

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

**UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA  
PARA O  
PROCESSO DE CONCEPÇÃO DOS ESPAÇOS FÍSICOS  
INDUSTRIAIS**

Dissertação Submetida  
à Universidade Federal de Santa Catarina para a Obtenção do  
Grau de Mestre em Engenharia

**Gilson Wessler Michels**

Florianópolis/SC

AGOSTO/1993



0.215.889-9

UFSC-BU

**UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA  
PARA O  
PROCESSO DE CONCEPÇÃO DOS ESPAÇOS FÍSICOS INDUSTRIAIS**

**GILSON WESSLER MICHELS**

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE**

**"MESTRE EM ENGENHARIA"**

**ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.**



---

**Prof. Ingeborg Sell, Dr. rer. nat.**  
*Orientador*



---

**Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.**  
*Coordenador do Curso*

**BANCA EXAMINADORA:**



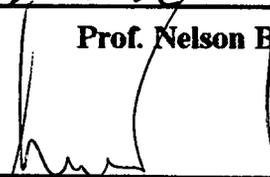
---

**Prof. Ingeborg Sell, Dr. rer. nat.**  
*Presidente*



---

**Prof. Nelson Back, Ph.D.**



---

**Prof. Luiz Fernando Heineck, Ph.D.**

**Dedico este trabalho à Ana Maria, por  
todas as razões que, juntos, encontramos  
ao longo dos últimos anos.**

## **AGRADECIMENTOS**

---

Ao final de tarefas como estas, que nos consomem tempo, esforço e dedicação, descobrimos, olhando para trás, que os resultados finais são, na verdade, produtos também da soma de apoios que recebemos ao longo de todo o percurso. Tais apoios, de vários ordens, corrigem rumos, renovam nossas forças e nos estimulam a prosseguir. Assim, o que faço aqui, hoje, ao concluir esta dissertação, não é apenas agradecer, mas sim repartir com as seguintes pessoas os méritos que este trabalho eventualmente possa ter:

- **Professora Ingeborg Sell**, pela seriedade, competência e coerência com que encara a função científica, pela confiança depositada e pelo constante estímulo.
- **Gregório e Silvina**, meus pais, por tudo que me permitiram ter acesso na vida, pela formação transmitida e pelo carinho e afeto sempre presentes, ano após ano.
- **Cláudio e Arlene**, meus sogros, pelo estímulo, pelo apoio certo na hora certa e pelo empenho cotidiano em demonstrar que obstáculos existem para serem transpostos.

## **RESUMO**

---

Este trabalho define uma abordagem metodológica para o processo de concepção dos espaços físicos industriais. A partir da convicção de que recursos físicos são componentes importantes da organização industrial e da relação entre indústria e sociedade, procura-se conformar um roteiro de projeto que permita a conciliação das posturas estratégicas empresariais com as características do espaço físico construído.

Além da definição de um roteiro, o trabalho define uma filosofia de projeto. Considerados a crescente escassez de recursos (materiais, humanos, financeiros) e o incremento das exigências de mercado, torna-se crítica a correta aplicação destes recursos e o atendimento destas exigências através de uma postura de trabalho integrada, interdisciplinar e concorrente.

A abordagem integrada para o processo de concepção dos espaços físicos industriais é definida a partir da incorporação de conceitos vinculados a metodologias de desenvolvimento de produtos. Tomados como produto, os espaços físicos podem incorporar, durante sua concepção, desenvolvimento e vida operacional, preocupações típicas do projeto de qualquer produto industrial, tornando possível o uso de muitas técnicas, por analogia e extensão.

## **ABSTRACT**

---

This work defines a methodological approach to the process of conception of the industrial physical spaces. Based on the conviction that physical resources are important components of the industrial organization and of the relationship between industry and society, it is attempted to develop a project-steps-sequencing which permits the conciliation of the strategic business postures with the characteristics of the constructed physical spaces.

Besides the definition of a steps-sequencing, the work defines a project-philosophy. Considering the growing scarcity of resources (material, human, financial) and the increase of the market demands, the correct application of these resources and the response to these demands through an integrated, interdisciplinary and concurrent work-attitude becomes critical.

