empresa é justificada pelas consequências futuras das decisões e do custo do *re-layout* de uma instalação.

A literatura existente sobre projecto de *layout* pode ser classificada em duas grandes categorias, sendo estas: referências baseadas em algoritmos para optimização de *layout* e referências baseadas em abordagens empíricas sem utilização de uma metodologia formal (YANG *et al.*, 2000).

Tradicionalmente, o projecto de *layout* é distinguido entre duas abordagens. A primeira refere-se a uma abordagem quantitativa, com o objectivo de minimizar o custo total de manuseio de material pelo fluxo produtivo entre departamentos de uma instalação. A segunda refere-se a uma abordagem qualitativa que visa a maximização da proximidade entre os vários departamentos de uma instalação (ARMOUR e BUFFA, 1963). Dentro desta, uma abordagem sistemática que é frequentemente utilizada é o planeamento sistemático de *layout* ou SLP (*systematic layout planning*).

Este método usa um sistema de taxas de relacionamento e procura dispor os departamentos com base na inter-relação departamental (TOMPKINS *et al.*, 1996).

Segundo FU *et al.*, (1997), um *layout* que minimize o *WIP*, também minimiza o manuseio de materiais e o *lead time* do processo

4.1.1. Abordagem quantitativa

O fluxo produtivo indica o grau de interacção entre os departamentos distribuídos pela instalação e como tal, reflecte os valores dessa interacção, que devem ser considerados no projecto de *layout*. Uma análise quantitativa usada frequentemente é a medição de viagens efectuada por pessoas, materiais,

equipamentos e ferramentas, entre os vários departamentos. A informação necessária para executar esta análise encontra-se normalmente em diversos documentos dentro de cada empresa, tais como: relações de materiais, rotas, planos de processo e diagramas de precedência.

No que respeita ao volume a produzir, este obtêm-se normalmente das previsões de produção. Combinando os dados de processo com os dados de volume de produção, é possível determinar o fluxo entre instalações. Para determinar este fluxo é geralmente usado o método **de - para**, pelo qual se obtêm o fluxo **de** uma instalação **para** outra, ou seja, o fluxo em cada direcção (dois sentidos), entre duas instalações (BUFFA, 1963).

Para o cálculo do fluxo é comum ser considerado o peso ou a quantidade unitária do equipamento de manipulação de materiais ou transporte.

Habitualmente o *layout* de instalações, segundo o fluxo pode ser ponderado de acordo com o risco envolvido e o valor do material a movimentar (YANG *et al.*, 2000).

Ainda segundo (YANG *et al.*, 2000) o processo produtivo deve ser examinado, para determinar quais as instalações que são visitadas e com que frequência, de forma a proceder à sua distribuição segundo a quantidade de fluxo entre as mesmas. Uma estimativa da procura de cada departamento deve ser considerada usando as previsões de procura dos produtos finais e a relação entre materiais.

4.1.2. Abordagem Qualitativa

O planeamento sistemático de *layout* (SLP) pode ser usado sequencialmente para desenvolver um *layout* de blocos e a partir deste obter em pormenor o planeamento de cada departamento (TOMPKINS *et al.*, 1996). Na fase de projecto de *layout* todas as informações relacionadas com processos produtivos e fluxo de materiais devem ser obtidas (WILDE, 1996). Para MUTHER (1978), o produto e a quantidade a ser produzida são os dados iniciais básicos para o desenvolvimento do planeamento sistemático de *layout*, sendo estes fornecidos pelo departamento de planeamento e pelo departamento de vendas, respectivamente. Segundo YANG *et al.*, (2000), o desenvolvimento do projecto de SLP é relativamente claro; o objectivo é identificar dentro das opções de *layout* a que mais se adequa às necessidades estabelecidas pela empresa. Este método é considerado na literatura científica uma ferramenta eficiente, que fornece directrizes para a avaliação de alternativas, permitindo chegar à melhor proposta de *layout*.

4.2. Etapas para aplicação do método SLP

Segundo (TOMPKINS *et al.*, 1996) a elaboração do projecto de *layout* é desenvolvido segundo a análise e decisão atendendo a cinco níveis diferentes, representados na Figura 2 do Capítulo 2 deste trabalho, sendo estas: rede global, área

de localização, localização específica, *layout* de construção, *layout* sectorial ou departamental e estações de trabalho. Com vista ao estudo do tema em questão e direccionando as atenções sobre o quarto e quinto nível, TOMPKINS *et al.*, (1996), refere que o método de planeamento sistemático de *layout* é dividido em três etapas, conforme estrutura da figura 10, denominadas de análise, pesquisa e selecção.

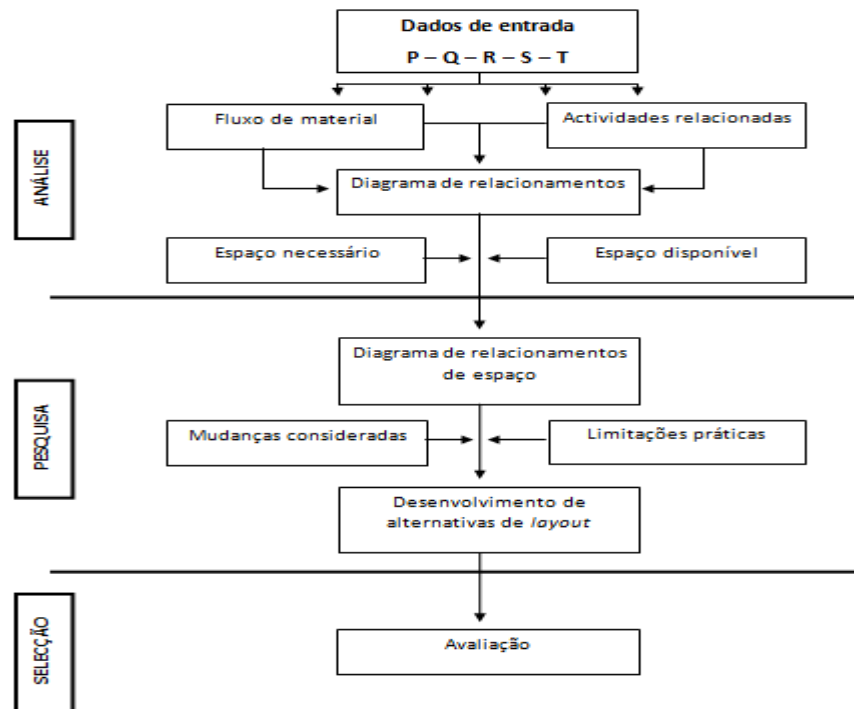


Figura 10 - Estrutura do método SLP.

Fonte: Adaptado de Tompkins *et al.*, 1996

4.2.1 Recolha e análise de dados

4.2.1.1 Dados de Entrada

Segundo MUTHER (1978), a etapa de análise inicia-se com a identificação e recolha de elementos no processo produtivo, tanto quantitativos como qualitativos, representados pelas iniciais P, Q, R, S e T. Sendo estas denominadas na mesma sequência por: produto, quantidade, rota, suporte e tempo. YANG *et al.*, (2000) acrescenta que esta análise auxilia na recolha organizada dos dados de entrada do problema de *layout*;

P - Produto – representa o que é produzido pela empresa, podendo ser considerada a variedade total de produtos transformados na instalação industrial.

Q - Quantidade – representa o volume do produto ou material produzido, fornecido ou utilizado, podendo ser expressa em forma unitária, peso, volume, etc.

R - Rota – representa o processo seguido dentro da fábrica, segundo o qual o produto ou material é produzido, podendo ser definido por listas de operações e equipamentos, cartas de processo, gráficos de fluxo, etc.

S - Suporte – representa todas as actividades ou funções que auxiliam o processo produtivo, fornecendo-lhe condições de funcionamento efectivo. Dentro do suporte incluem-se, máquinas, ferramentas, sanitários, escritórios, áreas de carga e descarga, armazéns, etc.

T – Tempo – representa o espaço temporal definido para a conclusão de um projecto ou acção. No exemplo do processo produtivo, os tempos de execução irão ditar quantos recursos serão necessários para atingir o objectivo estabelecido, nomeadamente; equipamentos, espaço, mão-de-obra, entre outros. Sendo que o prazo de execução de uma acção ou entrega faz parte da medida de tempo, ditando o ritmo de produção e as respostas dos serviços de suporte.

O objectivo desta fase, com a recolha de informações através da identificação dos elementos específicos e necessários, baseia-se na definição de um critério para o projecto em estudo, através da análise dos dados iniciais e respectivo diagrama de produtos e quantidades, considerando as suas possíveis variações. De maneira a considerarmos as variações nos produtos e respectivas quantidades, que irão conduzir a modificações futuras no *layout*, deverão ser reunidas informações dentro da empresa, nomeadamente junto dos departamentos de planeamento de produto e vendas, de forma a que a elaboração do *layout* contemple tanto quanto possível essas variações a curto prazo no projecto.

A figura 11 representa a associação de um determinado conjunto de produtos e suas quantidades. A associação destes factores irá influenciar o tipo de *layout* a adoptar para o processo produtivo em questão, sendo que para a produção em massa espera-se a instalação de um *layout* por produto, resultante da alta quantidade e baixa variedade de produtos fabricados, enquanto para a produção em lotes, requere-se a instalação de um *layout* por processo, resultante da baixa quantidade produzida e alta diversidade de produtos fabricados.

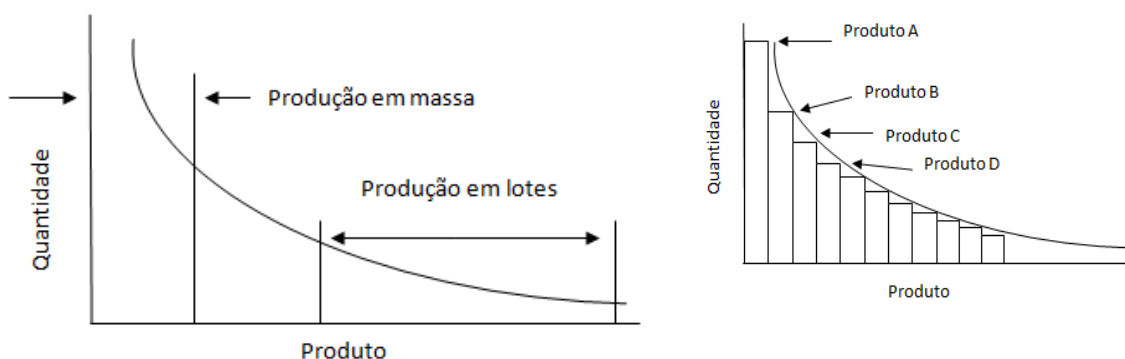


Figura 11 - Diagrama de produto/quantidade.

Fonte: Adaptado de Muther, (1978)

4.2.1.2. Fluxo de materiais

Nesta fase devem ser conhecidas as rotas de produção, que representam como os produtos serão fabricados. O processo de produção estabelece a sequência de operações necessárias para transformar o produto na quantidade e no tempo de operação desejado.

Desta forma, o fluxo de materiais consiste na determinação da melhor sequência e intensidade de movimento de materiais, considerando as etapas do processo produtivo. Para o efeito é utilizado o método *de - para*. Este método, tal como já referido, representa o fluxo entre os diferentes departamentos, sendo as actividades relacionadas, analisadas quantitativamente aos pares, com vista a decidir a necessidade de proximidade entre estes (YANG *et al.*, 2000). O fluxo deve permitir que o material se movimente de uma forma progressiva durante o processo, sem retornos, desvios, cruzamentos, etc.

Nesta etapa é importante conhecer o volume de materiais transportados entre departamentos e a frequência dessa movimentação. Entre os factores que afectam os padrões de fluxo de materiais, podemos citar; meios de manuseamento de materiais, número de componentes por produto e operações por componente, sequência de operações para cada produto, número de montagens necessárias para cada produto, fluxo necessário entre as áreas de trabalho, forma e quantidade de espaço disponível, tipos padrão de fluxo, localização das áreas de serviço e apoio à produção, stock de materiais, flexibilidade desejada, requisitos particulares de cada departamento e instalação (FRANCIS *et al.*, 1992).

Para analisar o fluxo de materiais, geralmente é utilizado o fluxograma de processos proposto por MUTHER (1978), sendo este caracterizado por ser um recurso gráfico que facilita a visualização do fluxo produtivo. O fluxograma utiliza uma linguagem por simbologia, atribuindo um símbolo a cada acção, sendo estes interligados com linhas segundo a sequência lógica do processo de produção. Na tabela 7 encontram-se representados os símbolos, acções e descrição usados no fluxograma de processos de produção. Este fluxograma tem o objectivo de representar esquematicamente o processo de produção ao destacar e identificar as suas etapas constituintes e a ordem de execução, através das sequências de actividades de transformação.






Símbolo	Ação	Descrição da ação
	Operação	Transformação do material no processo produtivo
	Inspecção	Verificação segundo padrões de qualidade
	Transporte	Deslocação de material
	Espera	Demora no processo produtivo, resultado da falta de sincronismo entre duas máquinas
	Armazenamento	Local de depósito de material (matéria prima, WIP ou produto acabado)

Tabela 7 - Simbologia utilizada no fluxograma de processos.

Fonte: Adaptado de Muther, (1978)

É apresentado na figura 12 um exemplo do fluxo de materiais baseado na simbologia de acções anteriormente descritas e que representa o ciclo produtivo no decurso da execução de componentes para a montagem de um produto final. Como exemplo, foi utilizado o fluxo produtivo de uma fábrica de metalomecânica.

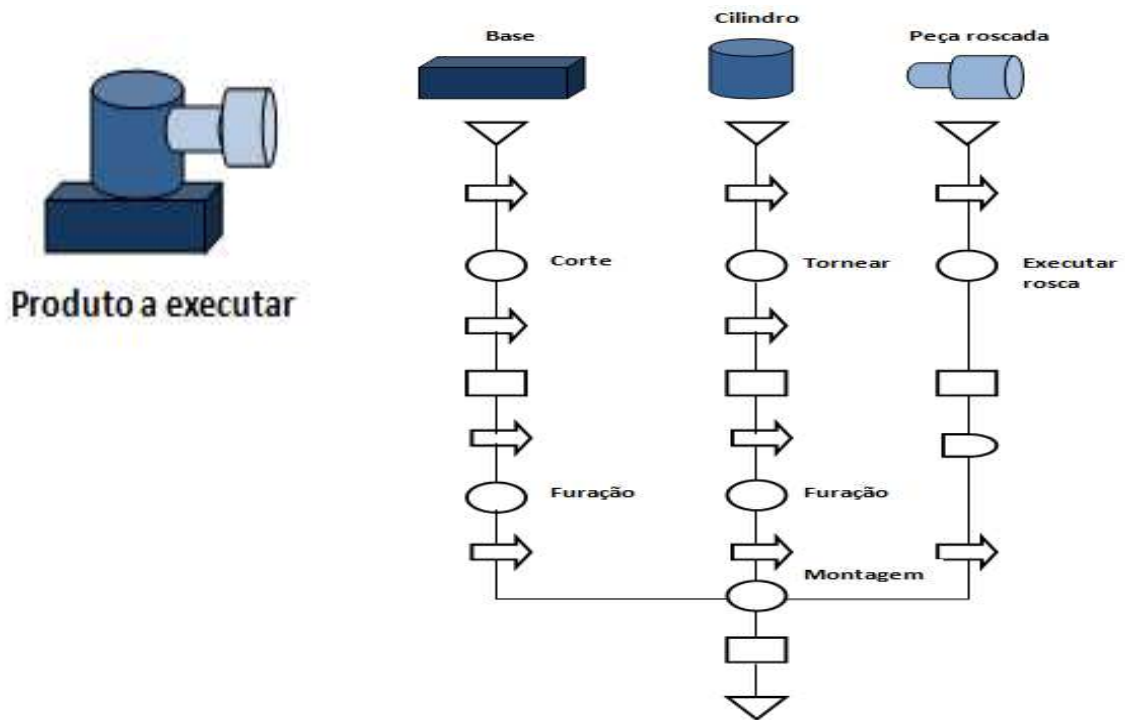


Figura 12 - Fluxograma de processos.

Fonte: Adaptado de Slack, (1997)

4.2.1.3. Actividades relacionadas

Ainda na etapa de análise deverão ser consideradas as actividades relacionadas, que representam a interligação dos serviços de apoio com cada área do departamento produtivo, estabelecendo uma classificação de proximidade entre eles. O objectivo é mostrar quais as actividades que devem permanecer próximas e quais as que ficarão afastadas dentro do fluxo produtivo (MUTHER, 1978). Neste processo é elaborado um diagrama de interligações preferenciais, de forma a determinar a interligação necessária entre os serviços de apoio e os vários departamentos produtivos. O diagrama de interligações preferenciais é uma matriz triangular que representa o grau e a respectiva razão de proximidade entre um par de actividades/departamentos no processo produtivo. A construção do diagrama de actividades relacionadas requer primariamente a identificação da razão e o peso de importância dessa proximidade ou afastamento. Desta forma MUTHER (1978) define as letras “A, E, I, O, U e X”, com as quais a razão de proximidade entre departamentos será classificada, sendo “A” definido como absolutamente necessário, até “X” que representa o indesejável. Na tabela 8, estão representadas as letras com a respectiva razão de utilização, como se irá ver no exemplo do diagrama de interligações preferenciais.

A – Absolutamente necessário
E – Muito Importante
I – Importante
O – Proximidade Normal
U – Sem importância
X – Indesejável

Tabela 8 - Códigos de proximidade usados no diagrama de interligações preferenciais.

Fonte: Adaptado de Monks *et al.*, (1987)

No diagrama de interligações preferenciais pode ainda ser representado o motivo da razão de proximidade, normalmente identificado sob a forma numérica. O motivo deve ser definido mediante o que se revelar mais importante para a execução do projecto, como exemplo, pode ser definido pela utilização de: mão-de-obra em comum por vários departamentos, isolamento por ruído, segurança, afastamento por poeiras, etc. Desta forma através da conjugação da razão (representada na parte superior de cada losango), com o motivo da proximidade (representado na parte inferior do losango), obtém-se o diagrama de interligações preferenciais, conforme representado na figura 13.

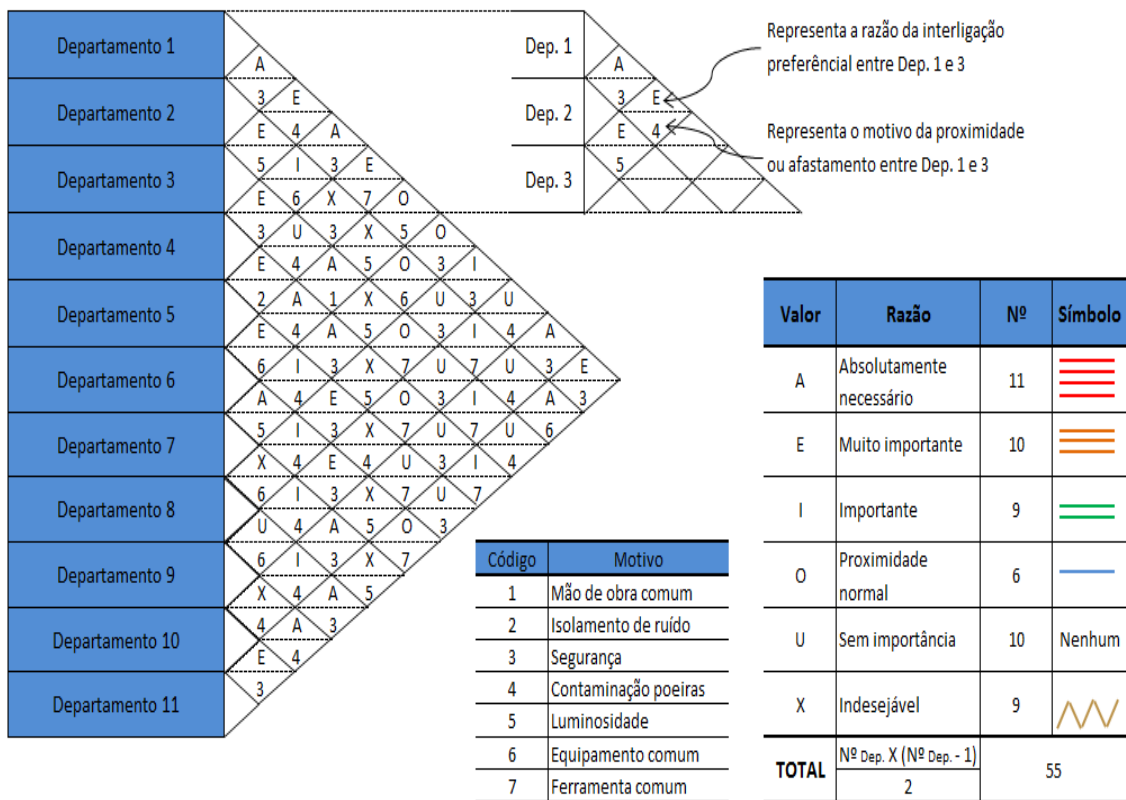


Figura 13 - Diagrama de interligações preferenciais.