The integrated approach to the process of the conception of the physical industrial spaces is defined based on the incorporation of concepts linked with product development methodologies. Taken as products, the physical spaces can incorporate, during their conception, their development and their operational life, typical preoccupations of the project of any industrial product, making the utilization of many techniques, through analogy and extension, possible.

# SUMÁRIO

---

## Lista de Figuras

<b>Introdução</b>	01
-------------------	----

## **PARTE I: A FÁBRICA E O PROJETO INDUSTRIAL**

<b>Capítulo 1: Introdução ao Estudo de Projetos Industriais A Filosofia do Conceito Fábrica</b>	05
1.1. O Conceito de Projetos Industriais	06
1.2. As Demandas de um Projeto Industrial	06
1.3. O Âmbito de um Projeto Industrial	07
1.4. A Evolução do Conceito Fábrica	08
1.4.1. Filosofia e Análise	11
1.4.2. Filosofia, Síntese e Sistemas	13
1.5. Uma Abordagem Sistêmica do Espaço Físico Industrial	13
1.6. Sistemas, Estratégia, Integração	16
<b>Capítulo 2: A Implantação de uma Fábrica O Roteiro de Um Projeto Industrial</b>	18
2.1. O Projeto Industrial como Produto	18
2.2. A Metodologia de PAHL & BEITZ	19
2.2.1. A Base Conceitual	19
2.2.2. O Processo Metodológico	22
2.3. A Metodologia de BLANCHARD & FABRYCKY	26
2.3.1. A Base Conceitual	26
2.3.2. O Processo Metodológico	26
2.4. Das Metodologias ao Roteiro de Implantação da Fábrica	32
2.4.1. Engenharia Concorrente e Ciclo de Vida	32
2.4.2. As Fases, Etapas e Atividades de um Projeto Industrial	34
2.4.3. O Roteiro e as Metodologias de Desenvolvimento de Produtos	38
2.5. A Fase de Planejamento	40
2.5.1. Uma Visão Geral	40
2.5.2. Formulação de Diretrizes	43

2.6. A Fase de Pré-Investimento	45
2.6.1. Os Estudos de Posicionamento	45
2.6.2. Os Estudos de Pré-Investimento	47
2.7. A Fase de Investimento	51
2.7.1. Os Estudos de Investimento	53
2.7.2. A Etapa de Investimento	56
2.7.3. A Etapa de Pré-Operação	56
2.8. A Fase de Operação	57
2.9. O Lugar da Concepção do Espaço Físico Industrial	58

## **PARTE II: CONCEPÇÃO E ESTRATÉGIA**

### **Capítulo 3: O Processo de Concepção do Espaço Físico Industrial Os Planos Diretores e as Disciplinas de Projeto**

3.1. Da Concepção ao Gerenciamento Estratégico	63
3.1.1. As Razões para uma Abordagem Estratégica	63
3.1.2. A Abordagem Estratégica	65
3.2. Os Planos Diretores	67
3.3. O Plano Diretor Geral (PDG)	73
3.4. O Plano Diretor Específico (PDE)	81
3.5. Os Planos Diretores e o Processo de Concepção da Fábrica	86

## **PARTE III: CONCEPÇÃO E PROJETO**

### **Capítulo 4: O Estudo do Processo Industrial A Engenharia de Processos Industriais**

4.1. Passo 1: Definição de Condicionantes (Requisitos de Projeto)	89
4.2. Passo 2: Seleção da Tecnologia	89
4.2.1. O Conceito de Tecnologia	89
4.2.2. Tecnologias Alternativas	93
4.3. Passo 3: Definição do Processo Produtivo	95
4.3.1. A Pesquisa dos Processos Produtivos	95
4.3.2. Os Tipos de Processos Produtivos	96
4.3.3. Os Elementos do Estudo do Processo Produtivo	97

4.4. Passo 4: Estudo dos Elementos do Sistema de Produção	99
4.4.1. A Alocação de Funções entre Homens e Máquinas	99
4.4.2. A Combinação de Soluções	102
4.4.3. Os Perigos da Automatização	103
4.5. Passo 5: Organização dos Elementos do Sistema de Produção (Escolha do Tipo de Arranjo Industrial)	104
4.5.1. Arranjo Físico Posicional (ou por Posição Fixada)	105
4.5.2. Arranjo Físico Funcional (ou por Processo)	105
4.5.3. Arranjo Físico Linear (ou por Produto)	107
4.5.4. Arranjo Físico Celular	107
4.5.5. Escolha do Tipo de Arranjo	108
4.6. Passo 6: Definição das Unidades Auxiliares	113
4.6.1. A Especificação dos Sistemas Auxiliares	113
4.6.2. Os Tipos de Unidades Auxiliares	115
4.7. Passo 7: Definição do Arranjo Industrial Básico	116
4.7.1. Os Objetivos do Arranjo	117
4.7.2. A Confecção do Arranjo	118
4.8. Passo 8: Estudo dos Ciclos de Produção	120
4.9. Passo 9: Definição das Unidades de Apoio Industrial, Administrativas e de Apoio Administrativo	125
4.10. Passo 10: Dimensionamento de Áreas	126
4.10.1. Dimensionamento das Unidades Industriais	127
4.10.2. Dimensionamento das Unidades de Apoio Industrial	129
4.10.3. Dimensionamento das Unidades Auxiliares	129
4.10.4. Dimensionamento das Unidades Administrativas	130
4.10.5. Dimensionamento das Unidades de Apoio Administrativo	130
4.11. Passo 11: Definição do Plano de Movimentação de Materiais	131
4.12. Passo 12: Definição do Programa de Necessidades e Arranjo Geral Básico	132
4.13. Interfaces Gerais	133

## **Capítulo 5: A Inserção do Espaço Físico Industrial O Urbanismo Industrial**

	134
5.1. Localização, Inserção e Estratégia	135
5.2. Uma Visão Geral do Estudo	138
5.3. Passo 1: Definição de Condicionantes (Requisitos de Projeto)	140
5.4. Passo 2: Planejamento a Nível Regional (Macro-Localização)	142
5.4.1. O Planejamento Regional e a Estratégia Empresarial	142
5.4.2. A Definição da Macro-Localização	144
5.5. Passo 3: Planejamento a Nível Local (Micro-Localização)	147

5.6. Passo 4: Urbanização dos Complexos Industriais (Definição do Arranjo Geral Definitivo e Detalhamento das Áreas Externas Industriais)	148
5.7. A Avaliação dos Impactos Ambientais	150
5.7.1. A Evolução da Preocupação Ambiental	150
5.7.2. A Legislação Ambiental	151
5.7.3. Instrumentos de Apoio à Avaliação de Impactos durante o Projeto Industrial	152
5.8. Interfaces Gerais	155

## **Capítulo 6: O Estudo dos Edifícios Industriais A Arquitetura Industrial** 156

6.1. A Evolução da Forma Arquitetônica	156
6.2. Passo 1: Definição de Condicionantes (Requisitos de Projeto)	160
6.2.1. Condicionantes Impostas pelos Planos Diretores	160
6.2.2. Condicionantes Impostas pelo Processo Industrial	161
6.2.3. A Compilação das Condicionantes	162
6.3. Passo 2: Definição e Dimensionamento das Edificações	163
6.3.1. A Definição das Edificações	163
6.3.2. O Dimensionamento das Edificações	164
6.4. Passo 3: Definição do grau de Flexibilidade	165
6.5. Passo 4: Definição da Tipologia	166
6.5.1. Tipologia 1: Edifício Centralizado ou Vários Edifícios	166
6.5.2. Tipologia 2: Edifícios com Um ou Múltiplos Pavimentos	168
6.5.3. Tipologia 3: Edifícios com Uma ou Múltiplas Naves	169
6.5.4. Tipologia 4: Edifícios Especiais ou Genéricos	169
6.5.5. Tipologia 5: Forma dos Edifícios Industriais	171
6.5.6. Fatores Definidores da Tipologia	174
6.6. Passo 5: Configuração Preliminar dos Sub-Sistemas	174
6.6.1. Sub-Sistema Fundações	175
6.6.2. Sub-Sistema Estrutura	176
6.6.3. Sub-Sistema Cobertura	179
6.6.4. Sub-Sistema Iluminação Natural	181
6.6.5. Sub-Sistema Ventilação Industrial	182
6.6.6. Sub-Sistema Pisos Industriais	182
6.7. Passo 6: Coordenação Modular dos Sub-Sistemas	183
6.7.1. A Compatibilidade Geométrico-Dimensional	184
6.7.2. As Proporções do Edifício Industrial	185
6.8. Passo 7: Depuração dos Critérios	186
6.9. Passo 8: Resolução de Interfaces entre Sub-Sistemas	186