Fonte: Adaptado de Muther, (1978)

4.2.1.4. Diagrama de relacionamento

Nesta fase os departamentos de produção e serviços de suporte devem ser interligados através de um diagrama de relacionamento.

Pelo que importa dispor os serviços de produção com o suporte através da relação e razão entre ambos, sem considerar a área necessária na instalação para cada um deles, (MUTHER, 1978). Para a elaboração deste diagrama, utiliza-se a simbologia de cada acção, interligada com a razão e motivo de proximidade resultante do

diagrama de interligações preferenciais, obtendo-se assim o diagrama de relações do processo produtivo. Um exemplo de um diagrama de relacionamento é apresentado na figura 14. Para representação da razão de proximidade é comum utilizar-se um código de cores, que permite uma maior percepção do grau de importância dessa proximidade.

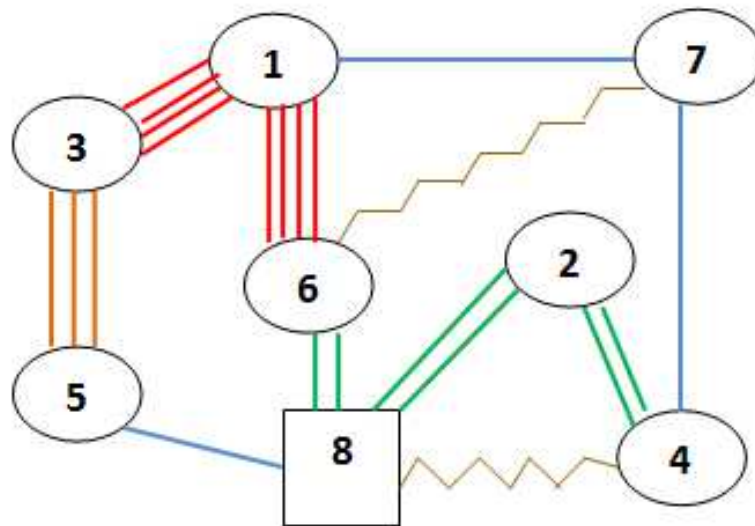


Figura 14 - Diagrama de relações.
Fonte: Adaptado de Muther, (1978)

Desta forma verifica-se que o objectivo do diagrama de relacionamento é encontrar uma disposição de *layout*, onde as distâncias entre as várias actividades/departamentos com maior interacção estejam o mais adjacente possível.

Para o efeito, deve ser considerado o desenvolvimento de novos diagramas de relacionamento para encontrar a melhor alternativa desejada para a empresa.

Segundo MUTHER (1978) é conveniente que o diagrama de relacionamento seja representado directamente sobre a disposição actual de *layout*, permitindo uma visão das inter-relações gerais existentes e a comparação do fluxo actual com o que será proposto.

4.2.1.5. Espaço necessário e espaço disponível

Para terminar a fase de análise é necessário considerar o espaço necessário e disponível, analisando os requisitos de espaço através da análise de máquinas e serviços de apoio envolvidos no processo produtivo. Estes requisitos deverão tomar em conta a disponibilidade de espaço existente na fábrica, avaliando a necessidade de aumentar, diminuir ou manter as áreas para cada departamento, considerando a disposição obtida até ao momento (TOMPKINS *et al.*, 1996).

4.2.2. Pesquisa

4.2.2.1. Diagrama de relacionamento de espaço

A próxima etapa em estudo é denominada por pesquisa e deve ser iniciada com o diagrama de relacionamento de espaço. Este diagrama pretende dar continuidade ao ponto anterior, através da associação do diagrama de relacionamentos e é caracterizado pelo balanceamento entre o espaço necessário e o disponível, gerando o diagrama de relacionamento de espaço. Esta etapa tem por finalidade representar a existência de espaços ociosos dentro das áreas constituintes da instalação. O diagrama de relacionamento de espaços, por norma, representa uma disposição de *layout* imperfeita, em virtude de diversas restrições não serem consideradas na sua elaboração. Na sequência, trabalha-se com uma disposição realista, embora sem considerar algumas restrições que irão conduzir ao *layout* ideal (MUTHER *et al.*, 2000).

A figura 15 representa a disposição de vários departamentos numa fábrica, atendendo à área necessária e proximidade desejada, considerando o fluxo de materiais entre cada departamento dentro do espaço total da instalação.

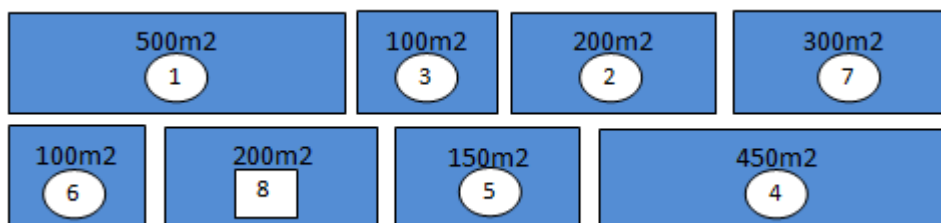


Figura 15 - Diagrama de relacionamento de espaço.

Fonte: Adaptado de Muther, (1978)

4.2.2.2. Limitações práticas e mudanças consideradas

Nesta fase devem ser consideradas as possíveis restrições que provocarão mudanças necessárias ao projecto de *layout* desenvolvido. Desta forma o *layout* deve ser ajustado, considerando as necessidades do fluxo produtivo e algumas restrições práticas que possam comprometer a sua total aplicação conforme foi projectado, tais como: meios de movimentação de materiais, peso e dificuldade na movimentação de certos equipamentos, risco de acidente para os trabalhadores, necessidade de controlo de temperatura em parte do processo produtivo, relevo da área de implantação, serviços de recurso ao processo, localização de elevadores em instalações multi-nível, postes, pilares, paredes, entre outros, (LEE *et al.*, 1998). Outra das restrições importante no desenvolvimento de um projecto de *layout* é a viabilidade financeira do projecto, no qual deve ser ponderado o custo com o retorno económico previsto do investimento.

4.2.2.3. Desenvolvimento de alternativas de *layout*

Com base na introdução das alterações necessárias ao projecto de *layout*, poderemos estar na presença de mais do que um *layout* candidato, pelo que se torna necessário realizar uma ponderação de vantagens e inconvenientes, respeitante a custos envolvidos e factores inatingíveis de cada um deles, o que irá condicionar a respectiva escolha do *layout* (TOMPKINS, *e tal.*, 1996).

4.2.3. Selecção de alternativa de *layout*

4.2.3.1. Avaliação

Na fase de selecção, deve ser realizada uma avaliação dos vários *layouts* candidatos, afim de determinar qual das alternativas ou conjugação de alternativas será escolhida para a instalação. Na fase de selecção, devem ser definidos critérios para determinar a melhor alternativa proposta, tais como: maximizar flexibilidade para futuras expansões, minimizar *re-layout*, maximizar factores humanos, minimizar custo, maximizar aproveitamento da área, maximizar linearidade de fluxo e maximizar relacionamento entre actividades produtivas (KERNS, 1999). Nesta etapa, revela-se importante a participação do maior número de intervenientes possível na decisão, tanto pessoas que aprovam o *layout*, como os respectivos operadores do processo, por

forma a promover o envolvimento de todos no sucesso da implementação do projecto (MUTHER, *et al.*, 2000).

Segundo FRANCIS *et al.*, (1992), antes da implementação do *layout* ou *re-layout*, é importante ter em atenção que nas organizações existem ciclos de expansão e de retrocesso no negócio, pelo que o *layout* deve ser projectado e implementado sobre uma perspectiva dinâmica e flexível, de maneira a atender com rapidez e baixo custo às flutuações dentro do ciclo produtivo.

Capítulo 5

Aplicação do Método em Estudo

5. Estudo de caso

5.1. Considerações iniciais

Este capítulo inicia com a apresentação de todos os elementos relevantes para o estudo de caso da empresa em foco e necessários para optimização do *layout* industrial, com recurso ao método SLP.

Desta forma, será apresentada uma sistemática para a análise do *layout* da empresa, com vista à sua avaliação e conseqüente proposta de optimização, detalhada pelas várias etapas propostas no método utilizado, bem como resultante da aplicação dos conceitos pesquisados e abordados em capítulos anteriores deste trabalho.

Não obstante à importância da determinação da melhor localização industrial, com a associação de factores que suportam essa importância, estes não serão referidos no estudo de caso, em virtude da Administração da empresa em questão, não ponderar a curto prazo a sua re-localização. Importa apenas referir que a decisão que conduziu à escolha do local para a fundação da empresa teve por base os seguintes factores: bons acessos para meios de transporte rodoviário, baixo custo de terreno para implantação e disponibilidade de mão-de-obra.

Assim sendo, o presente estudo irá incidir sobre o *layout* sectorial, departamental e respectivas estações de trabalho.

O método utilizado para a optimização de *layout* baseia-se no tipo de melhoria progressiva, que tem como objectivo gerar *layouts* alternativos, com base no já existente. Este método utiliza parâmetros numéricos, funções e técnicas gráficas para gerar a melhor solução de *layout* para o caso actual e previsto para o futuro da empresa.

Como referido em capítulos anteriores deste trabalho, a solução final dependerá também de parâmetros sociais e de motivação dos intervenientes, pelo que a recolha e análise dos elementos da empresa, bem como a discussão dos resultados obtidos ao longo da aplicação prática das etapas do SLP, foram realizados conjuntamente com todas as pessoas que participam no processo industrial e que contribuíram com o seu conhecimento para a elaboração de um projecto de *layout* que promova o crescimento da empresa.

5.2. Caracterização da empresa

A empresa seleccionada para a realização deste estudo de caso, encontra-se inserida num grupo industrial, com denominação social de “MCL – Móveis de cozinha e

componentes decorativos, SA". Este grupo, situado na zona industrial de Oliveira de Frades – Viseu, apresenta actualmente as suas instalações com uma área coberta de 35.000 m², repartidos por quatro unidades de produção e conta à data com 250 trabalhadores. O grupo dispõe de armazéns de venda distribuídos pelo território nacional, nomeadamente em, Loures, Barreiro, Alcantarilha, Santo Tirso e Ilha da Madeira. No que respeita às instalações produtivas, duas dessas unidades pertencem à empresa Iberoperfil – Perfis postformados, SA e utilizam, aglomerados, resinas fenólicas e termolaminados, como matéria prima no seu processo produtivo.

Resultante da sua produção, a empresa comercializa; perfis, portas, tampos de cozinha e escritório em termolaminado, módulos (kit's) para cozinhas e cabines para Wc's e vestiários, tendo como mercado alvo a indústria do mobiliário de cozinha e escritório.

As restantes duas unidades pertencem à empresa Portax – componentes de móveis para o mobiliário de cozinha, SA e subdividem-se em duas unidades; produção de portas de madeira natural, portas em polilaminado (PVC) e molduras em perfis.

A unidade da Portax, responsável pela produção de portas em polilaminado e perfis, doravante denominada de Portax 1, servirá de objecto de estudo para o presente estudo de caso. De referir que esta unidade industrial encontra-se dividida em dois andares, sendo caracterizada por uma instalação multi-nível, onde o piso do R/C é destinado ao armazém de produto acabado e área de expedição e o piso 1 é dedicado à área produtiva e gabinetes departamentais, como iremos ver mais à frente neste capítulo.

Actualmente a Portax 1, conta com um efectivo de 40 trabalhadores, dos quais, 25 participam directamente no processo produtivo.

A Portax 1, foi fundada na década de 80 e assume-se no mercado como uma empresa industrial de referência no Sector Europeu de cozinhas.

Com uma visão assente na disponibilização de soluções integradas, a Portax 1 conquistou no mercado nacional e internacional, de forma consistente, o reconhecimento de qualidade e serviço prestado.

Com a sua presença consolidada no mercado português, tem vindo na última década a investir esforços crescentes na penetração em mercados internacionais, contando actualmente com uma forte presença no Médio Oriente, PALOP, Espanha e Norte de África, mercados estes que absorvem 70% da actual produção da Portax 1.

O sucesso obtido tem vindo a estimular novos desafios, alicerçados numa forte componente tecnológica e humana, traduzidos numa capacidade instalada que permite responder de forma sustentada a um mercado global que procura soluções diferenciadoras e integradas. No entanto em certos mercados, a empresa tem sido

confrontada com dificuldades ao nível de competitividade. Desta forma, o presente estudo de análise e proposta de optimização do *layout* da empresa, tenta contribuir para o aumento da eficiência e flexibilidade do seu processo produtivo, reflectindo-se, caso conseguido numa maior competitividade, quer na procura de novos mercados, bem como, onde já actua.

A Portax 1 iniciou a sua actividade com a produção de portas em polilaminado e elementos folheados, tendo alargado na década de noventa o âmbito de produção, com a instalação de uma linha de produção de perfis.

Acompanhando a constante evolução do mercado, a Portax 1 tem vindo a desenvolver de forma contínua processos e meios, quer tecnológicos quer humanos.

O seu parque de equipamentos incluiu os mais recentes meios ao dispor da indústria, desde equipamentos CNC, prensas e linhas de aplicação de cola e verniz robotizadas. Os recursos disponíveis conjugados com o fluxo de processos implementados na produção de componentes, contribuíram para a apresentação da Portax 1 como empresa certificada em Qualidade, Higiene e Segurança, sob a norma NP EN ISO 9001.

Os princípios estabelecidos na Política de Qualidade e Ambiente da Portax 1, denota-se serem pautados pelo permanente desenvolvimento industrial da empresa e determinam uma responsabilidade social de equilíbrio contínuo dos interesses económicos e ambientais com a comunidade.

Enquanto empresa, a Portax 1 assume como objectivo o desenvolvimento, produção e distribuição no mercado, de produtos fabricados segundo as normas de qualidade correspondendo ao menor impacto ambiental para o seu bem estar e da comunidade que a rodeia. Na prática, verifica-se que parte dos investimentos realizados têm sido canalizados para soluções de tratamento, reciclagem e reutilização de desperdícios. Como exemplo disso destacam-se as estações de tratamento de águas residuais, que permitem o tratamento de resíduos resultantes dos processos produtivos das empresas.

5.2.1. Identificação de produtos e linhas produtivas

Como referido, a Portax 1 apresenta dois grandes tipos de produtos fabricados; portas de cozinha com revestimento em PVC (policloreto de vinilo) e perfis em molduras com revestimento em PVC ou folha de madeira natural, subdivididos em duas linhas de produção, designadas por: **linha 1**, produção de portas e gavetas de cozinha e **linha 2**, produção de perfis. A produção de portas e gavetas de cozinha utiliza o MDF – *medium density fiberboard*, como matéria prima de suporte ao revestimento, enquanto que os perfis utilizam não só o MDF, como também o

contraplacado, sendo ambos derivados de madeira natural. O MDF, designado em português por placa de fibra de madeira de média densidade é fabricado através da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas e outros aditivos, o que lhe confere consistência e algumas características mecânicas que se aproximam às da cortiça. Algumas das suas características são superiores às do aglomerado, caracterizando-se por possuir boa estabilidade e grande capacidade de absorção. As chapas de MDF são fabricadas com diferentes características, que variam em função da sua aplicação final. Como exemplo, mediante a sua utilização, existem chapas *standard*, chapas resistentes ao fogo e chapas resistentes à água. Podemos ainda encontrar no mercado, chapas fabricadas com maior quantidade de plástico, o que permite aplicações que requerem maior resistência à flexão ou a choques. No que concerne ao acabamento das portas, a empresa utiliza o revestimento a policloreto de vinilo, também conhecido por polilaminado ou PVC. Esta matéria-prima caracteriza-se por ser um composto plástico, fabricado pela polimerização do monómero de cloreto de vinilo (VCM), que é obtido através do sal e do petróleo, podendo assumir várias cores ou até imitações de madeira. O PVC é utilizado na indústria do mobiliário pela sua propriedade de maleabilidade, ou seja, as suas características conferem-lhe a possibilidade de se adaptar a formas complexas, tais como os vários relevos e formas que caracterizam cada modelo de porta e gaveta produzida. De realçar que a sua capacidade de resistência à água, fogo e ao choque, confere uma grande longevidade ao produto final.

Como referido o contraplacado é utilizado como matéria prima na produção de perfis, sendo este material obtido através da colagem de finas lâminas de madeira sobrepostas, com recurso a resinas e outros aditivos. Caracteriza-se pelo seu baixo peso, o que se traduz numa vantagem comparativamente à utilização de madeira natural. À semelhança do MDF, em função da sua aplicação final, existem vários tipos de contraplacado, nomeadamente, *standard* e resistente à água (*WBP – water boiling proof*), este último, produzido com resinas de colagem das lâminas de madeira que suportam a humidade.

A folha de madeira natural, utilizada como revestimento na produção de perfis pode ser utilizada em rolo ou chapas, com espessura máxima de 2 mm, permitindo a sua maleabilidade no decurso da sua utilização dentro do processo.

Sendo que a incidência deste trabalho, se centra na análise e estudo das duas linhas de produção que compõem a Portax 1, no que respeita à optimização do *layout* industrial com recurso ao método SLP, pretende-se com esta primeira abordagem, caracterizar de uma forma global a empresa no que respeita à sua dinâmica industrial, interna e externa, através da caracterização das linhas produtivas, pelo tipo de produtos fabricados e matérias primas utilizadas.

5.2.2. Layout actual da empresa

Embora sem uma caracterização detalhada, é apresentado na figura 16 o *layout* actual do piso 1, da Portax 1. Esta representação gráfica, do actual *layout*, servirá de modelo para o desenvolvimento do presente estudo de caso e tem nesta fase como objectivo, representar as duas linhas produtivas da empresa, em termos de disposição dos seus constituintes e área ocupada por cada processo produtivo da instalação.

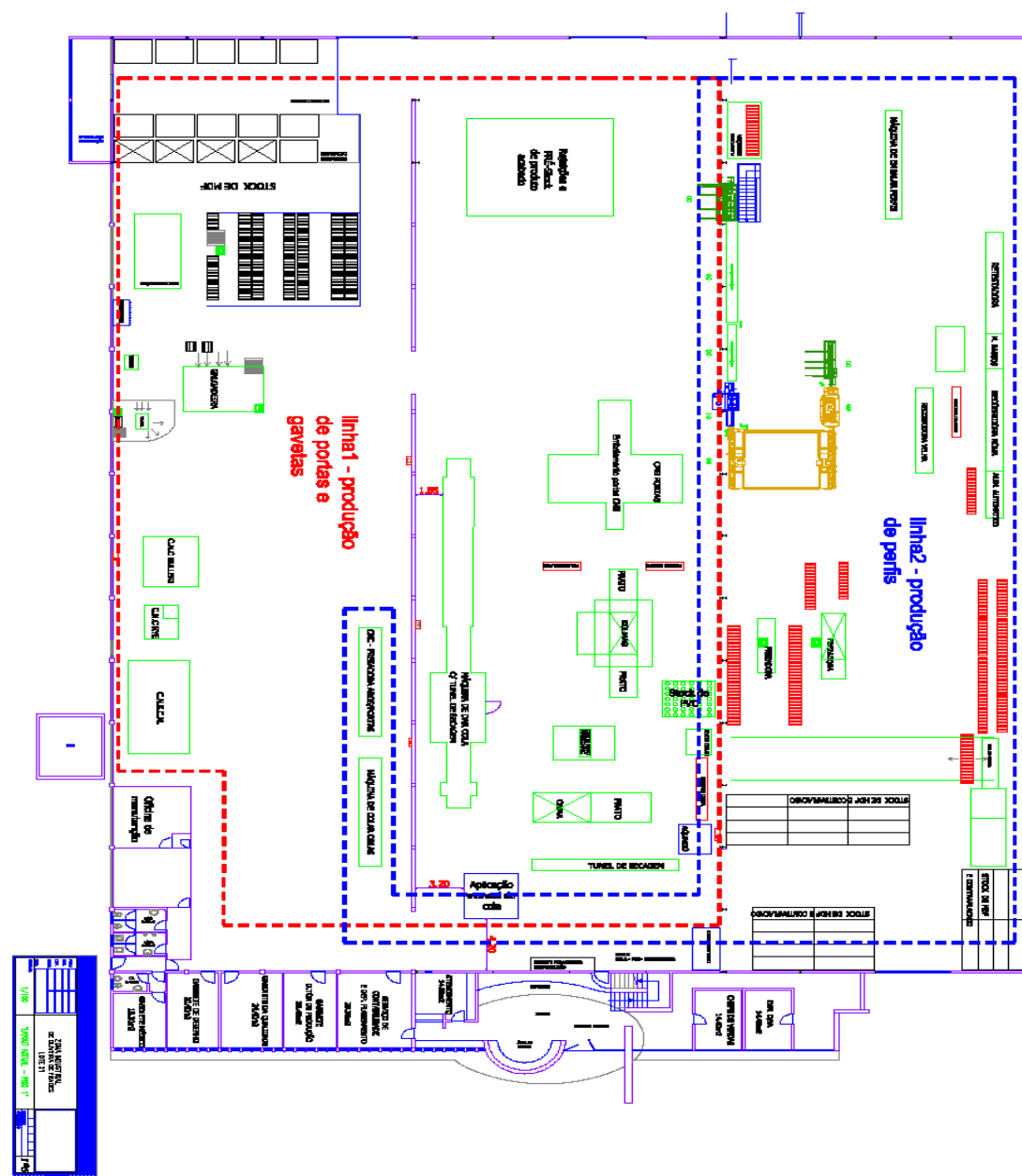


Figura 16 - *Layout* actual da unidade produtiva - piso 1.