<b>Conclusão e Recomendações</b>	187
<b>Bibliografia Citada</b>	190
<b>Bibliografia Consultada</b>	196

## **LISTA DE FIGURAS**

---

<b>Figura 1: Expansionismo/Síntese/Sistema</b>	<b>15</b>
<b>Figura 2: A Empresa Industrial como Sistema</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3: O Processo Genérico de Solução de Problemas</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4: O Processo Genérico de Tomada de Decisão</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5: As Fases da Metodologia de PAHL &amp; BEITZ</b>	<b>23</b>
<b>Figura 6: O Ciclo Consumidor-para-Consumidor</b>	<b>27</b>
<b>Figura 7: O Ciclo de Vida de um Sistema</b>	<b>27</b>
<b>Figura 8: Os Ciclos de Vida Concorrentes de BLANCHARD &amp; FABRYCKY</b>	<b>28</b>
<b>Figura 9: As Fases da Metodologia de BLANCHARD &amp; FABRYCKY Correlacionados com o Ciclo Consumidor-para-Consumidor</b>	<b>29</b>
<b>Figura 10: O Ciclo de Vida do Projeto Industrial</b>	<b>37</b>
<b>Figura 11: Uma Correlação entre as Metodologias de PAHL &amp; BEITZ, BLANCHARD &amp; FABRYCKY e o Projeto Industrial</b>	<b>39</b>
<b>Figura 12: O Roteiro do Projeto Industrial</b>	<b>41</b>
<b>Figura 13: As Etapas de Formulação de Diretrizes e dos Estudos de Posicionamento (Fases de Planejamento e Pré-Investimento)</b>	<b>44</b>
<b>Figura 14: A Etapa dos Estudos de Pré-Investimento (Fase de Pré-Investimento)</b>	<b>48</b>
<b>Figura 15: A Etapa dos Estudos de Investimento (Fase de Investimento)</b>	<b>52</b>
<b>Figura 16: Esquema Geral do Processo de Concepção dos Espaços Físicos Industriais</b>	<b>68</b>
<b>Figura 17: Uma Comparação entre os Planos Diretores Municipais e os Planos Diretores Industriais</b>	<b>71</b>
<b>Figura 18: Os Planos Diretores e o Processo de Compatibilização e Potencialização dos Recursos Industriais</b>	<b>72</b>
<b>Figura 19: Esquema Geral dos Tipos de Manutenção Industrial</b>	<b>76</b>
<b>Figura 20: Estrutura Geral de um Caderno Geral de Encargos</b>	<b>77</b>
<b>Figura 21: Um Exemplo de Zoneamento ao Nível da Cidade</b>	<b>83</b>
<b>Figura 22: Exemplos de arranjos Gerais de Complexos Industriais</b>	<b>85</b>
<b>Figura 23: O Estudo do Processo Industrial</b>	<b>90</b>
<b>Figura 24: Exemplo de Organograma de Processo Industrial</b>	<b>98</b>
<b>Figura 25: Exemplo de Fluxograma Gráfico de Processo</b>	<b>100</b>
<b>Figura 26: Os três Tipos Clássicos de Arranjo Industrial</b>	<b>106</b>
<b>Figura 27: O Arranjo Celular (Conformação Típica em "U")</b>	<b>109</b>
<b>Figura 28: Reorganização de arranjo Industrial (Funcional para Celular)</b>	<b>110</b>
<b>Figura 29: O Diagrama P-Q (Produto-Quantidade)</b>	<b>112</b>