NOTA: O *layout* da figura 16 encontra-se representado no **Anexo A**, no final deste trabalho.

5.2.3. Organização estrutural

De maneira a podermos detalhar o fluxo de informação e produção, encontra-se representado na figura 17 o organigrama da empresa, que demonstra como esta se encontra organizada em termos de interdependência departamental.

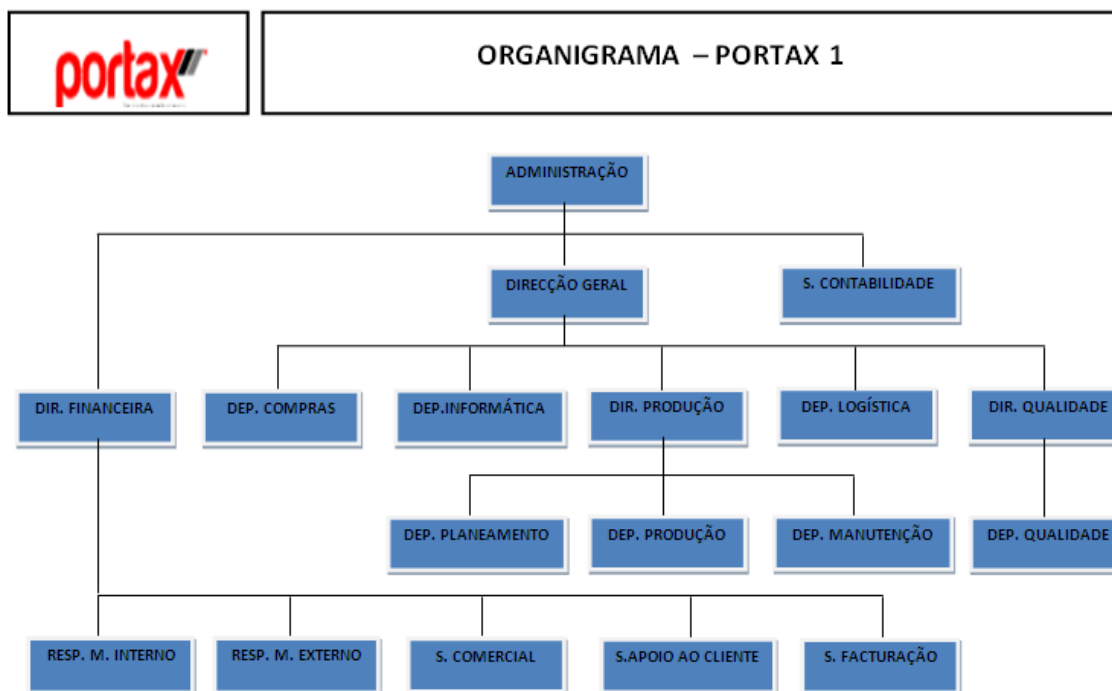


Figura 17 - Organigrama da empresa.

5.2.3.1. Fluxo de informação

De um modo geral, a empresa aparenta encontrar-se bem organizada, diferenciando hierarquias e dependências no relacionamento entre os seus intervenientes. Esta organização é vista na prática, sendo um factor de orientação para os seus colaboradores, ajudando-os na decisão de como actuar e permitindo a fluidez do processo, mesmo em casos inesperados.

No que respeita ao fluxo de informação, incidindo sobre o processo produtivo, este desenrola-se pelos seguintes passos; as encomendas são recepcionadas pelo Dep. de planeamento, que após tratamento informático, por um processo de aglutinação por tipo de produto, gera a ordem de produção. De seguida essa ordem é conduzida à Dir. de produção para aprovação, sendo posteriormente encaminhada ao Dep. de produção, que se encarrega em lançá-la no processo produtivo da fábrica, através do Encarregado de produção. Verifica-se no decurso do fluxo de informação, dentro do

processo produtivo a existência de terminais informáticos denominados de *check point*, onde são inseridas informações pelos operadores, referente ao estado do *WIP*.

Este processo contribui para a tomada de conhecimento e maior celeridade na passagem de informação, interna e externa do estado das encomendas em curso.

Finalizado o processo produtivo, o Dep. de logística executa o planeamento para expedição, enquanto o Serviço de facturação emite o respectivo documento que acompanhará a encomenda.

5.3. Aplicação do método SLP

5.3.1. Etapa de análise

Segundo MUTHER (1978), o planeamento sistemático de *layout* – SLP, deve ser iniciado com a recolha e análise de elementos dentro do processo produtivo, que possam auxiliar na definição organizada dos dados de entrada para o problema de *layout*.

Seguindo o pressuposto sugerido, nesta etapa será efectuada a recolha dos dados de entrada, referente à caracterização e identificação dos seguintes elementos; produto e quantidade fabricada, rota seguida pelo processo produtivo, serviços de suporte que auxiliam o processo, fornecendo condições de funcionamento efectivo e tempo dispendido no ciclo produtivo. O objectivo desta fase incide sobre o levantamento e estudo dos elementos específicos, necessários para a definição de um critério ao projecto em estudo.

5.3.1.1. Caracterização de produtos e suas quantidades

Nesta fase, revela-se importante caracterizar a variedade e quantidade de produtos fabricados pela Portax 1.

Como já referido, o processo produtivo é diferenciado pela tipologia de produção, entre duas linhas; linha 1 – produção de portas/gavetas e linha 2 – produção de perfis.

Verifica-se que a linha 1, dedicada à produção de portas e gavetas é responsável pela produção de 13 modelos e 37 padrões de PVC de revestimento de superfície, o que representa 481 artigos diferentes que a empresa dispõe para comercializar, nas várias medidas de portas e gavetas. Quanto a quantidade produzida, a Portax 1 registou no ano de 2011, 117411 unidades produzidas, entre portas e gavetas.

		MOLDURAS / PERFIS							
		Aduela	Guarnição	Rodapé	Rodatecto	Lambrim	P5030	PE01	PE02
Poli laminado	Branco Unicolor						1803	211	56
	Bicolor Cinza						906	73	78
	Branco Fresno						1305	63	29
	Branco Satinado						1259	42	89
	Vermelho Granat						815	59	87
	Carvalho						1583	98	99
	Faia						739	127	85
Folha de madeira natural	Carvalho	5377	15405	2734	101	1088			
	Faia	5260	15070	2544	100	1064			
	Cerejeira	3507	10046	1736	67	710			
	Wengué	4909	14065	2416	93	993			
	Mogno	2855	8192	1412	54	577			
	Pinho	776	2196	383	15	155			
Castanho	696	2004	346	13	143				
Quantidade total / produto		23380	66978	11571	443	4730	8410	673	523
% de volume produzido		17.44%	49.96%	8.63%	0.33%	3.53%	6.27%	0.50%	0.39%
Total de perfis produzidos		134065							

Tabela 10 - Quantidade e variedade de perfis produzidos em 2011.

Pela análise das quantidades de portas e perfis descritos nas tabelas anteriores, verifica-se que relativamente à produção da linha 1, o produto de eleição recai sobre o modelo “paris”, que representa aproximadamente 30% do volume total de portas produzidas. Quanto ao revestimento, o PVC mais utilizado para o modelo de porta referido é o “faia tirol”. No que respeita à linha 2, verifica-se que o artigo mais produzido é a “guarnição”, representando aproximadamente 50% do total de perfis produzidos, sendo o revestimento a folha de madeira em carvalho natural o mais representativo.

Pelo exposto anteriormente, o modelo de porta “paris” e o perfil “guarnição”, serão os escolhidos para a análise do processo produtivo e respectivo *layout*.

5.3.1.2. Layout esperado segundo a variedade e quantidade de produtos fabricados

Considerando o exposto e pela análise aos gráficos apresentados nas figuras 18 e 19, resultantes dos dados das tabelas 9 e 10, podemos nesta fase caracterizar o tipo de *layout* que mais se adequa à instalação, considerando a variedade e quantidade de produtos fabricados. A associação destes factores irá influenciar o tipo de *layout* a adoptar para o processo produtivo em questão.

Gráfico produto/quantidade- linha 1

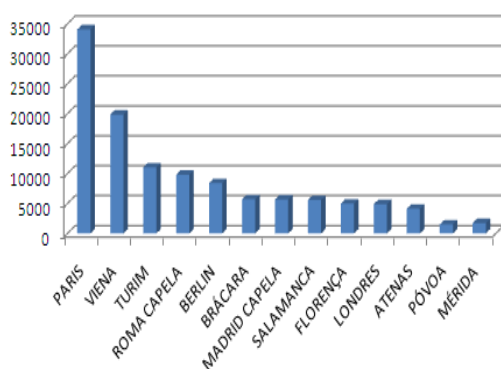


Figura 18 - Gráfico de portas e gavetas.

Gráfico produto/quantidade- linha 2

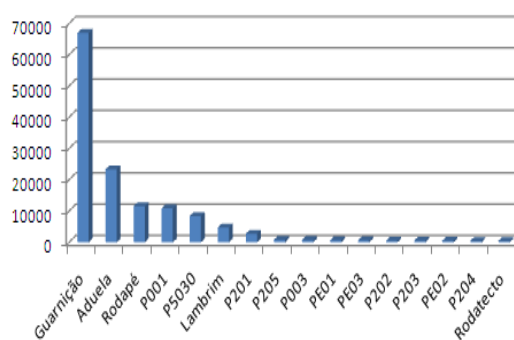


Figura 19 - Gráfico de perfis.

Com base no descrito em capítulos anteriores deste trabalho, podemos referir que para uma produção em massa espera-se a instalação de um *layout* por produto, resultante da alta quantidade e baixa variedade de produtos fabricados, enquanto para a produção em lotes, requere-se a instalação de um *layout* por processo, em virtude da baixa quantidade produzida e alta diversidade de produtos fabricados.

Desta forma e transpondo o referido para o caso prático, verifica-se que para os modelos de portas, “ paris, viena, turim e roma capela” e perfis “guarnição e aduela”, referente à produção da linha 1 e linha 2, respectivamente, poderemos considerar que o tipo de *layout* que mais se adequa é o *layout* por produto, com base na elevada quantidade produzida destes modelos. Segundo FRANCIS *et al.*, (1992) este tipo de *layout* é aplicado, quando o volume de produção é grande, especialmente nos casos de linhas de montagem. Geralmente este tipo de produção é denominado de “produção em massa” e a linha é organizada pela sequência do processo, necessária para produzir um único produto ou uma combinação regular de produtos em quantidade elevada.

Segundo TOMPKINS *et al.*, (1996), o *layout* por produto confere ao processo um fluxo produtivo simples, com baixo *WIP* e reduzidas movimentações, permitindo diminuir tempos improdutos.

Para a produção dos restantes modelos de portas e perfis, considerando o baixo volume de produção e a alta variedade de artigos, pensa-se que o *layout* por processo seja o mais adequado. Segundo FRANCIS *et al.*, (1992), este tipo de *layout* é caracterizado pela produção de uma grande variedade de produtos, que resulta em pequenos lotes de produção. Essa produção é normalmente feita por encomendas específicas de clientes.

Usualmente, este *layout* é utilizado quando existe a necessidade de produzir alguns produtos não-similares ou quando existe a necessidade de imprimir rápidas mudanças no tipo ou volume de produção.

5.3.1.3. Fluxo produtivo e identificação do *layout* actual

Após caracterização dos produtos e respectivas quantidades, nesta fase devem ser identificados os fluxos produtivos que representam como os materiais circulam dentro do processo, estabelecendo a sequência de operações necessárias até à concretização do produto final, no tempo e quantidade desejada.

A análise ao fluxo de materiais permite determinar a melhor sequência e intensidade de movimento, considerando as respectivas etapas do processo produtivo.

Para a análise do fluxo produtivo, foi utilizado o método *de-para*, que se caracteriza pela análise conjunta das actividades relacionadas, com o objectivo de definir a necessidade de proximidade entre estas. Segundo YANG *et al.*, (2000) o fluxo deve permitir que o material circule de uma forma progressiva durante o processo, sem retornos, desvios e cruzamentos.

O *layout* apresentado na figura 20 esquematiza o fluxo do processo produtivo das duas linhas de produção. O fluxo produtivo da linha 1 encontra-se representado a vermelho e da linha 2 representado a azul. Denota-se que o tipo de processo produtivo adoptado pela empresa, corresponde ao processo por encomenda, considerando que o planeamento de produção se baseia na organização das encomendas por tipo de produto a fabricar, originando uma ordem de produção e imprimindo um fluxo produtivo direccionado para a concretização das encomendas em curso. Este tipo de produção feita sob encomenda é executado especialmente a pedido do cliente, sendo que em geral os pedidos são de natureza não repetitiva e as quantidades podem variar em grande escala. Neste tipo de produção, cada pedido usualmente acarreta uma grande variedade de operações (PAN, CHEN e CHAO, 2002).

É a encomenda ou o pedido efectuado que vai definir como a produção deverá ser planeada e processada, pelo que este processo produtivo exige um planeamento e controlo de produção muito complexo.

Considerando a variação de quantidades produzidas em cada encomenda, variedade e gama de produtos que a Portax 1 disponibiliza no mercado, o tipo produção por encomenda parece ser o mais ajustado para garantir a eficácia e eficiência da sua actividade produtiva.

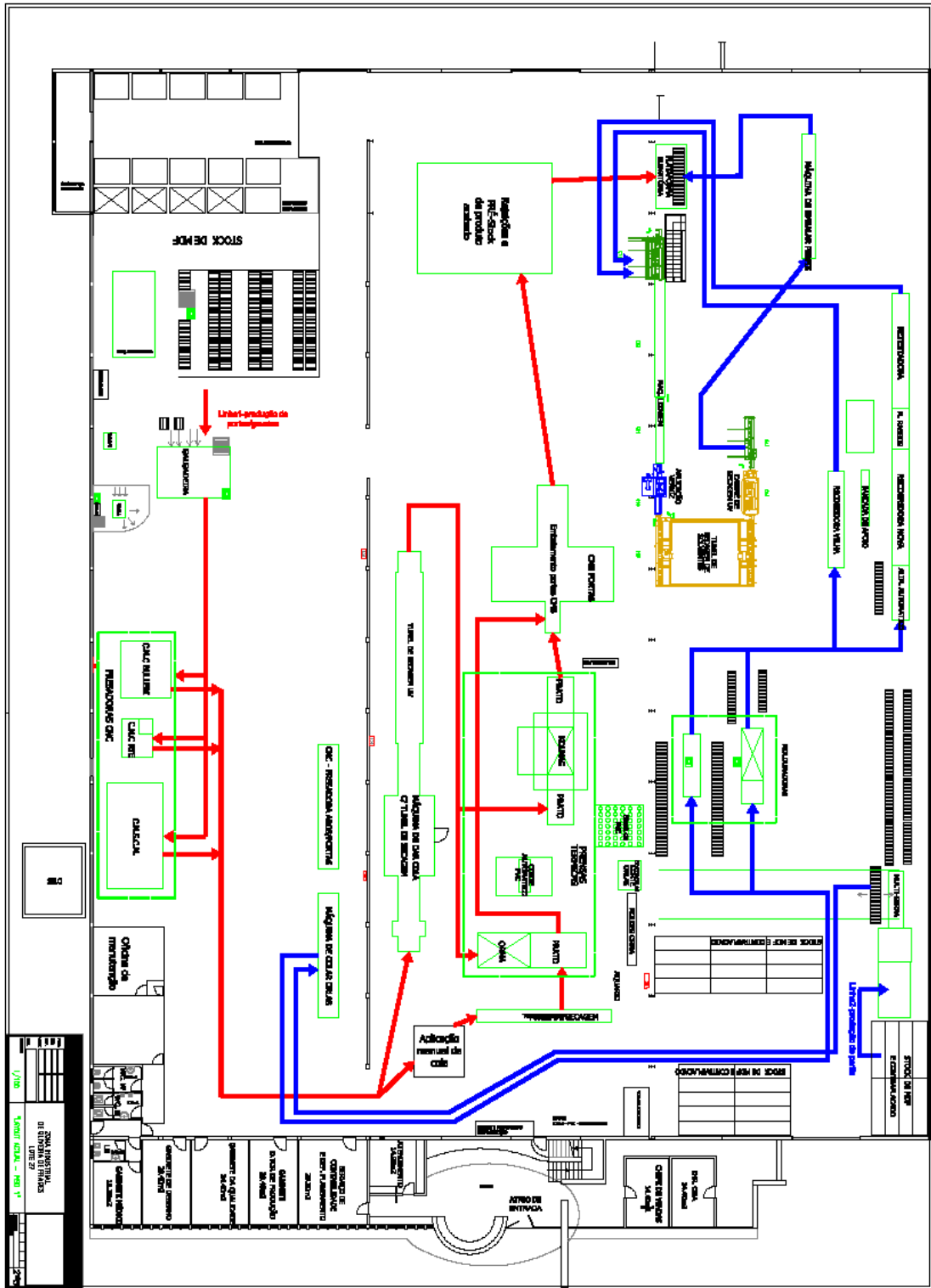


Figura 20 - Representação do fluxo produtivo nas duas linhas de produção.

NOTA: O layout da figura 20 encontra-se representado no Anexo D, no final deste trabalho.

Pela análise do *layout* actual da Portax 1, apresentado na figura 20, podemos definir no que concerne ao tipo de *layout* adoptado pela empresa, que este se insere no tipo de *layout* por processo. Este tipo de *layout*, caracteriza-se por agrupar várias máquinas que executam tarefas ou operações similares em departamentos diferentes e por estas se encontrarem distribuídas e agrupadas na área produtiva em função da actividade que desempenham no processo produtivo.

Denota-se a intenção de agrupar os equipamentos pela sua tipologia e função no processo dentro do mesmo espaço, como forma de separar as máquinas que provocam contaminação por poeiras das restantes, assim como rentabilizar a mão de obra comum entre equipamentos com a mesma função no processo através da proximidade entre eles. Segundo SLACK *et al.*, (1997) neste tipo de *layout*, os processos com necessidades similares encontram-se aglomerados para que os recursos de transformação sejam beneficiados, permitindo, que o fluxo dos produtos e informação fluam pelo processo de acordo com as suas necessidades. Este tipo de *layout* revela-se útil para a obtenção de fluxos flexíveis de diversos tipos de produtos.

Esta disposição de *layout*, por norma provoca um elevado stock de produtos em *WIP*, conduzindo à necessidade de elevadas movimentações de materiais dentro do processo produtivo, (FRANCIS *et al.*, 1992).

Pelos dados analisados até ao momento, o tipo de *layout* por processo parece ser o que mais se ajusta ao processo da empresa, atendendo à diversidade de produtos e considerando o tipo de processo produtivo implementado.

5.3.1.4. Descrição detalhada dos processos e sua capacidade produtiva

Com base na caracterização do processo produtivo, nesta fase importa descrever de uma forma sucinta as etapas que compõem os fluxos produtivos da empresa, respeitante às duas linhas de produção;

A linha 1, como anteriormente referido, é responsável pela produção de portas em MDF, com revestimento a PVC. Este processo inicia-se na máquina **galgadeira**, que é responsável por colocar o MDF em esquadria, ou seja que os ângulos do quadrado ou rectângulo das portas ou gavetas apresentem noventa graus, entre si. De seguida o material é transportado através de um porta paletes (meio de movimentação de cargas utilizado no processo produtivo), para as **fresadoras-CNC**, onde é executado o tipo de moldura para o produto em questão. Nesta etapa a Portax 1, dispõe de três máquinas, que são usados em função do tipo de moldura escolhido e volume da encomenda. Após conclusão desta etapa o material é transportado para a **máquina de aplicação de cola robotizada** com túnel de secagem de solventes, onde é aplicada a cola e forçada a evaporação de solventes através do túnel de secagem. A empresa dispõe de uma **cabine de aplicação de cola manual** e um **túnel de secagem** distintos, sendo que estas apenas são utilizadas para a produção de pequenas quantidades de

portas e gavetas, de maneira a suprir as rejeições resultantes do controlo de qualidade ou reclamações de clientes. Terminada esta fase, o material é transportado para as **prensas térmicas**, onde é aplicado o PVC, que através de pressão hidráulica, conjugado com aquecimento provoca a deflexão do PVC e reactivação da cola, dando o aspecto final às portas e gavetas produzidas. De referir que em função do tipo de modelo a produzir, o material é encaminhado para uma das duas prensas, resultante do modelo de portas/gavetas e qualidade expectável. Nesta fase o produto é inspeccionado, passando por um controlo de qualidade, que resulta na rejeição ou transporte do material para a **máquina de embalamento**, ficando disponível para ser encaminhada para a expedição. Verifica-se que a linha 1 tem uma capacidade produtiva instalada de 1500 portas/dia, sendo o ponto de estrangulamento deste processo nas prensas térmicas. Importa referir que a produção diária é condicionada pela variedade de modelos de portas a produzir, bem como, pelo volume da própria encomenda considerando o mesmo modelo e respectivo revestimento.