<b>Figura 30: O Comportamento da Curva no Diagrama P-Q</b>	<b>112</b>
<b>Figura 31: O Sistema SLP de Richard Muther</b>	<b>119</b>
<b>Figura 32: Os Tipos de Fluxo no Plano Horizontal</b>	<b>121</b>
<b>Figura 33: Os Tipos de Fluxo no Plano Vertical</b>	<b>122</b>
<b>Figura 34: Os Fluxos de Informação e Materiais definidos pela Programação da Produção</b>	<b>124</b>
<b>Figura 35: A Abrangência do Conceito Meio-Ambiente</b>	<b>137</b>
<b>Figura 36: A Conciliação de Condicionantes do Urbanismo Industrial</b>	<b>139</b>
<b>Figura 37: Reciprocidade entre Plano e Realidade no Processo de Planejamento</b>	<b>143</b>
<b>Figura 38: Objetivos Funcionais e Ideológicos do Planejamento Regional</b>	<b>145</b>
<b>Figura 39: Os Níveis de Abordagem da Metodologia de Battelle Columbus</b>	<b>154</b>
<b>Figura 40: O Estudo do Edifício Industrial</b>	<b>157</b>
<b>Figura 41: Alternativas Tipológicas para o Edifício Industrial</b>	<b>167</b>
<b>Figura 42: Exemplos de Tipologia com Uma ou Várias Naves</b>	<b>170</b>
<b>Figura 43: Exemplos de Expansão Planejada de Edifícios Industriais</b>	<b>172</b>
<b>Figura 44: Relações entre Forma, Área e Perímetro do Edifício Industrial</b>	<b>173</b>
<b>Figura 45: Conciliação Modularizada entre Arranjo e Estrutura</b>	<b>178</b>
<b>Figura 46: Iluminação Natural X Sistema Estrutural X Cobertura</b>	<b>181</b>

## INTRODUÇÃO

---

Este trabalho define uma abordagem metodológica para o processo de concepção dos espaços físicos industriais, entendendo como tais, todos aqueles elementos, vinculados à atividade operacional da empresa industrial, que podem ser traduzidos fisicamente. Esta abordagem metodológica está fundamentada em três convicções principais:

- **"Recursos Físicos são Recursos Estratégicos"**

De maneira geral, a importância das questões relacionadas com a organização física é subestimada pela empresa industrial, que a elas destina parcela reduzida de tempo e dinheiro. Não são raros, no entanto, os casos relatados em bibliografias, experiências pessoais e estudos de caso, de empresas que pararam de crescer ou mesmo se inviabilizaram por conta de restrições físicas incontornáveis. A questão espaço físico, hoje, assume várias dimensões relacionadas com a sobrevivência da empresa, se relacionando simultaneamente com: (a) *planejamento da expansão* (requisitos espaciais para expansão, modernização, reordenação); (b) *flexibilidade* (capacidade de reorganização física sem impactos sobre a produção); (c) *proteção ao meio-ambiente físico, social, cultural* (impacto positivo pela inserção ambientalmente correta da fábrica); (d) *marketing* (cultivo de imagem pela valorização estética das instalações físicas); (e) *produtividade e ambiente de trabalho* (satisfação das necessidades de homens e máquinas em ambientes adequados ao trabalho de cada um). Todos estes aspectos, de importância vital, demandam uma mudança de postura em relação à concepção e ao gerenciamento dos recursos físicos, transformando-os em recursos de importância estratégica.

- **"O Processo de Concepção dos Espaços Físicos é uma das Etapas do Projeto Industrial"**

O *processo de concepção dos espaços físicos industriais* é uma das etapas do processo mais amplo de implantação de uma indústria, o *projeto industrial*, e a ele deve se articular de modo integrado. O projeto industrial, nos termos da conceituação adotada neste trabalho, envolve todas as etapas necessárias à implantação integral de uma fábrica, partindo do planejamento estratégico, chegando à sua construção e operação e envolvendo, neste percurso, estudos ligados a todos os setores intra-empresariais. Os espaços físicos, como elementos integrantes da vida cotidiana de uma indústria,

devem incorporar suas especificidades técnico-operacionais de maneira ampla, e um dos meios de viabilização deste objetivo é concebê-los a partir de um processo concorrente com o projeto industrial.