A linha 2, responsável pela produção de perfis em MDF ou contraplacado revestido a PVC ou folha de madeira, inicia o seu processo na **multi-serra**, onde são cortados as placas na largura pretendida para o perfil desejado. De seguida o material é transportado para a **máquina de colar orlas**, onde através do processo de colagem são unidas peças em contraplacado de 3mm com peças de 10mm de espessura, conferindo à guarnição a forma desejada. Na fase seguinte o material é transportado para as **molduradoras**, onde é executado o raio nos cantos da guarnição. De seguida, o perfil é conduzido para as **recobridoras**, onde é aplicado o tipo de revestimento pretendido no perfil. Na fase seguinte a guarnição segue para a **máquina de acabamento**, onde é realizado o acabamento do perfil (lixagem e aplicação de verniz, para o caso dos perfis com revestimento a folha de madeira). Para garantir um bom acabamento de superfície, denota-se a necessidade do material repetir o ciclo produtivo nesta máquina, pelo que é necessário retroceder, ou executar o processo de *backtracking* para a entrada ou ponto de *pick-up* desta máquina. De seguida o material é transportado para a **embaladora**, onde é realizado o controlo de qualidade final e posteriormente o seu embalamento. Por último, o produto acabado é transportado para a zona de expedição.

A linha 2 possui uma capacidade produtiva instalada de 2250 perfis/dia, sendo o ponto de estrangulamento deste processo na máquina de acabamento, derivado essencialmente da necessária qualidade exigida para o produto final. O transporte nesta linha produtiva é realizado com recurso a estruturas metálicas de rolos livres, com excepção da movimentação de materiais entre a multi-serra e a máquina da colar orlas que é realizado com recurso a um porta-paletes.

Recorrendo a imagens dos meios de suporte existentes na Portax 1, encontra-se representado nas figuras 21 e 22, o fluxo do processo produtivo, respectivo da linha 1 e linha 2, permitindo outra percepção sobre o descrito anteriormente.

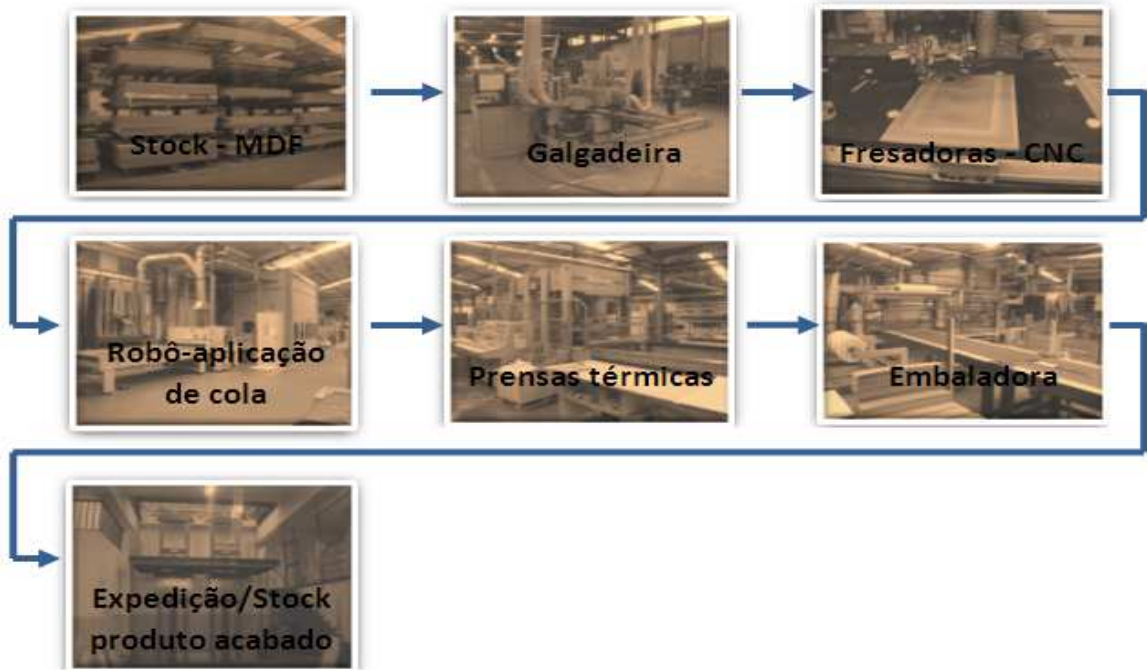


Figura 21 - Fluxo produtivo da linha 1.

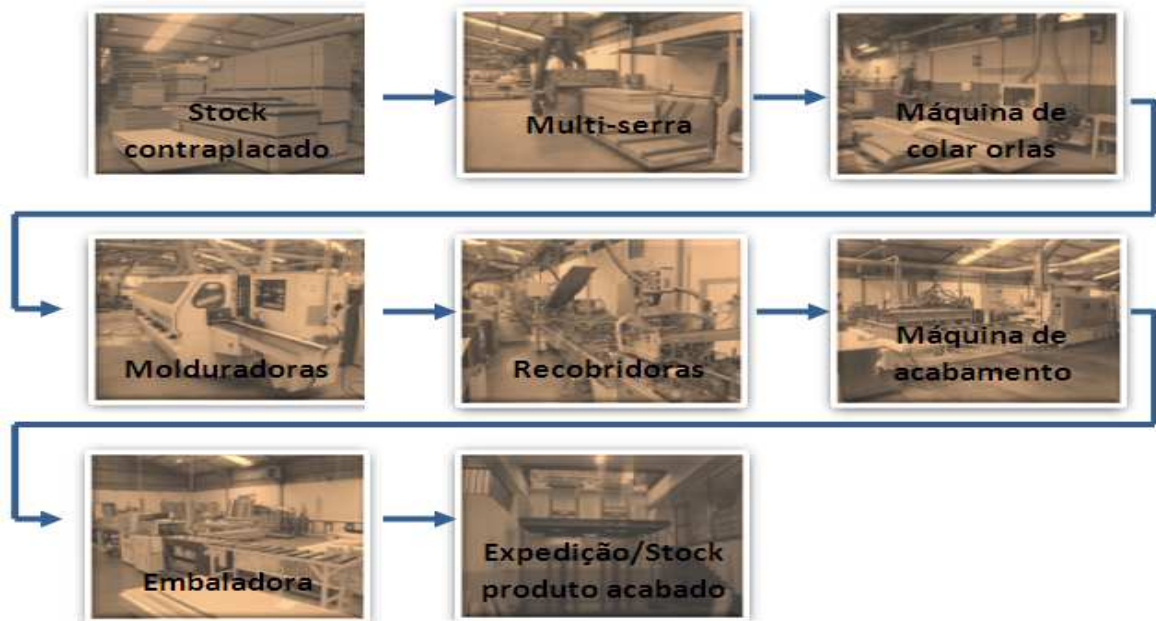


Figura 22 - Fluxo produtivo da linha 2.

Na figura 23, encontra-se representado o *layout* do piso do R/C da instalação industrial, que embora não sirva de objecto de estudo, a sua abordagem revela-se importante, essencialmente pela localização da plataforma elevatória que proporciona o transporte de materiais entre a área produtiva (piso 1) e a área de armazém/expedição (R/C).

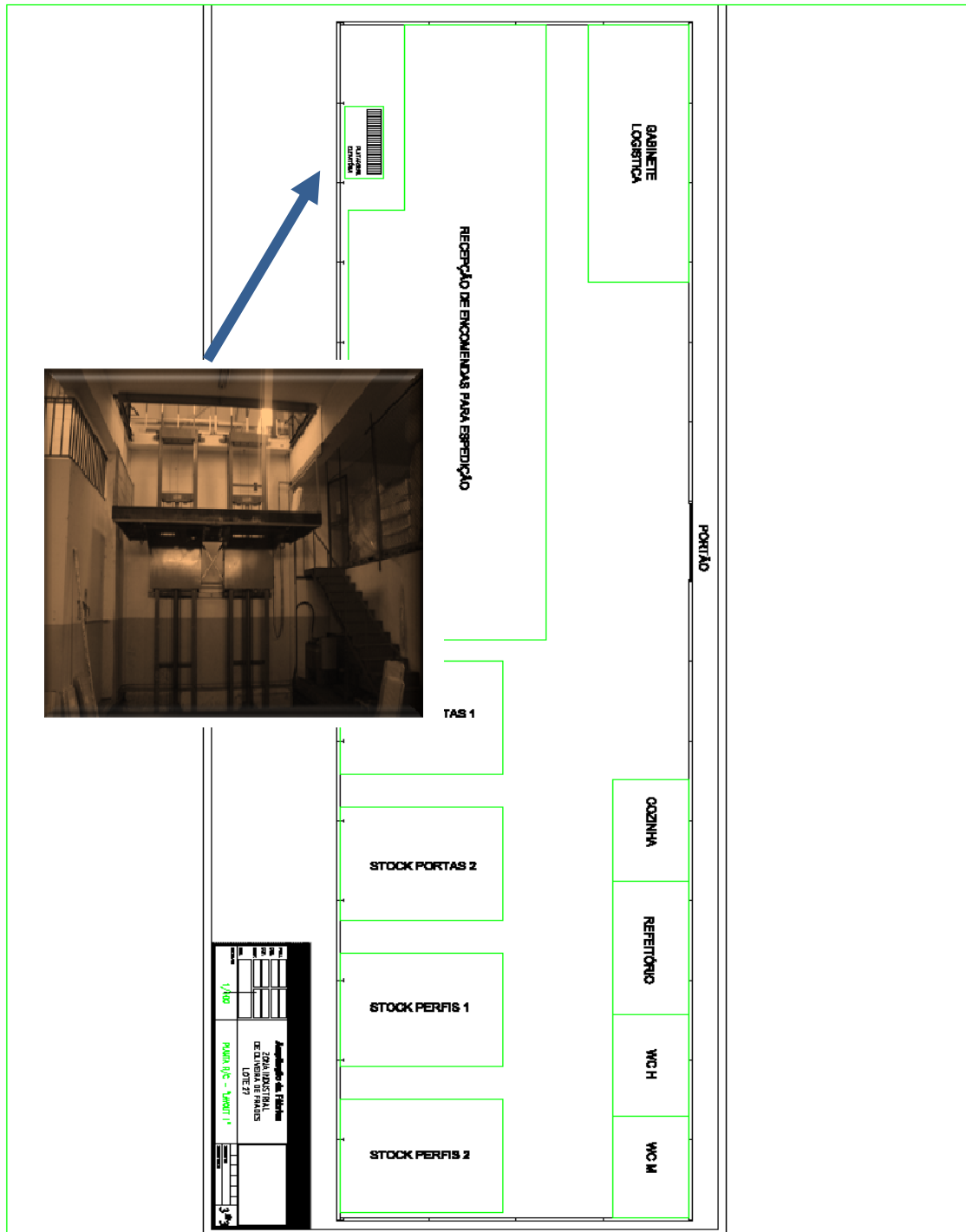


Figura 23 - Layout actual do armazém e zona de expedição, R/C.

De maneira a concluirmos a análise do fluxo de materiais, encontram-se representados nas figuras 24 e 25 os fluxogramas dos processos produtivos, com base no sugerido por MUTHER (1978). Este fluxograma caracteriza-se por ser um recurso gráfico que facilita a visualização do fluxo produtivo. Para a sua representação é utilizada uma linguagem por simbologia, atribuindo um símbolo a cada acção, sendo estes interligados com linhas segundo a sequência lógica dos processos. Este fluxograma tem por objectivo representar esquematicamente os processos de produção, destacando e identificando as fases produtivas e a sua ordem de execução, através da sequência de actividades no processo.



Figura 24 - Fluxograma processo - linha 1.

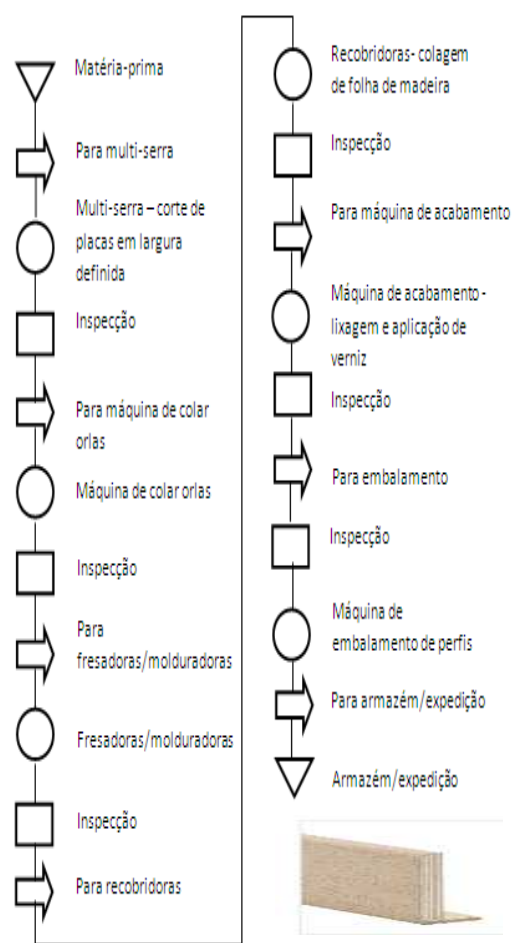


Figura 25 - Fluxograma processo - linha 2.

5.3.1.5. Serviços de suporte

Além dos órgãos de suporte ao processo produtivo, anteriormente referidos e caracterizados no *layout*, importa nesta fase destacar a localização dos restantes departamentos, dentro da instalação industrial, por forma a analisarmos a importância da relação de proximidade destes, com o processo produtivo. Na figura 26, encontram-se diferenciadas as áreas destinadas aos serviços de suporte, que se passam a descrever:

Área “1”, é ocupada pela parte técnica do departamento de manutenção. A sua localização denota-se ser estratégica, visto o maior número de assistências técnicas dentro do processo produtivo das duas linhas de produção, recair sobre as fresadoras-CNC.

A área “2”, é destinada aos sanitários e vestiários. Visto serem as únicas instalações sanitárias para os operários da fábrica, denota-se que a sua localização desfavorece essencialmente os operadores da linha 2, tendo estes que percorrer uma distância considerável para acederem a esta área. Este facto deriva da instalação ter sofrido uma ampliação do espaço destinado à linha 2, não tendo sido tomado em consideração a reestruturação deste serviço de suporte.

A área “3”, encontra-se reservada aos gabinetes departamentais. Pela razão anteriormente referida, denota-se que a distribuição dos departamentos favorece a interacção dos intervenientes com a linha 1, em detrimento da linha 2. Como aspecto positivo, verifica-se que todos os gabinetes com maior interacção no processo produtivo dispõem de acesso directo à área de produção.

A área “4”, é ocupada pela guilhotina de corte de PVC, que se destina a ser usado nas prensas térmicas.

A área “5”, corresponde ao stock de rolos de PVC.

A área “6”, é ocupada pelo silo e baterias de exaustão, que embora se encontrem fora da nave industrial, comunicam com a mesma através de tubagens de exaustão e representam um serviço de suporte fundamental para esta actividade, permitindo o despoeiramento resultante da operação de alguns equipamentos, como será descrito mais à frente.

As áreas “7” e “8”, correspondem ao stock de placas de MDF e placas de contraplacado, respectivamente utilizadas na linha 1 e linha 2.

A área “9”, representa a localização da plataforma elevatória, que possibilita a comunicação entre os dois pisos da instalação.

5.3.1.6. Tempo e distância nos processos produtivos

De maneira a concluirmos a fase de entrada de dados, resta caracterizar o processo produtivo em termos de tempo dispendido e distância percorrida nas etapas ao longo do fluxo. Pelas razões anteriormente expostas, interessa relembrar que os tempos apresentados na tabela 11, foram analisados, segundo o processo produtivo do modelo “paris”, respeitante à linha 1 e o perfil “guarnição” como modelo em análise, escolhido para a linha 2.

Tempo de actividades e distância no processo produtivo							
Linha 1				Linha 2			
Equipamento	Actividade	t/minutos	Distância (metros)	Equipamento	Actividade	t/minutos	Distância (metros)
Galgadeira	transporte matéria prima	1.5	5	Multiserra	transporte matéria prima	0.4	7
	preparação e operação	5			preparação e operação	30	
	inspeção saída da máquina	0.5			inspeção saída da máquina	0.25	
Fresadora CNC	transporte	1	4	Máquina de colar orlas	transporte	5	48
	preparação e operação	10			preparação e operação	20	
	inspeção saída da máquina	0.5			inspeção saída da máquina	0.33	
Robô de aplicação de cola e túnel de secagem	transporte	2.5	22	Molduradoras	transporte	5.6	66
	preparação e operação	5			preparação e operação	30	
	inspeção saída da máquina	0.25			inspeção saída da máquina	0.25	
Prensas térmicas	transporte	3	39	Recobridoras	transporte	0.75	12
	preparação e operação	7			preparação e operação	45	
	inspeção saída da máquina	0.5			inspeção saída da máquina	0.5	
Embaladora	transporte	1.6	8	Máquina de acabamento	transporte	1.6	25
	inspeção saída da máquina	2			preparação e operação	53	
	preparação e operação	4			inspeção saída da máquina	0.5	
Expedição	transporte	1.5	18	Embaladora	transporte	0.5	9
					inspeção saída da máquina	0.75	
					preparação e operação	2	
				Expedição	transporte	1.5	10
Total geral do processo produtivo		45,85 min.	96 m	Total geral do processo produtivo		197,93 min.	177 m

Tabela 11 - Tempo e distância nos processos produtivos.

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que a linha 2, não só apresenta um tempo de ciclo mais longo do que o processo da linha 1 (derivado essencialmente dos tempos de preparação de máquinas), como também uma maior distância entre equipamentos. Estes factos, resultam num elevado *MHC*, *MHE* e tempos improdutivo resultantes da excessiva mas necessária movimentação de materiais, derivado essencialmente da localização escolhida para a máquina de colar orlas e disposição da máquina de acabamento, que não beneficiam o processo produtivo, considerando o actual *layout* da empresa.

5.3.1.7. Inter-relações de actividades

Nesta fase, os dados recolhidos devem ser analisados com mais detalhe, sendo efectuado o relacionamento entre as áreas e departamentos mais significativos para o processo produtivo, de maneira a planear a conveniência de adjacência e justificativo da razão preferencial. O objectivo é avaliar quais as actividades que devem permanecer próximas e quais as que ficarão afastadas dentro do fluxo produtivo.

Desta forma, deve ser elaborado um diagrama de interligações preferenciais, de maneira a determinar a interligação necessária entre os serviços de apoio e as várias actividades produtivas.

Seguindo o pressuposto desenvolvido por MUTHER (1978), o diagrama de interligações preferenciais deve ser representado por uma matriz triangular, contendo a razão e respectivo motivo de proximidade entre departamentos da instalação. Ainda segundo o autor, a razão de proximidade deve ser representada pelas letras, A, E, I, O, U, X, identificadas por ordem decrescente, do mais importante, até ao indesejável.

Sendo que o motivo de proximidade, deverá ser identificado sob a forma numérica como justificativo da razão, mediante o que se revelar mais importante para a execução do projecto.

Desta forma, através da conjugação da razão, com o respectivo motivo, obtêm-se o diagrama de interligações preferenciais.

As figuras 27 e 28 representam os diagramas de interligações preferenciais respectivamente da linha 1 e linha 2, considerando os equipamentos e serviços de suporte mais representativos e anteriormente identificados na instalação.

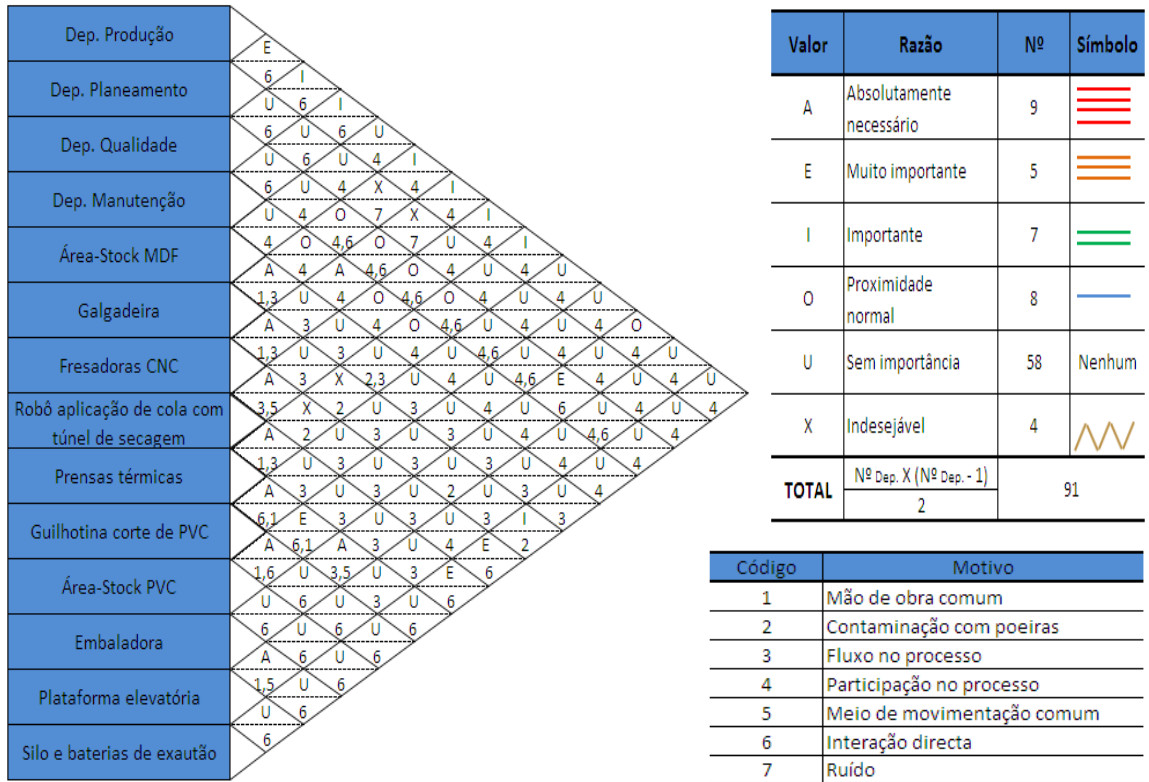


Figura 27 - Diagrama de interligações preferenciais da linha 1.

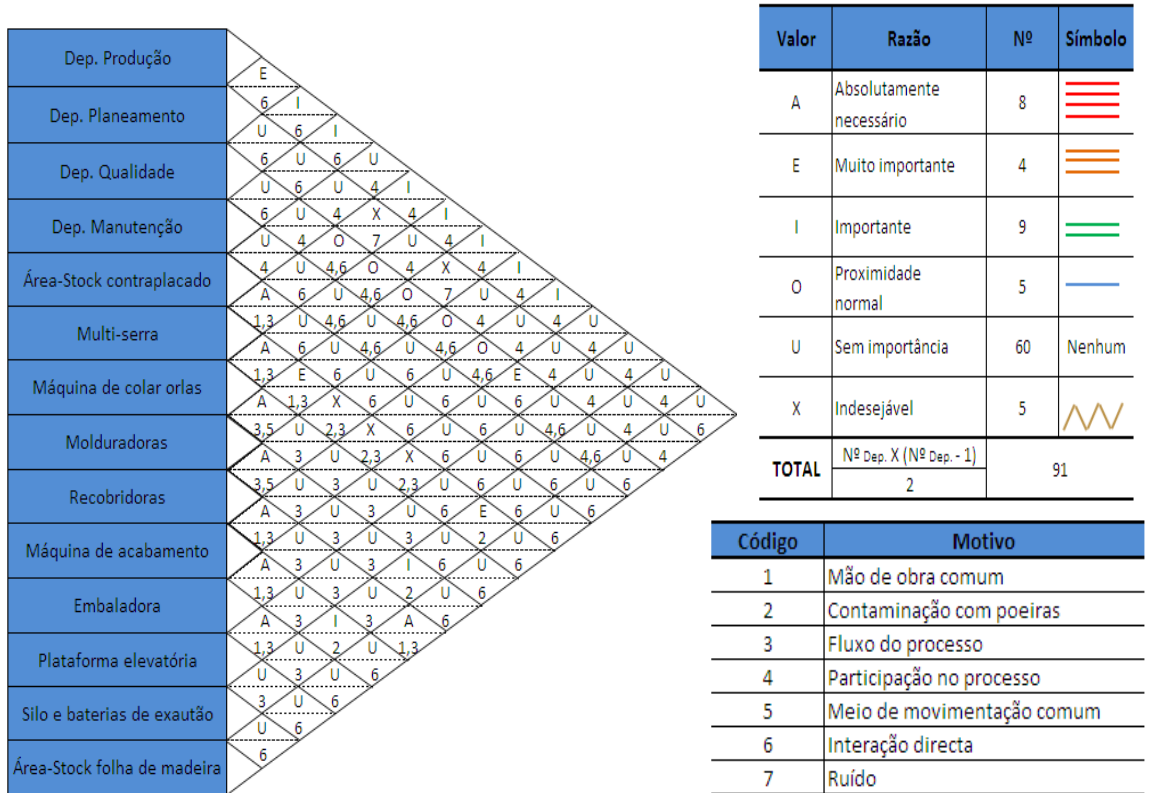


Figura 28 - Diagrama de interligações preferenciais da linha 2.

Nos diagramas anteriormente apresentados, intencionalmente foram previstas as interligações de relação entre serviços de suporte dos gabinetes departamentais, pelo facto destes serviços serem comuns aos dois processos produtivos.

Com base nos diagramas desenvolvidos torna-se necessário nesta fase, representar os resultados no diagrama de relações (figuras 29 e 30), sem considerar o espaço disponível e necessário para cada instalação. Esta representação tem como objectivo encontrar uma disposição de *layout*, onde as distâncias entre as várias actividades/departamentos com maior interacção estejam o mais adjacente possível.

Para a elaboração deste diagrama é utilizada a simbologia correspondente a cada acção, interligada pela simbologia correspondente a cada razão de proximidade, com o respectivo código de cor, tal como representado nas figuras 27 e 28.

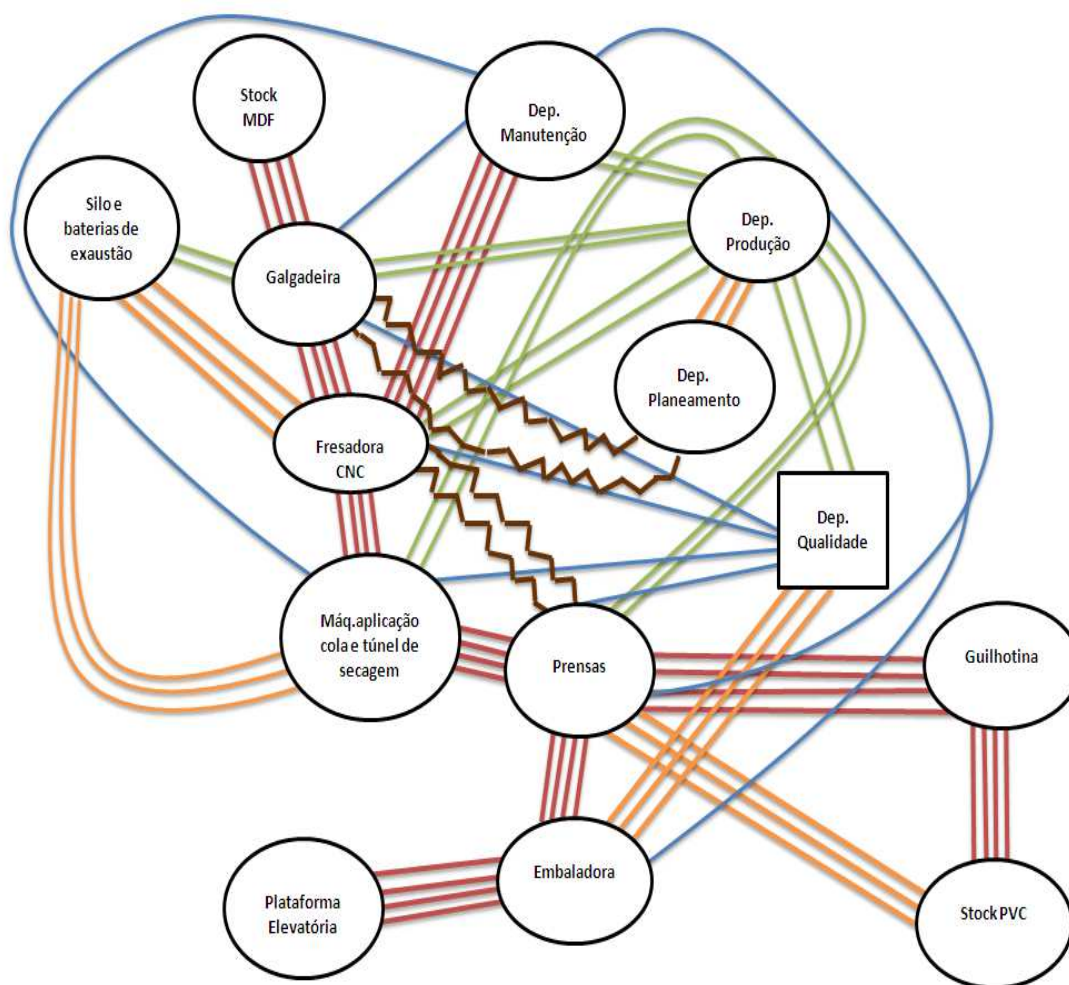


Figura 29 - Diagrama de relações entre recursos da linha 1.

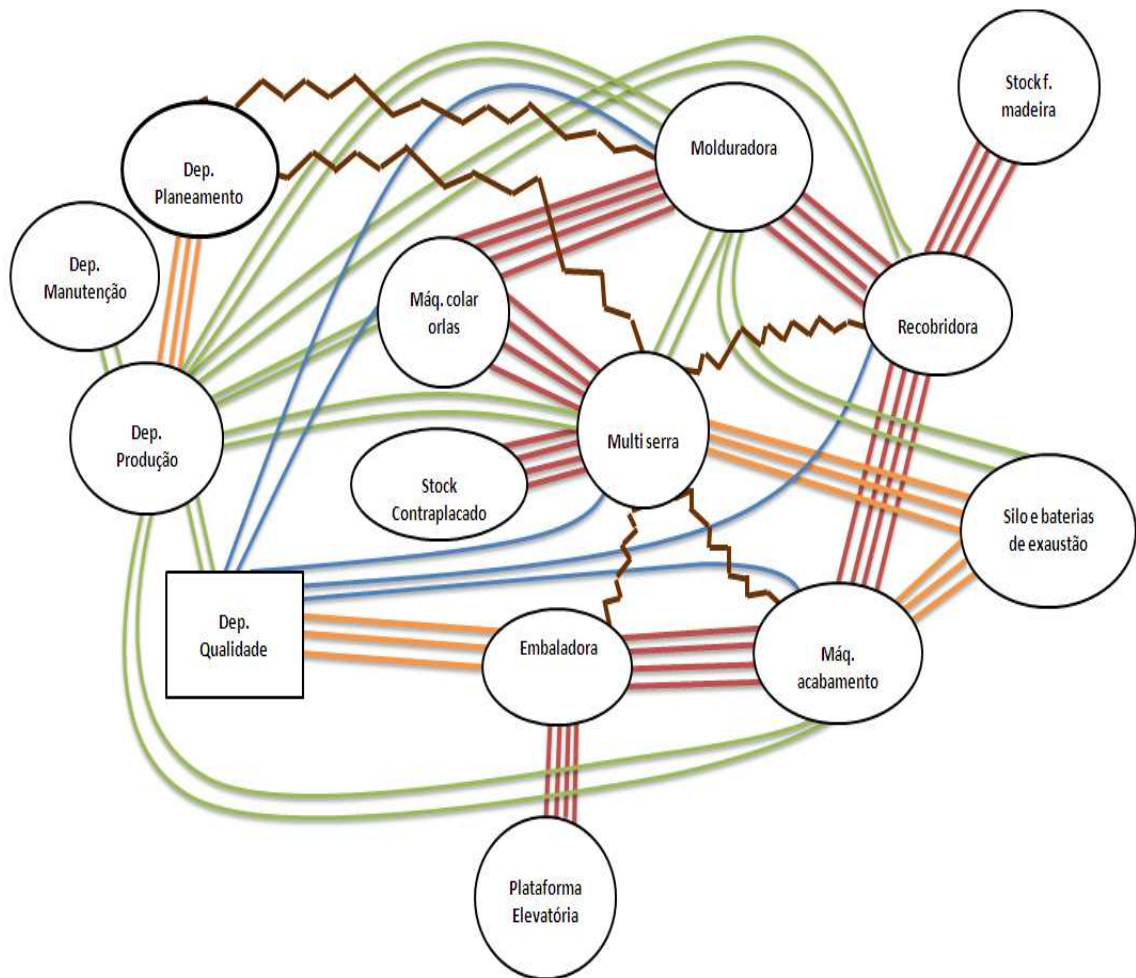


Figura 30 - Diagrama de relações entre recursos da linha 2.

Resultante do diagrama de relações anteriormente apresentado e de forma a descrever em pormenor as razões e respectivos motivos que justificam as mesmas, encontram-se descritas na tabela 12 as mais representativas para o processo produtivo e que podem nesta fase influenciar a disposição do projecto de *layout*.

Relação de actividade industrial - Portax 1					
	Razão da relação	Actividade 1	Actividade 2	Motivo	
LINHA 1 - Produção da porta "paris"	A - Absolutamente necessário	Dep. Manutenção	Fresadoras CNC	Equipamento com taxa de 50% de avarias no total de equipamentos instalados.	
		Área-stock MDF	Galgadeira	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Galgadeira	Fresadoras CNC	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades.	
		Fresadoras CNC	Máq. aplicação cola	Fluxo do processo. Utilização comum de meio de movimentação de cargas.	
		Máq. aplicação cola	Prensas térmicas	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Prensas térmicas	Guilhotina corte PVC	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Embaladora	Prensas térmicas	Fluxo do processo. Utilização comum de meio de movimentação de cargas.	
		Guilhotina corte PVC	Área-stock PVC	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
			Plataforma elevatória	Embaladora	Mão de obra comum. Utilização comum de meio de movimentação de cargas.
	E - Muito Importante	Dep. Qualidade	Embaladora	Controlo de qualidade final do produto, evita reclamações pelos clientes.	
		Fresadoras CNC	Silo e bat. exaustão	Equipamento necessita de boa capacidade de aspiração, para garantir qualidade.	
		Prensas térmicas	Área-stock PVC	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Dep. Produção	Dep. Planeamento	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades.	
		Máq. aplicação cola	Silo e bat. exaustão	Equipamento necessita de boa capacidade de aspiração, para garantir qualidade.	
	X - Indesejável	Galgadeira	Prensas térmicas	Possível contaminação de produto com poeiras. Probabilidade de rejeição.	
		Fresadoras CNC	Prensas térmicas	Possível contaminação de produto com poeiras. Probabilidade de rejeição.	
Dep. Planeamento		Galgadeira	Ambiente ruidoso. Perturba a concentração e diálogo com clientes.		
Fresadoras CNC		Dep. Planeamento	Ambiente ruidoso. Perturba a concentração e diálogo com clientes.		
LINHA 2 - Produção do perfil "guarnição"	A - Absolutamente necessário	Multiserra	Área-stock contraplacado	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades.	
		Máq. colar orlas	Multiserra	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Molduradoras	Máq. colar orlas	Fluxo do processo. Utilização comum de meio de movimentação de cargas.	
		Recobridoras	Molduradoras	Fluxo do processo. Utilização comum de meio de movimentação de cargas.	
		Máq. acabamento	Recobridoras	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Embaladora	Máq. acabamento	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Plat. elevatória	Embaladora	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Área-stock f. madeira	Recobridoras	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
	E - Muito Importante	Dep. Produção	Dep. Planeamento	Interação directa e permanente entre departamentos.	
		Molduradoras	Multiserra	Fluxo do processo. Interação directa entre actividades. Mão de obra comum.	
		Embaladora	Dep. Qualidade	Controlo de qualidade final do produto, evita reclamações pelos clientes.	
		Silo e bat. exaustão	Multiserra	Equipamento necessita de boa capacidade de aspiração, para garantir qualidade.	
	X - Indesejável	Multiserra	Dep. Planeamento	Ambiente ruidoso. Perturba a concentração e diálogo com clientes.	
		Dep. Planeamento	Molduradoras	Ambiente ruidoso. Perturba a concentração e diálogo com clientes.	
		Multiserra	Recobridoras	Possível contaminação de produto com poeiras. Probabilidade de rejeição.	
		Máq. acabamento	Multiserra	Possível contaminação de produto com poeiras. Probabilidade de rejeição.	
		Multiserra	Embaladora	Possível contaminação de produto com poeiras. Probabilidade de rejeição.	

Tabela 12 - Justificativo das razões de proximidade e afastamento na instalação.

5.3.1.8. Espaço necessário e espaço disponível

Nesta fase e de maneira a darmos por concluída a etapa de análise, devem ser considerados os dados relativos ao espaço necessário para instalação de equipamentos e serviços de suporte, atendendo ao espaço disponível na instalação industrial. Pelo que deve ser avaliada a necessidade de aumentar, diminuir ou manter as áreas existentes, considerando não só a disposição dos constituintes, como também os requisitos para operação, atendendo a determinados factores, tais como; *WIP*, *MHE*, pontos de *pick up* e *drop off* dos equipamentos.

Quanto à área da instalação, verifica-se que a Portax 1, no piso 1, dispõe de 4500 m² de área disponível para o seu processo produtivo. Pelo facto da empresa não dispor de espaço envolvente para um possível aumento do seu edifício, acresce a responsabilidade na gestão e rentabilização do espaço existente para a disposição dos seus constituintes, tentando minimizar áreas ociosas, que possam induzir à ideia de falta de espaço para futuros investimentos na actual instalação da empresa.

Desta forma, a tomada de decisão quanto ao espaço necessário numa instalação industrial, é talvez uma das etapas mais vulnerável e imprevisível no projecto de *layout*, em virtude de depender de factores externos, difíceis de prever com exactidão, tal como o volume ou variabilidade da procura pelos mercados. Pelo que ao considerar-se a necessidade de espaço na instalação, deve ser tido em conta a flexibilidade do novo *layout* para futuras reformulações do projecto.

Considerando a previsão de volume de produção futura, com base nas expectativas do sector comercial da empresa, será considerado o volume de produção alcançado em 2011, descrito anteriormente nas tabelas 9 e 10.

Resultante dos elementos recolhidos das fichas técnicas dos equipamentos no que respeita às áreas dos mesmos, cedidas pelo Dep. de manutenção e considerando o espaço necessário de operação, movimentação de materiais e stock em *WIP*, definidos conjuntamente com o Dep. produção, encontram-se descritos na tabela 13, as áreas mínimas necessárias para cada serviço e equipamento, representados no *layout* da figura 31.

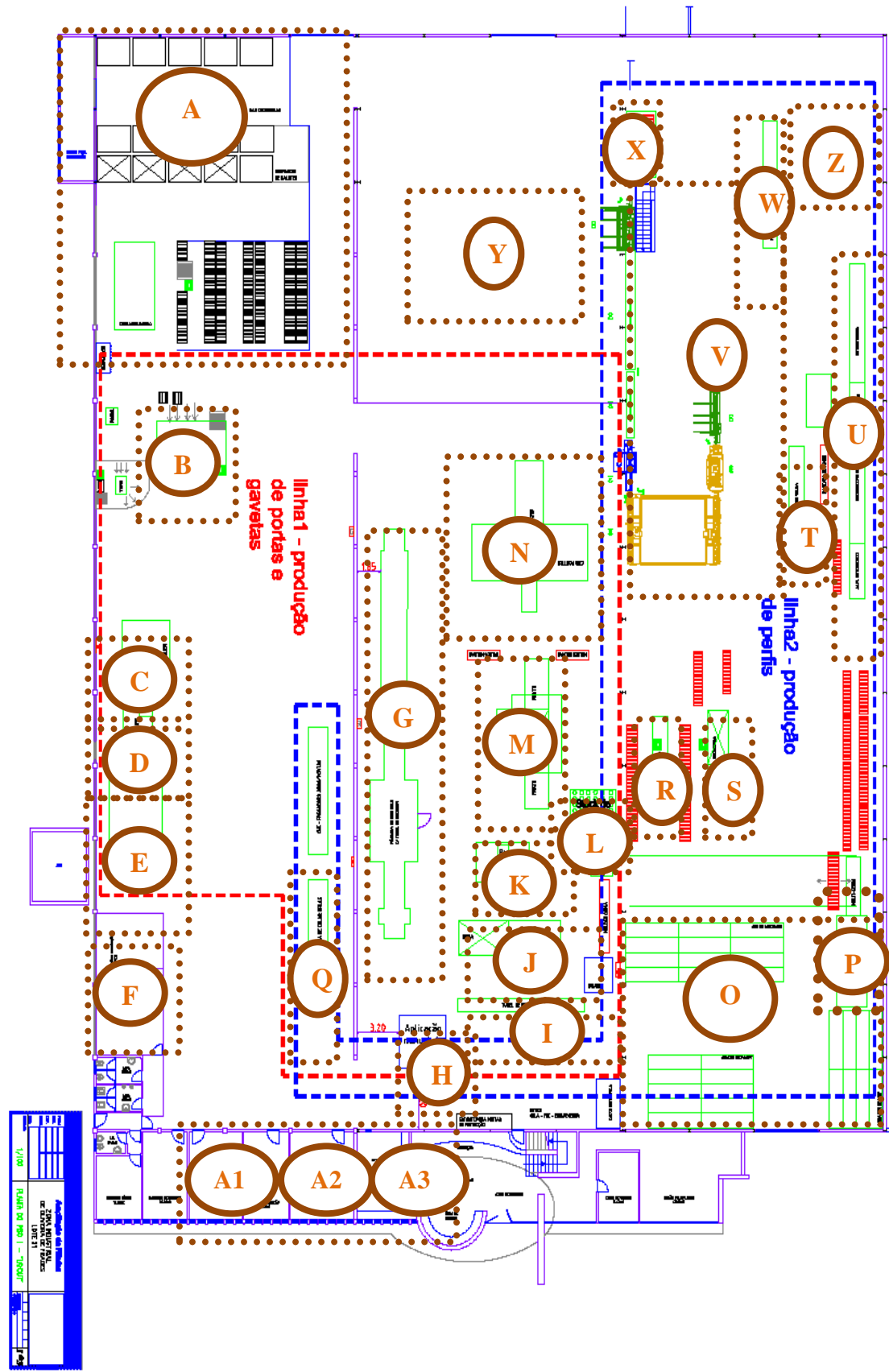


Figura 31 - Representação das áreas de serviços de suporte na instalação.

Áreas mínimas necessárias para o processo produtivo			
Departamentos / Equipamentos	Área (m2)	Observações	
A	Área-stock MDF	330	Área necessária para stock de matéria-prima e transporte.
B	Galgadeira	36	Necessidade da área é justificada pela movimentação de material e pontos de <i>pick up</i> e <i>drop off</i> .
C	Fresadora CNC 1	16	Necessidade de movimentação de material e stock de <i>WIP</i> . Distância longa no processo subsequente. Elevado <i>MHC</i> .
D	Fresadora CNC 2	8	Necessidade de movimentação de material e stock de <i>WIP</i> . Distância longa no processo subsequente. Elevado <i>MHC</i> .
E	Fresadora CNC 3	32	Necessidade de movimentação de material e stock de <i>WIP</i> . Distância longa no processo subsequente. Elevado <i>MHC</i> .
F	Dep. manutenção	33	Área ajustada às necessidades do departamento.
G	Máq. aplicação de cola com túnel de secagem	140	Área ajustada para operação no processo produtivo. Distância longa no processo antecedente. Elevado <i>MHC</i> .
H	Cabine de aplicação de cola manual	9	Dispõe de área envolvente em excesso, em virtude da baixa utilização no processo produtivo.
I	Túnel de secagem	13	Área ajustada às necessidades de operação.
J	Prensa térmica 1	24	Área ajustada às necessidades de operação.
K	Área-stock PVC	9	Área ajustada às necessidades de operação.
L	Guilhotina corte PVC	6	Área ajustada às necessidades de operação.
M	Prensa térmica 2	30	Área ajustada às necessidades de operação.
N	Embaladora de portas	114	Área ajustada às necessidades de operação.
O	Área-stock contraplacado	300	Área necessária para stock de matéria-prima e sua movimentação.
P	Multi-serra	30	Área necessária para operação considerando os pontos de <i>pick up</i> e <i>drop off</i> .
Q	Máq. aplicação de orlas	68	Área necessária para operação considerando os pontos de <i>pick up</i> e <i>drop off</i> .
R	Molduradora 1	37	Área envolvente em excesso.
S	Molduradora 2	28	Área envolvente em excesso.
T	Recobridora 1	75	Área ajustada à necessidade de operação.
U	Recobridora 2	25	Área ajustada à necessidade de operação.
V	Máq. de acabamento	182	Dispõe de área envolvente em excesso, localização não favorece a distância com o processo antecedente.
W	Embaladora de perfis	36	Dispõe de área envolvente em excesso.
X	Plataforma elevatória	20	Área necessária considerando o fluxo de utilização e complexidade de reformulação.
Y	Área de rejeições-portas	40	Área envolvente em excesso.
Z	Área de rejeições-perfis	32	Área envolvente em excesso.
A1	Dep. qualidade	24	Área ajustada às necessidades do departamento.
A2	Dep. produção	20	Área ajustada às necessidades do departamento.
A3	Dep. planeamento	29	Área ajustada às necessidades do departamento.

Tabela 13 - Áreas mínimas necessárias para os serviços de suporte.

Perante a análise do espaço necessário para a instalação, denota-se a existência de espaços ociosos e em alguns casos a área disponível é superior ao necessário e desejado ao longo do espaço industrial, como exemplo refere-se a área atribuída à máquina de aplicação de cola com túnel de secagem, cabine de aplicação de cola manual, molduradoras, máquina de acabamento de perfis, embaladora de perfis e área de produto rejeitado afectas as duas linhas produtivas. Esta fase revelou-se particularmente útil no desenvolvimento do projecto, permitindo a consciencialização dos intervenientes do processo para importância na gestão do espaço disponível. As figuras 32 e 33 representam áreas ociosas, ocupadas por rejeições resultante do processo produtivo e reclamações de clientes, que tendo estas sido analisadas e identificados pelo Dep. de qualidade, não carecem da utilização da área ocupada.

Perante o exposto e após apresentação deste problema à Dir. de produção e Encarregado da fábrica, foi decidido pelos mesmos, disponibilizar as áreas referidas para a nova implementação de *layout*. Atendendo a que deve existir uma área na instalação destinada às rejeições, a mesma passará a ser reservada para o efeito no piso do R/C, permitindo não só libertar espaço para o processo produtivo, bem como minimizar o duplo trabalho de movimentação deste material da área produtiva para a expedição.



Figura 32 - Área ocupada por rejeições do processo produtivo da linha 1.



Figura 33 - Área ocupada por rejeições do processo produtivo da linha 2.

5.3.2. Etapa de pesquisa

Com base na associação dos diagramas de relações e caracterização do espaço necessário para disposição dos constituintes da instalação, devem nesta etapa do projecto ser apresentadas graficamente as formulações dos elementos até à data colectados. Desta forma encontram-se representados nas figuras 34 e 35, duas alternativas possíveis de projecto de *layout* para a instalação produtiva da Portax 1.

Importa referir que esta disposição de *layout* poderá representar uma disposição real, embora imperfeita, consequência de não serem consideradas algumas restrições existentes na instalação, que irão conduzir à elaboração do projecto final.

5.3.2.1. Alternativas propostas

5.3.2.1.1. Layout - Alternativa 1

No projecto de *re-layout* apresentado na figura 34 podem ser destacadas as seguintes alterações ao *layout* actual, em uso na empresa:

Para a linha 1; a nova disposição das prensas térmicas favorece a adjacência através da redução de distância com a máquina de aplicação de cola e túnel de secagem, considerando o ponto de *drop off* desta; a disposição da embaladora de portas e gavetas, permite a proximidade com a plataforma elevatória de comunicação entre os dois níveis da instalação. Para a linha 2, destacam-se; a localização da multi-serra e molduradoras, sendo que a nova disposição atende ao requisito de proximidade destes equipamentos com o silo e baterias de exaustão, bem como à aglomeração dos equipamentos susceptíveis de gerar contaminação dentro do mesmo espaço; a disposição da máquina de acabamento de perfis, favorece o fluxo produtivo e promove a adjacência entre o processo antecedente e subsequente; o reposicionamento da embaladora de perfis promove a adjacência com a plataforma elevatória.

Destaca-se ainda a disposição dos gabinetes afectos aos Dep. de produção, qualidade e planeamento, no chão de fábrica, como forma de aproximar estes serviços aos processos produtivos.

5.3.2.1.2. Layout - Alternativa 2

No que respeita ao projecto de *re-layout*, apresentado na figura 35, destacam-se as seguintes alterações ao *layout* actual:

Para a linha 1; a disposição da máquina de aplicação de cola com túnel de secagem; disposição das prensas térmicas; disposição da máquina de aplicação de cola; disposição do túnel de secagem e embaladora de portas e gavetas.

Para a linha 2, destaca-se; a nova localização das molduradoras, recobridoras, máquina de acabamento e embaladora de perfis. Tal como sugerido na alternativa 1, também nesta alternativa é proposta a disposição dos gabinetes afectos ao Dep. de produção, qualidade e planeamento, no chão de fábrica.

A presente disposição tem como consideração de projecto atender à separação dos processos produtivos (entre produção de portas e perfis), considerando a adjacência entre equipamentos e promovendo a linearidade dos processos, com intuito de reduzir *MHC*, *MHE*, *lead time*, espaços ociosos, stock em *WIP*, tentando ajustar o *takt time*¹ dos processos às necessidades da empresa.

Como consequência da redução de movimentação de *WIP*, estima-se uma diminuição de rejeições no decurso dos fluxos produtivos.

¹ *takt time* – Representa o ritmo desejado para o ciclo produtivo. Deve ser calculado pela divisão entre o tempo diário disponível de produção e a quantidade de produto necessário resultante das encomendas. Este termo está associado às práticas de *lean manufacturing*, pelo qual é desencadeado o conceito *pull system* ou produção puxada.

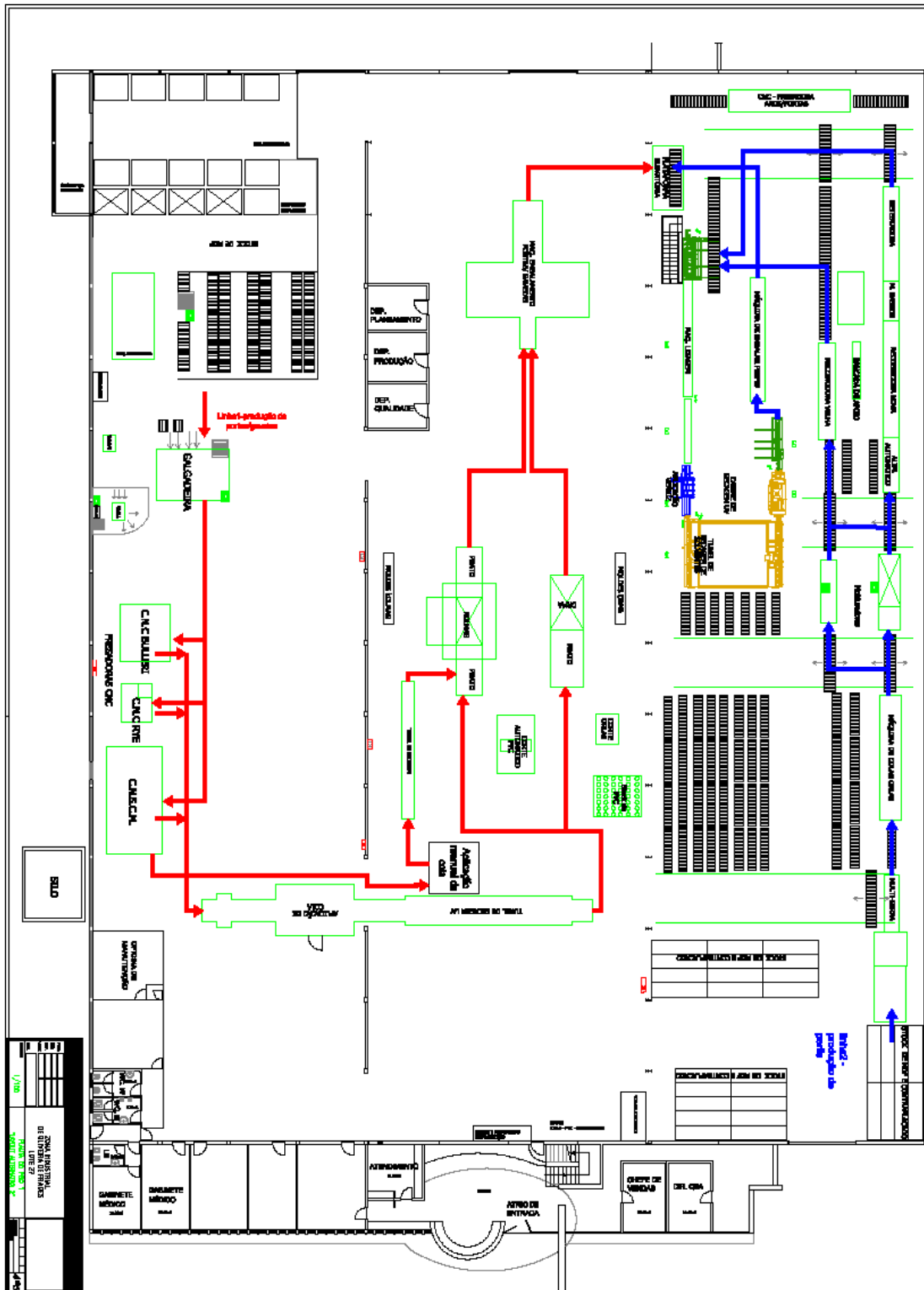


Figura 35: Alternativa 2 de layout com representação dos fluxos produtivos.

NOTA: O layout da figura 35 encontra-se representado no Anexo F, no final deste trabalho.

5.3.2.2. Restrições, considerações de mudanças e limitações práticas

Nesta fase de projecto, devem ser consideradas as possíveis restrições que provocarão mudanças necessárias ao *layout* desenvolvido. Pelo que o projecto deve ser ajustado, considerando as necessidades do fluxo produtivo e algumas restrições práticas que possam comprometer a sua total aplicação, conforme foi projectado, (LEE *et al.*, 1998).

Desta forma, considerando os dados recolhidos e analisados até ao momento, serão citadas algumas desvantagens do actual *layout*, em uso na Portax 1 e que foram tomadas em consideração na apresentação das alternativas anteriormente propostas; *i*) fluxo das linhas produtivas irregulares, com avanços e recuos no processo; *ii*) elevado dispêndio de tempo em transporte de materiais; *iii*) manobras na movimentação de materiais complexas, susceptíveis de gerar rejeições; *iv*) atrasos na entrega de material no processo subsequente; *v*) tempos improdutivo dos operadores, com a espera de material para o respectivo processo; *vi*) espaços ociosos; *vii*) localização dos departamentos de produção e qualidade, não favorece a supervisão do processo; *viii*) desmotivação e descontentamento dos operadores, resultante da excessiva distância entre equipamentos; *ix*) disposição dos equipamentos na linha de perfis, favorece o indesejável aumento de stock em *WIP* e falta de produtividade de máquinas e operadores.

Algumas das desvantagens e ineficiências anteriormente referidas são justificadas pelo facto da empresa, com intuito de garantir a sua sustentabilidade e crescimento, tenha introduzido valências no processo produtivo, o que permitiu disponibilizar novos produtos e serviços ao mercado, sem que para o efeito tenha considerado o *re-layout* do processo como um todo. Como exemplo destaca-se a disposição actual da máquina de colar orlas e máquina de acabamento, afectas à linha 2, onde se verifica que a sua localização não favorece a proximidade entre equipamentos, linearidade e eficiência do fluxo produtivo.

Em virtude do estudo em causa se basear no planeamento, projecto e proposta de *re-layout* de uma instalação produtiva existente, revelou-se impraticável ao longo da análise e estudo efectuado, dissociar e não prever as restrições encontradas na instalação, no decurso da elaboração das alternativas anteriormente propostas.

Pelo que as restrições analisadas e consideradas nas propostas de *layout* elaboradas, encontram-se de seguida descritas em pormenor:

- i)* Localização de portões da fábrica para acesso do MDF e contraplacado, para linha 1 e linha 2, condiciona a localização de stock deste material;
- ii)* Pilares de sustentação da cobertura do edifício que permitem a separação entre a área das fresadoras CNC com a área da máquina de aplicação de cola, prensas e área ocupada pela linha de produção de perfis;
- iii)* Parede entre pilares que separa a área das fresadoras CNC, com a máquina de aplicação de cola (na elaboração do *layout* proposto na alternativa 2 é considerada a demolição de uma secção de parede entre pilares, permitindo a disposição da máquina de aplicação de cola e túnel de secagem, conforme representado);
- iv)* Acessos, zonas de passagem e comunicação de operadores e materiais, dentro da fábrica;
- v)* Localização da plataforma elevatória, que proporciona a comunicação entre o piso 1 e o R/C;
- vi)* Localização do silo e baterias de exaustão. Este serviço condiciona a localização dos equipamentos que mais necessitam deste recurso, induzindo a sua adjacência de maneira a que beneficiem do máximo de capacidade de exaustão, com o mínimo de perda de carga, provocadas pelo afastamento a este serviço;
- vii)* Meios de movimentação de carga. Com base na distância e disposição do processo actual, denota-se a carência de meios de movimentação de materiais (porta-paletes), para atender eficazmente às necessidades de cada processo.

O investimento considerado para as propostas de *re-layout*, poderá representar uma das maiores restrições à implementação do novo *layout*, pelo que será dado especial ênfase a este tema na etapa de selecção.

5.3.3. Etapa de selecção

Nesta etapa, tal como já referido, devem ser definidos critérios para avaliar a melhor alternativa proposta, considerando factores que auxiliem a tomada de decisão.

Dentro destes, devem ser considerados; factores humanos, aproveitamento da área disponível, linearidade de fluxo, flexibilidade para futuras expansões, tendo em conta a minimização do custo envolvido e implícito ao *re-layout*, (KERNS, 1999).

Com vista a avaliarmos as alternativas propostas, atendendo à distância percorrida ao longo dos processos produtivos, encontram-se descritos na tabela 14 os tempos dispendidos e respectiva distância entre cada etapa produtiva.

Tempo de actividade e distância no processo produtivo																				
Linha 1 - produção de portas e gavetas				Linha 2 - produção de perfis																
Equipamento	Actividade	Layout actual			Alternativa 1			Alternativa 2			Actividade	Layout actual			Alternativa 1			Alternativa 2		
		t/minutos	Distância (metros)	t/minutos	Distância (metros)	t/minutos	Distância (metros)	t/minutos	Distância (metros)	t/minutos		Distância (metros)	t/minutos	Distância (metros)	t/minutos	Distância (metros)	t/minutos	Distância (metros)	t/minutos	Distância (metros)
Galgadeira	transporte matéria prima	1.5	5	1.5	5	1.5	5	1.5	5	0.4	7	5.5	68	0.4	7	5.5	68	0.4	7	
	preparação e operação	5		5		5		5		30		30		30		30		30		
	inspecção saída da máquina	0.5		0.5		0.5		0.5		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		
Fresadora CNC	transporte	1	4	1	4	1	4	1	4	5	48	0.5	4	5	48	0.5	4	5	48	
	preparação e operação	10		10		10		10		20		20		20		20		20		
	inspecção saída da máquina	0.5		0.5		0.5		0.5		0.33		0.33		0.33		0.33		0.33		
Robô de aplicação de cola e tunel de secagem	transporte	2.5	22	2.5	22	2.5	22	2.5	22	5.6	66	0.5	5	5.6	66	0.5	5	5.6	66	
	preparação e operação	5		5		5		5		30		30		30		30		30		
	inspecção saída da máquina	0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		0.25		
Prensas térmicas	transporte	3	39	2	25	2	25	0.5	10	0.75	12	4.5	72	0.75	12	4.5	72	1	5	
	preparação e operação	7		7		7		7		45		45		45		45		45		
	inspecção saída da máquina	0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		
Embaladora	transporte	1.6	8	1	5	1	5	2	12	1.6	25	0.6	4	1.6	25	0.6	4	1.6	25	
	inspecção saída da máquina	2		2		2		2		53		53		53		53		53		
	preparação e operação	4		4		4		4		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		
Expedição	transporte	1.5	18	1.5	18	1.5	18	1.5	14	0.5	9	0.3	5	0.5	9	0.3	5	0.5	9	
	inspecção saída da máquina									0.75		0.75		0.75		0.75		0.75		
	preparação e operação									2		2		2		2		2		
Total geral do processo produtivo		45,85 min.	96 m	44,25 min.	79 m	44,75 min.	79 m	44,75 min.	51 m	197,93 min.	177 m	194,98 min.	161 m	188,48 min.	161 m	194,98 min.	161 m	188,48 min.	57 m	
Total tempo de transporte		11,1 min.		9,5 min.		7 min.		7 min.		15,35 min.		11,9 min.		5,9 min.		11,9 min.		5,9 min.		

Tabela 14 - Tempo e distância entre alternativas ao longo do fluxo produtivo.

Resultante da análise aos dados apresentados na tabela anterior, concluímos que a alternativa 2 de *layout*, apresenta a melhor solução para as duas linhas produtivas, reduzindo substancialmente o tempo dispendido na movimentação de materiais, bem como a distância entre equipamentos nos processos. Respeitante à linha 1, este facto deriva essencialmente do reposicionamento da máquina de aplicação de cola e túnel de secagem, promovendo a proximidade entre o processo antecedente e subsequente.

No que respeita à linha 2, esta alternativa denota-se ser a mais vantajosa, essencialmente pela nova localização da máquina de colar orlas e posicionamento das molduradoras e máquina de acabamento, favorecendo o fluxo produtivo e promovendo uma maior linearidade deste processo.

5.3.3.1. Avaliação

5.3.3.1.1. Capacidade produtiva estimada com alternativas propostas

Considerando os tempos de ciclo produtivo, apresentados na tabela 15 e atendendo à capacidade produtiva com o actual *layout*, nesta fase interessa calcular o aumento de capacidade produtiva estimada, referente a cada alternativa proposta.

Capacidade produtiva entre alternativas de layout							
		Linha 1			Linha 2		
		Layout			Layout		
		Actual	Alternativa 1	Alternativa 2	Actual	Alternativa 1	Alternativa 2
Tempo de ciclo produtivo	min.	45,85	44,25	41,75	197,93	194,98	188,48
Ganho no ciclo produtivo	min.		- 1,6	- 4,1		- 2,95	- 9,45
	%		+ 3,5%	+ 9%		+ 1,5%	+ 4,8%

Tabela 15 - Aumento de capacidade produtiva entre alternativas propostas.

Como seria espectável, pela análise dos resultados obtidos e apresentados na tabela 14, podemos concluir no que respeita ao aumento da produtividade, que a alternativa 2 se revela ser a mais vantajosa para as duas linhas produtivas.

Considerando a actual capacidade produtiva diária de 1500 portas, referente à linha 1, estima-se um acréscimo diário de 135 portas com a instalação desta alternativa. Considerando a instalação do mesmo projecto de *layout* para a linha 2, estima-se um aumento da sua capacidade produtiva diária em aproximadamente 108 perfis, considerando a actual capacidade de 2250 perfis/dia.

Por outro lado, considerando a instalação da alternativa 1, estima-se um aumento de produtividade diária inferior, sendo de 53 portas para a linha 1 e 34 perfis para a linha 2.

5.3.3.1.2. Custo estimado para alterações propostas

Este factor tem especial importância na tomada de decisão pela melhor alternativa proposta, visto que pode inviabilizar a aceitação do novo *layout* pela ponderação do factor custo-benefício do novo projecto.

Desta forma, encontram-se descritos na tabela 16 os custos envolvidos nas alterações propostas, calculados segundo uma estimativa cedida pelas empresas da especialidade contactadas.

Custo de alterações práticas de novo projecto de layout			
		Acções	Custo
Alternativa 1	Linha 1	Deslocalização e reposicionamento das prensas térmicas	600 €
		Deslocalização da embaladora de portas e gavetas	300 €
		Executar instalação eléctrica para ligação de máquinas	400 €
	Linha 2	Deslocalização de multiserra, molduradoras, recobridoras e embaladora de perfis	1,600 €
		Reformulação e deslocalização de tubagens de exaustão da multiserra, molduradoras e máquina de acabamento	2,500 €
		Executar instalação eléctrica para ligação de máquinas	2,200 €
		Aquisição e montagem de gabinetes para Dep. produção, qualidade e planeamento	15,000 €
	Total	22,600 €	
Alternativa 2	Linha 1	Demolição de secção de parede entre pilares, para disposição da máquina de aplicação de cola e túnel de secagem	250 €
		Deslocalização de máquina de aplicação de cola e túnel de secagem, prensas térmicas, cabine de aplicação de cola manual, túnel de secagem, guilhotina de corte de PVC, embaladora de portas e gavetas	3,200 €
		Reformulação e deslocalização de tubagens de exaustão da máquina de aplicação de cola com túnel de secagem e cabine de aplicação de cola manual	1,500 €
		Executar instalação eléctrica para ligação de máquinas	2,600 €
	Linha 2	Deslocalização de máquina de colar orlas, molduradoras, recobridoras, máquina de acabamento e embaladora de perfis	1,800 €
		Reformulação e deslocalização de tubagens de exaustão da máquina de acabamento e molduradoras	1,600 €
		Aquisição de estruturas metálicas com rolos livres para movimentação de WIP	2,200 €
		Executar instalação eléctrica para ligação de máquinas	1,300 €
		Aquisição e montagem de gabinetes para Dep. produção, qualidade e planeamento	15,000 €
	Total	29,450 €	

Tabela 16 - Custos comparativos entre alternativas de projecto de *layout*.

Pela análise comparativa de custos associados às alterações propostas para o novo *layout*, verifica-se que a alternativa 1 se revela mais vantajosa, prevendo-se uma poupança aproximada de sete mil euros, face à alternativa 2.

Interessa referir que em ambas as alternativas propostas, a aquisição e montagem de novos gabinetes para servir o Dep. de produção, qualidade e planeamento, representa, aproximadamente 50% dos custos totais envolvidos.

5.3.3.1.3. Vantagens e inconvenientes comparativos

Considerando os elementos recolhidos e anteriormente apresentados, nesta fase do projecto, revela-se conveniente descrever as vantagens e inconvenientes entre alternativas propostas, facilitando a decisão de qual dos projectos mais se adequa às necessidades actuais e previstas para o futuro da empresa.

Alternativa 1 de *layout*

Vantagens: *i)* equipamentos susceptíveis de gerar contaminação por poeiras dentro da mesma área; *ii)* adjacência entre silo e baterias de exaustão, com equipamentos que geram contaminação; *iii)* maior proximidade entre equipamentos que utilizam mão-de-obra comum, diminuindo tempo e distância em *WIP*; *iv)* adjacência entre máquina de aplicação de cola com túnel de secagem e prensas térmicas; *v)* fluxo produtivo simplificado entre recobridoras, máquina de acabamento e embaladora de perfis; *vi)* maior proximidade entre embaladora de portas e perfis, com a plataforma elevatória de acesso à expedição.

Inconvenientes: *i)* aumento de tempo e distância entre stock de contraplacado e a multi-serra²; *ii)* distância entre máquina de colar orlas e recobridoras; *iii)* aumento de tráfego na movimentação de *WIP* na linha 1 e linha 2, provocando congestionamento na zona de fresagem; *iv)* reduzido aumento da capacidade produtiva.

Alternativa 2 de *layout*

Vantagens: *i)* separação dos processos produtivos da linha 1 com a linha 2; *ii)* fluxos produtivos simplificados, com a redução de avanços e recuos; *iii)* redução de tempo e distância entre equipamentos nos dois processos produtivos; *iv)* menor necessidade de meios de movimentação de carga; *v)* diminuição de produto rejeitado, resultante da menor necessidade de manuseio de materiais ao longo da fábrica;

² Verifica-se que a área reservada ao stock de MDF, não dispõe de espaço disponível para alocar stock de contraplacado.

vi) aumento da motivação dos operadores, consequência do menor esforço físico exigido no processo; **vii)** maior proximidade entre equipamentos que utilizam mão-de-obra comum, diminuindo tempo e distância em *WIP*; **viii)** aumento da linearidade do processo produtivo, diminui o *lead time* e favorece a aplicação do conceito *lean manufacturing*; **ix)** maior proximidade das embaladoras (linha 1 e linha 2), com a plataforma elevatória; **x)** aumento do fluxo do processo da linha 1 com a disposição da máquina de aplicação de cola e túnel de secagem, consequência dos pontos de *pick up e drop off* desta; **xi)** aumento significativo da capacidade produtiva diária; **xii)** flexibilidade no processo produtivo da linha 1, considerando futuras expansões; **xiii)** flexibilidade da linha 2, atendendo à produção de toda a gama de modelos de perfis que a empresa dispõe para comercializar e novos modelos que possam ser introduzidos no seu processo.

Inconvenientes: **i)** aumento da distância da multi-serra e molduradoras com silo e baterias de exaustão; **ii)** espaço disponível para reestruturação ou expansão do processo produtivo da linha 2; **iii)** Custo de *re-layout*.

5.3.3.2. Escolha de projecto futuro

De acordo com os resultados obtidos, pela ponderação dos factores; tempo de ciclo produtivo, capacidade produtiva estimada, custo de alteração de projecto e vantagens e inconvenientes comparativos denota-se que a alternativa 2 de projecto para *re-layout* da instalação industrial se destaca preferencialmente sobre a alternativa 1.

Como principais considerações, podem ser referidas: diminuição de MHC, MHE, proximidade entre instalações, linearidade do processo produtivo (linha 1 e 2), redução de tempos improdutos que não se traduzem em valor acrescentado, aumento da produtividade, satisfação dos colaboradores e flexibilidade industrial.

Tal como mencionado, a alternativa 2 tem como principal inconveniente comparativamente à alternativa 1 os custos de implementação. No entanto, face ao aumento da capacidade produtiva estimada, considera-se que a sua amortização será conseguida a curto/médio prazo.

Pela apresentação dos resultados obtidos e debate do tema com a Dir. geral e Dir. de produção, a decisão de escolha sobre o novo *layout* recai sobre a proposta de alternativa 2, sendo considerada a que mais se enquadra nas expectativas e necessidades actuais e previstas para o futuro da empresa. Denota-se que o factor que pesou para esta tomada de decisão foi o aumento estimado da capacidade produtiva,

esperando-se um acréscimo de competitividade da empresa em mercados internos e externos.

Considerando a opinião dos intervenientes directos no processo resultante da apresentação do projecto, verificou-se que este foi aceite com entusiasmo e motivação, tendo estes destacado como vantagem principal a proximidade entre equipamentos e linearidade nos processos produtivos, diminuindo o esforço físico necessário envolvido na operação dos mesmos.

Embora a Dir. geral da empresa esteja ciente das vantagens da instalação dos gabinetes de apoio ao Dep. de produção, qualidade e planeamento, no chão de fábrica, resultante da proximidade e interacção destes serviços com o processo produtivo, não assumiu esse compromisso com base no custo dessa alteração. Desta forma e atendendo também a este factor é apresentado na figura 36 o projecto de *layout* proposto e aprovado para implementação.

5.3.4. Instalação

Considerando o calendário de férias da Portax 1 para o ano de 2012 e de maneira a não interferir com os compromissos comerciais assumidos pela empresa, foi realizado o cronograma apresentado na tabela 17, que descreve as acções para execução das alterações necessárias à implementação do novo *layout*. O presente cronograma teve em consideração a disponibilidade dos fornecedores para a execução do projecto no período estipulado. Resultante do tempo estimado e disponível para execução do projecto, requiere-se atempadamente a adjudicação das alterações previstas de maneira a que os fornecedores possam, atempadamente efectuar o planeamento das operações envolvidas, sem desfasamento temporal, que possa vir a comprometer o arranque da actividade produtiva pós-férias.

		Agosto - 2012																			
		Semana 32					Semana 33					Semana 34									
		2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª					
Linha 1	Demolição de secção de parede entre pilares, para disposição de máquina de aplicação de cola e túnel de secagem	■																			
	Deslocalização de máquina de aplicação de cola e túnel de secagem, prensas térmicas, cabine de aplicação de cola manual, túnel de secagem, guilhotina de corte de PVC, embaladora de portas e gavetas	■	■	■	■	■	■														
	Reformulação e deslocalização de tubagens de exaustão da máquina de aplicação de cola com túnel de secagem e cabine de aplicação de cola manual				■	■	■	■	■	■											
	Executar instalação eléctrica para ligação de máquinas																	■	■	■	■
Linha 2	Deslocalização de máquina de colar orlas, molduradoras, recobridoras, máquina de acabamento e embaladora de perfis	■	■	■	■	■	■	■	■												
	Reformulação e deslocalização de tubagens de exaustão da máquina de acabamento e molduradoras						■	■	■	■	■										
	Construção de estruturas metálicas com rolos livres para movimentação de <i>WIP</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■											
	Executar instalação eléctrica para ligação de máquinas																	■	■	■	■

Tabela 17 - Cronograma para execução de alterações propostas com vista à implementação do novo *layout*.

Capítulo 6

Conclusão

6. Conclusão

6.1. Considerações finais

Ao longo dos tempos, as empresas têm sido confrontadas com adversidades, às quais tentam dar resposta para que possam manter e até fazer crescer as suas estruturas nos mercados onde operam.

O aumento da competitividade global, as crescentes variações de produtos, a grande inovação da tecnologia, a pressão pela redução dos custos de produção, o alto valor final dos produtos, a mudança das empresas para a pesquisa e desenvolvimento, têm sido um desafio importante para a gestão industrial com a tarefa de criar sistemas eficientes e flexíveis, na tentativa de alcançar a produtividade, satisfação dos colaboradores e funcionamento estável nas condições dinâmicas que caracterizam o cenário competitivo actual.

A competição instalada exige a redução de custos operacionais para que as organizações mantenham a sua posição no mercado, sendo que isto, apenas se torna possível com estruturas bem organizadas capazes de rentabilizar recursos, eliminando desperdícios.

Neste âmbito, o objectivo do projecto de *layout* de uma instalação tende a realizar uma combinação óptima, ou a mais adequada às necessidades, entre a disposição dos elementos que configuram as instalações industriais e a sua utilização, gerada pela existência dos diferentes fluxos de produção, resultante da diversidade de produtos.

Para este efeito, o projecto de *layout* tende a harmonizar e integrar equipamentos, mão-de-obra, materiais, áreas de movimentação, áreas de stock, áreas administrativas, em suma, todos os constituintes que contribuem para a eficiência da actividade industrial.

O trabalho aqui apresentado, com os conceitos pesquisados na literatura científica e aplicados no estudo de caso através do método SLP, pretendeu demonstrar a importância do projecto de *layout* e *re-layout* com o seu contributo para alcançar resultados competitivos nas empresas.

Espera-se poder contribuir de uma forma prática para a eficiência do processo produtivo da empresa em foco, não só através do aumento da competitividade, como também através da consciencialização de todos os intervenientes para a importância da organização e orientação do espaço para a melhoria do fluxo no processo produtivo. Torna-se espectável que a instalação do projecto de *layout*, estimule positivamente a organização para que esta consiga atingir as metas por si delineados e

obter vantagens competitivas face aos concorrentes, aumentando a sua participação no mercado.

No decurso do estudo de caso, verificou-se que por vezes as organizações e em particular na Portax 1, os seus actores, mantendo as atenções direccionadas para a concretização dos objectivos diários, descoram conceitos e oportunidades de melhoria que poderão tornar-se factores de diferenciação, promovendo a sustentabilidade e crescimento da empresa, nos mercados voláteis e de extrema concorrência.

Desta forma, importa referir as considerações tidas na elaboração do presente estudo de caso que fundamentam os resultados obtidos, de acordo com os objectivos estabelecidos para o desenvolvimento deste trabalho, sendo estes: minimizar *lead time* do processo, particularmente com a redução dos tempos dedicados ao transporte de materiais, permitindo agilizar o processo produtivo; maximizar o aproveitamento do espaço disponível, com a redução de espaços ociosos, permitindo aumentar a proximidade dos equipamentos dentro dos processos produtivos, diminuindo custos operacionais derivados desse aproveitamento; maximizar segurança, satisfação e conforto dos operadores, revelando-se um factor de extrema importância para o aumento da produtividade; promover a flexibilidade na disposição de equipamentos e operações; minimizar *MHC*, como consequência da linearidade e proximidade entre estações de trabalho; optimização do processo produtivo e estrutura organizacional; minimizar investimentos em equipamentos e meios de suporte ao processo; promover o fluxo de informação e gestão operacional; promover um processo dinâmico e flexível capaz de responder a variações na procura e variabilidade de produtos; promover a flexibilidade de equipamentos, como forma de rentabilização dos mesmos; minimizar custos de *re-layout*, que pudessem por em causa a viabilidade prática do projecto.

No que concerne à caracterização do tipo de *layout* adoptado, considerando o tipo de processo produtivo mais ajustado à empresa e de forma a satisfazer as restrições da instalação, optou-se por considerar o *layout* por processo, aquele que mais satisfaz as necessidades da empresa, considerando as suas vantagens e inconvenientes. No entanto, foram introduzidas alterações que propiciam a linearidade e proximidade nas etapas dos processos produtivos, melhorando o fluxo produtivo. Como resultado alcançado, com base nos resultados estimados, descritos na tabela 14, é expectável a redução de tempo e custo de transporte de materiais em 37% para a linha 1 e 62% para a linha 2.

Com referência ao aumento da capacidade produtiva estimada, conforme descrito no capítulo 5, verifica-se que esta resulta directamente da redução do tempo dispendido na movimentação de materiais, tendo como principio que todas as condições estejam reunidas para o efeito. No entanto, verifica-se que existem condicionalismos no *layout* actual, que não foram tomados em consideração pela

impossibilidade actual de serem quantificados e que poderão com a aplicação prática do projecto vir a contribuir para o aumento da capacidade produtiva face ao previsto, sendo estes; *i)* considerado que não existe tempo de espera pela falta de disponibilidade de meio de movimentação de carga; *ii)* considerado que na distância percorrida pela movimentação de materiais não existe congestionamento de tráfego com o cruzamento de materiais entre processos; *iii)* considerado que os recursos humanos comuns aos vários equipamentos estejam disponíveis em cada etapa do processo, no momento necessário (resultante da distância entre equipamentos).

Com base na previsão do aumento da capacidade produtiva actual e margem de lucro calculado em função do volume de vendas respeitante ao ano transacto, espera-se que a amortização do investimento seja possível em cinco meses, podendo este ser diminuído em função do aumento da capacidade produtiva, considerando o exposto anteriormente.

Como referido no capítulo 4 deste trabalho o desenvolvimento do projecto de *layout*, propicia a redução dos sete desperdícios que estão na base do conceito *lean manufacturing*.

Pelo que, outra consideração que foi ganhando forma no desenvolvimento do presente projecto através da demonstração dos benefícios quantitativos e qualitativos resultantes da reestruturação do espaço produtivo, foi a abordagem de novos conceitos de gestão industrial, nomeadamente a implementação do conceito de produção enxuta na empresa. Desta forma e atendendo à influência do planeamento de *layout* neste conceito, existiu no desenvolvimento deste projecto a intenção de criar condições para a implementação deste sistema de gestão. Neste âmbito, com a implementação do *layout* proposto, pensa-se conseguir resultados positivos para este efeito, nomeadamente na redução de espera ao longo dos processos produtivos, transporte e movimentações, desperdício resultante do processo, stock em *WIP*, rejeições por defeitos e trabalho desnecessário.

Tomando por base, que o desenvolvimento do presente estudo de caso usou a metodologia pesquisa/acção, importa referir que parte das conclusões extraídas, foram elencadas ao longo do capítulo 5, como requisito para chegar ao projecto final.

6.2. Proposta para trabalhos futuros

Interessa referir que se denota a necessidade de realizar um longo trabalho para a implementação de conceitos de gestão de produção na empresa, em particular o *lean manufacturing*. Como ponto de partida importante, destaco a receptividade e motivação dos colaboradores e órgãos de gestão, para acolher as medidas de melhoria propostas, com incidência sobre a Dir. de produção, que sentido pressão para aumentar a capacidade produtiva instalada, acolheu com agrado esta nova mudança e demonstrou abertura para novas propostas de melhoria, sem que tenha em algum momento manifestado qualquer tipo de resistência à mudança.

Desta forma e após concretização dos resultados esperados, com a implementação do projecto de *layout* proposto, parece-me interessante como primeira proposta de trabalho futuro a implementação do conceito de *lean manufacturing* na empresa, como forma de melhorar a sua organização e reforçar a sua posição competitiva em mercados internos e externos.

Como segunda proposta de trabalho futuro e considerando que a MCL, SA é constituída por quatro unidades industriais, penso que se revelaria uma mais valia para o grupo, que após implementação do projecto na Portax 1 e constatação dos resultados, se transpusessem os conceitos aqui elencados e servissem de base de estudo a aplicar nas restantes três unidades industriais, com o objectivo de otimizar os seus processos produtivos.

6.3. Dificuldades e limitações práticas no desenvolvimento do projecto

Como maiores dificuldades e condicionalismos encontrados no desenvolvimento dos vários projectos possíveis e equacionados, que conduziram apenas à avaliação de duas alternativas propostas neste trabalho, refiro; a localização da plataforma elevatória, a localização dos portões de acesso à unidade industrial, a disposição de pilares metálicos de sustentação da cobertura da fábrica e a localização do silo e baterias de exaustão, que se revelaram factores condicionantes à apresentação de outras soluções devido à extrema complexidade e aos elevados custos associados na deslocalização destes serviços de suporte.

Como limitação prática ao presente estudo de caso, destaco o desfasamento temporal entre o desenvolvimento do projecto e a data propícia para executar a implementação prática do projecto de *layout* na empresa. Sendo que seria

interessante complementar este trabalho com valores reais resultantes da avaliação da melhoria de gestão organizacional da empresa com reflexo no aumento da produtividade conseguida.

Referências

Bibliográficas

Referências Bibliográficas

E. Ferrari, A. Pareschi, A. Persona e A. Regattieri, Plant *Layout* Computerised Design: Logistic and *Relayout* Program (LRP). **International Journal Advanced Manufacturing Technology** ,2003, Vol. 21, p. 917–922.

Joseph G. Monks, Theory and Problems of Operations Management. **Schaum McGraw Hill, 1987.**

Alain Courtois, Maurice Pillet, Chantal Martins-Bonnefous, Gestão da produção, traduzido do original: Gestion de Production. **Lidel, 2003.**

Kiyoshi Suzaki, Gestão de operações LEAN – Metodologias Kaizan para a melhoria contínua, traduzido do original: The new manufacturing challenge. **LeanOp press, 2010.**

Richard B. Chase, F. Robert Jacobs e Nicholas J. Aquilano, Operations Management for Competitive Advantage, 11^a edition. **McGraw-Hill, 2006.**

Guilherme L. Tortorella e Flávio S. Fogliatto, Planejamento sistemático de *layout* com apoio de análise de decisão multicritério. **Produção, 2008, Vol. 18, n. 3, p. 609-624.**

Richard B. Chase, Nicholas J. Aquilano, Production and Operations Management – A life cycle approach. **Monitor, 1989.**

Ramazan Şahin, A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility *layout* problem. **Expert Systems with Applications, 2011, Vol. 38, Issue 4, April 2011, p. 4460–4465.**

Lie Chien Lin, Gunter P. Sharp, Quantitative and qualitative indices for the plant *layout* evaluation problem. **European Journal of Operational Research, 1999, Vol.116, p. 100-117.**

Al-Mubarak, Fahad ; Canel, Cem ; Khumawala, Basheer M, A simulation study of focused cellular manufacturing as an alternative batch-processing *layout*. **International Journal of Production Economics, 2003, Vol.83(2), p.123-138.**

AMINE DRIRAA, HENRI PIERREVALA, SONIA HAJRI-GABOUJB, Facility *layout* problems: A survey. **Annual Reviews in Control**, 2007, Vol.31(2), p.255-267.

BAKER, P., CANESSA, M., Warehouse design: A structured approach. **European Journal of Operational Research**, 2009, Vol.193(2), p.425-436.

BALAKRISHNAN, JAYDEEP ; CHENG, CHUN HUNG, Multi-period planning and uncertainty issues in cellular manufacturing: A review and future directions. **European Journal of Operational Research**, 2007, Vol.177 (1), p.281-309.

BAPTISTA, P., A Inovação nos Produtos, Processos e Organizações. Porto: **Sociedade Portuguesa de Inovação**, 1999.

BENJAAFAR, SAIFALLAH, Modeling and Analysis of Congestion in the Design of Facility *Layouts*. **Management Science, Institute of Management Sciences**, 2002, Vol. 48, n. 5, p. 679-704.

Benjaafar, Saif; Heragu, Sunderesh S; Irani, Shahrukh A., Next Generation Factory *Layouts*: Research Challenges and Recent Progress. **Interfaces**, 2002, Vol.32(6), p.58-76.

BORNIA, A.C.; Análise gerencial de custos em empresas modernas. Porto Alegre: **Bookman**, p-72, 2002.

CHASE, R.B., JACOBS, F.R. E AQUILANO, N.J. Operations management for competitive advantage. **McGraw Hill international Edition** 2006.

Datta, Dilip Amaral, André R.S. ; Figueira, José Rui, Single row facility *layout* problem using a permutation-based genetic algorithm. **European Journal of Operational Research**, 2011, Vol.213(2), p.388-394.

DÁVID LOSONCI, KRISZTINA DEMETER, ISTVÁN JENEI, Factors influencing employee perceptions in lean transformations. **International Journal of Production Economics** Volume 131, Issue 1, May 2011, Pages 30–43.

DE MEYER, A., Flexibility – The next competitive battle, **Insead Working Paper**, WP/86/31, Fointainebleu, 1986.

DEMANPOUR,F.; Organizational Complexity and Inovation: Developing and Testing Multiple Contingency Models; **Management Science**, **42 (5)**, pp. 693-716.

DHAMODHARAN RAMAN , SEV V. NAGALINGAM, GRIER C.I. LIN; Towards measuring the effectiveness of a facilities *layout*. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing** **25 (2009) 191–203**.

DIXON, J.R., Measuring manufacturing flexibility: an empirical investigation. **European Journal of Operational Research**, n. 60, n. 2, p. 131-143, 1992.

Escola de Gestão do Porto; Estudo estratégico das indústrias de madeira e mobiliário; **AIMMP – Associação das Indústrias de Madeira e Mobiliário de Portugal**.

FRANCIS, RICHARD L.; WHITE, JOHN A., Facility *layout* and location an analytical approach. **Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1974**.

G.MENG, S. S. HERAGU & H.ZIJM, Reconfigurable *layout* problem, **International Journal of Production Research**, V. 42 (2004) p. pages 4709-4729.

GIOVANI J.C. DA SILVEIRA, Effects of simplicity and discipline on operational flexibility: An empirical reexamination of the rigid flexibility model. **Journal of Operations Management** V. 24, 932–947, 2006.

H. ELMARAGHY, A. AZAB, G. SCHUH, C. PULZ, Managing variations in products, processes and manufacturing systems. **CIRP Annals - Manufacturing Technology** **58**, p. 441–446, 2009.

J.S.KOCHHAR e S.S. HERAGU, Facility *layout* design in a changing environment. **International Journal of Production Research**, vol. 37, no. 11, 2429- 2446, 1999.

JAMES F. CAMPBELL, Integer programming formulations of discrete hub location problems. **European Journal of Operational Research**, 1994 Vol. 72(2), p.387-405.

JOÃO PAULO PINTO, Pensamento lean – a filosofia das organizações vencedoras. **Lidel** 2009.

KLOSE, ANDREAS ; DREXL, ANDREAS, Facility location models for distribution system design. **European Journal of Operational Research**, 2005, Vol.162(1), p.4-29.

KRISZTINA DEMETER, ZSOLT MATYUSZ, The impact of lean practices on inventory turnover **International Journal of Production Economics, Volume 133, p. 154–163, 2011.**

LEE, CHAEHWA ; WILHELM, WILBERT, On integrating theories of international economics in the strategic planning of global supply chains and facility location. **International Journal of Production Economics, 2010, Vol.124(1), p.225-240.**

MARGARET L. BRANDEAU, SAMUEL S. CHIU, An overview of representative problems in location research. **Management Science, Vol.35, No 6. Jun., 1989.**

MASSOUD BAZARGAN, *Layout designs in cellular manufacturing.* **European Journal of Operational Research, Volume 112, Issue 2, 16 January 1999, Pages 258–272.**

MILOS SEDA, Mathematical Models of Flow Shop and JobShop Scheduling Problems. **World Academy of Science, Engineering and Technology 31 2007, p.122-127.**

MONTREUIL, B.; VENKATADRI, U.; RATLIFF, H.D. *Generating a layout from a design skeleton.* **IIE Transactions, Francis & Taylor, 1993, Vol. 25, n. 1, p. 3-15.**

R. BEACH, A.P. MUHLEMANN, D.H.R. PRICE, A. PATERSON, J.A. SHARP, A review of manufacturing flexibility. **European Journal of Operational Research 122, p. 41-57, 2000.**

RACHNA SHAHA, PETER T. WARDB, Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management V. 21, p. 129–149, 2003.**

RAMAN, DHAMODHARAN ; NAGALINGAM, SEV V. ; LIN, GRIER C.I., Towards measuring the effectiveness of a facilities *layout*. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2009, Vol.25(1), p.191-203.**

S. G. PONNAMBALAM , V. RAMKUMAR, A Genetic Algorithm for the Design of a Single-Row *Layout* in Automated Manufacturing Systems. **International Journal Advanced Manufacturing Technology (2001) Vol.18, p.512–519.**

S. P. SINGH . R. R. K. SHARMA, A review of different approaches to the facility *layout* problems. **International Journal Advanced Manufacturing Technology (2006) 30: 425–433.**

SAIF BENJAFFAR, SUNDERESH S. HERAGU, SHAHRUKH A. IRANI, Next generation Factory *layouts*: Research Challenges and Recent Progress. **Informs: Institute for operations research**, 2002, Vol. 32, No. 6, pp. 58-76, November-December 2002.

SETHI, A.K.; SETHI, S.P., Flexibility in manufacturing: a survey. **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 2, n. 4, p. 289-328, 1990.

SLACK,N.; Flexibility of Manufacturing systems. **International Journal of Operations and Production Management**, vol. 7, no. 4, pp 35-45,1994.

STEFAN BOCK, KAI HOBERG; Detailed *layout* planning for irregularly-shaped machines with transportation path design, **European Journal of Operational Research** 177 (2007) 693–718.

TAHO YANG, BRETT A. PETERS, Flexible machine *layout* design for dynamic and uncertain production environments. **European Journal of Operational Research** 108, p. 49-64, 1998.

TAVARES DALCOL; Seleccção de flexibilidades de manufatura: uma analogia à carteira de acções para minimização de riscos e problemas no ambiente fabril, **Gestão & Produção, São Carlos**, v. 17, n. 2, p. 351-366, 2010.

TINCKNELL, D.J.; RADCLIFFE, D.F., A generic model of manufacturing flexibility based on system control hierarchies. **International Journal of Production Research**, v. 34, n. 1, p.19-32, 1996.

DHAMODHARAN RAMAN, SEV V. NAGALINGAM, GRIER C. I. LIN, Towards measuring the effectiveness of a facilities *layout*. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing** 25 (2009) 191–203.

UALISON RÉBULA OLIVEIRA, FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS, PAULO ROBERTO WIENDAHL, H.-P. ; ELMARAGHY, H.A. ; NYHUIS, P. ; ZÄH, M.F. ; WIENDAHL, H.-H. ; DUFFIE, N. ; BRIEKE, M., Changeable Manufacturing - Classification, Design and Operation. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, 2007, Vol.56(2), p.783-809.

YANG, TAHO ; PETERS, BRETT A., Flexible machine *layout* design for dynamic and uncertain production environments. **European Journal of Operational Research**, 1998, Vol.108(1), p.49-64.

ZELENOVIC D., A condition for effective production systems. **International Journal of Production Research**, v. 20, n. 3, p. 319-337, 1982.

ZHAO, XIAOLI ; YIN, HAITAO, Industrial relocation and energy consumption: Evidence from China. **Energy Policy**, 2011, Vol.39(5), p.2944-2956.

– ANEXO A –

LAYOUT ACTUAL DO PISO 1

- ANEXO B -

**TABELA DE QUANTIDADE E VARIEDADE DE PORTAS E
GAVETAS PRODUZIDAS EM 2011**

		PORTAS e GAVETAS																										
		ROMA CAPELA		MADRID CAPELA		TURIM		PARIS		VIENA		SALAMANCA		MÉRIDA		BERLIN		LONDRES		FLORENÇA		ATENAS		PÓVOA		BRÁCARA		
		Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas	Gavetas	Portas
Polilaminado - PVC	Standard	Branco Unicolor	2328	617	1115	316					320	86			853	264										468	155	
		Bicolor Cinza	1552	427	557	164								103	32													
		Branco Fresno	970	238	781	213						71	19	65	20	394	126								147	45	166	53
		Branco Satinado	621	196	1561	395						410	120	71	23													
		Carvalho						926	271	2445	743	225	54			706	210	885	272	252	75	553	173					
		Acajou								840	281							191	62	637	190							
		Cinza -R	1359	331	133	39						168	50			312	97											
		Vermelho Granat						661	195																		962	284
		Violeta Melanzana						1058	308																		794	245
		Decapé Country													229	70					151	45						
		Faia			313	83	3420	930	2248	656	1681	519	198	54				707	227				724	224				
		Maple Claro									535	151			51	16					431	129				202	65	
		Maple Escuro									611	179			92	30					316	94				116	39	
		Azul Caraíbas						397	120							1439	465											
	Nogueira Artemide									458	129	662	216	101	32			252	75									
	Teka									1299	363									438	131					301	91	
	Creme Dunas									188	54	141	44			592	172											
	Laranja						1058	293																213	75	212	63	
	Verde Maça									424	120															532	160	
	Tobacco									688	205	618	181							186	56							
	Wengué					1710	516	661	190	1757	532							357	102			312	93					
	Cerejeira Púrpura						1587	465						164	47	869	261			668	200				162	48		
	Verde b049																											
	Alto Brilho	Branco	931	247						814	244	264	77															
		Moca						264	76													383	111					
		Laranja						793	239																			
Dark Red						769	225	529	167																929	295		
Creamy Maple										672	184				917	273												
Burgundy Maple										578	176			126	37					359	107							
New blue maple								2380	664															74	22			
Soft Touch	Sydney maple								1145	356													135	46				
	Faia Tirol					5289	1566			291	86					463	152			571	173							
	Carvalho Natur						855	280	3306	903							277	80	261	78	377	108	82	31				
	Cerejeira Cognac						1068	323			956	269			345	108			142	42	135	40						
	Cerejeira Sydney						642	187	1852	522				340	96			609	195			122	37					
	Alumínio Satin claro						86	24			1146	337																
Alumínio Satin esc.								3436	986																			
Quantidade total / produto		7761	2055	4460	1209	8550	2485	26445	7621	15281	4575	4324	1256	1342	402	6427	1974	3741	1165	3841	1148	3177	959	1131	372	4364	1346	
% de volume produzido		8.54%	7.73%	4.91%	4.55%	9.41%	9.36%	29.11%	28.69%	16.82%	17.22%	4.76%	4.73%	1.48%	1.51%	7.07%	7.43%	4.12%	4.39%	4.23%	4.32%	3.50%	3.61%	1.24%	1.40%	4.80%	5.07%	
Total portas produzidas		90844																										
Total gavetas produzidas		26567																										

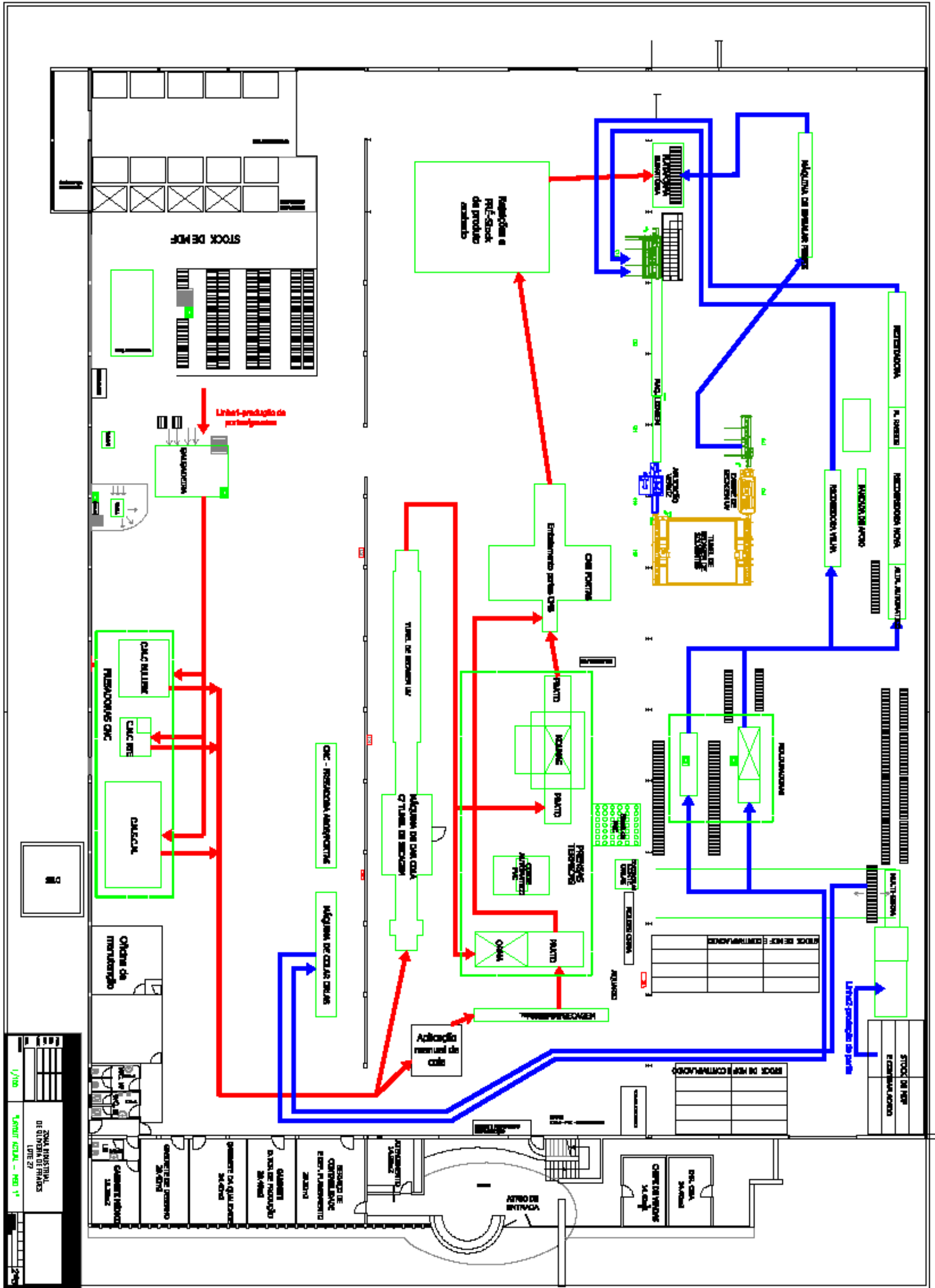
- ANEXO C -

**TABELA DE QUANTIDADE E VARIEDADE DE PERFIS
PRODUZIDOS EM 2011**

		MOLDURAS / PERFIS															
		Aduela	Guarnição	Rodapé	Rodatecto	Lambrim	P5030	PE01	PE02	PE03	P201	P202	P203	P204	P205	P001	P003
Polilaminado	Branco Unicolor						1803	211	56	38	164	66	65	73	177	1306	87
	Bicolor Cinza						906	73	78	25	574	33	113	141	93	2395	164
	Branco Fresno						1305	63	29	71	310	63	21	78	92	1324	84
	Branco Satinado						1259	42	89	74	328	122	33	41	51	560	29
	Vermelho Granat						815	59	87	138	109	23	61		33	435	44
	Carvalho						1583	98	99	126	593	117	119	135	194	2245	177
	Faia						739	127	85	149	656	134	128		169	2623	154
Folha de madeira natural	Carvalho	5377	15405	2734	101	1088											
	Faia	5260	15070	2544	100	1064											
	Cerejeira	3507	10046	1736	67	710											
	Wengué	4909	14065	2416	93	993											
	Mogno	2855	8192	1412	54	577											
	Pinho	776	2196	383	15	155											
	Castanho	696	2004	346	13	143											
Quantidade total / produto		23380	66978	11571	443	4730	8410	673	523	621	2734	558	540	468	809	10888	739
% de volume produzido		17.44%	49.96%	8.63%	0.33%	3.53%	6.27%	0.50%	0.39%	0.46%	2.04%	0.42%	0.40%	0.35%	0.60%	8.12%	0.55%
Total de perfis produzidos		134065															

– ANEXO D –

**LAYOUT ACTUAL DO PISO 1 COM REPRESENTAÇÃO DOS
FLUXOS PRODUTIVOS**



NO	DESIGNAȚIE	QUANTITATE	REMARKS
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

1/100
 ZONA INDUSTRIALĂ DE ÎNFRUNȚĂRI
 LIPSE 27
 PLANUL ACTUAL - NEI 1*

– ANEXO E –

PROPOSTA DE *RE-LAYOUT* – ALTERNATIVA 1

– ANEXO F –

PROPOSTA DE *RE-LAYOUT* – ALTERNATIVA 2

– ANEXO G –

LAYOUT FINAL PROPOSTO PARA INSTALAÇÃO