- **"O Empreendimento Industrial (a Fábrica) é um Produto"**  
Tanto do ponto de vista da empresa que promove um empreendimento industrial, quanto do ponto de vista de uma empresa de consultoria que eventualmente o desenvolve, *projeto industrial e processo de concepção de espaços físicos são processos de desenvolvimento de um tipo especial de produto: a fábrica*. A fábrica e/ou os espaços físicos industriais incorporam, durante a sua concepção e desenvolvimento, preocupações típicas do projeto de qualquer produto industrial, tornando possível o uso de muitas técnicas, por analogia e extensão.

A partir destas convicções, este trabalho define uma metodologia para o processo de concepção dos espaços físicos industriais baseada em uma abordagem integrada de projeto, concorrente, voltada à consideração do ciclo de vida integral do empreendimento industrial e à participação multidisciplinar em todas as suas etapas. Usando como base os conceitos de duas metodologias de desenvolvimento de produtos, elaboradas por *PAHL e BEITZ (1984)* e *BLANCHARD e FABRYCKY (1990)*, é definido, antes de apenas um roteiro, uma filosofia de projeto.

*Esta metodologia está fundamentada na formalização de dois documentos e de três disciplinas integradas de projeto*. Os documentos são os *planos diretores industriais (geral e específicos)* e as disciplinas são a *engenharia de processos industriais*, o *urbanismo industrial* e a *arquitetura industrial*. Os planos diretores tratam de fazer a ponte entre as formulações estratégicas empresariais (dirigidas aos espaços físicos) e o desenvolvimento das etapas de concepção espacial da fábrica (por parte das disciplinas de projeto). *Como documentos de centralização de critérios e diretrizes, os planos diretores se posicionam entre o projeto industrial e a concepção física, balizando o andamento das atividades*. O papel dos planos diretores, neste trabalho, não termina com a colocação em operação da unidade industrial; por concentrarem os critérios gerais de organização física, tornam-se *documentos-base de gerenciamento* de reformulações físicas futuras, de novos empreendimentos industriais. A definição de três novas disciplinas de projeto serve ao propósito de enfatizar a necessidade do desenvolvimento interdisciplinar, livre das diferenças de conceito, dominâncias e rivalidades definidas por uma estrutura baseada em especialidades (mecânica, civil, elétrica, instrumentação, arquitetura, etc.); estas três novas disciplinas não definem dominâncias, são áreas multidisciplinares, compostas por atividades de várias características.

A metodologia proposta está explicitada neste trabalho por meio de três partes. Na primeira, dois capítulos tratam de abordar o meio que envolve o processo de concepção dos espaços físicos, ou seja, o projeto industrial. No capítulo 2, é proposta uma estruturação do projeto industrial baseada em analogias com as metodologias de desenvolvimento de produtos acima referidas; a formulação inicial de um roteiro para o projeto industrial se deve a necessidade de estabelecer o lugar do processo de concepção dos espaços físicos e definir as suas interfaces com este processo mais amplo (ao qual deve se subordinar de modo integrado). Antes, porém, no capítulo 1, são precisados alguns conceitos básicos, estabelecida a abrangência do espaço industrial e analisada a evolução história do conceito fábrica; tudo isto com o fim de clarificar as interrelações envolvidas e instrumentar a visão integrada.

Na segunda parte são abordados os planos diretores. O capítulo 3 trata de definir seus papéis como instrumentos de projeto (colocados dinamicamente entre o projeto industrial e as estratégias empresariais e o processo de concepção por parte das três disciplinas) e como instrumentos de gerenciamento estratégico dos recursos físicos.

A terceira parte aborda em três capítulos as disciplinas de projeto, tratadas como disciplinas concorrentes. O capítulo 4 mostra o desenvolvimento dos estudos relacionados com o processo industrial (o grande definidor das características físicas da fábrica); seus resultados são os inputs principais para as demais disciplinas. O capítulo 5 aborda o urbanismo industrial e as definições de macro e micro-localização a partir de uma visão nova e abrangente de meio-ambiente (incorporando a noção do impacto ambiental não restrito ao meio físico, mas também ao meio social e cultural), dirigida ao estabelecimento de relacionamentos harmônicos entre empresa e sociedade. O capítulo 6, por fim, detalha os edifícios industriais, a partir de uma visão ampla das suas relações com a qualidade do ambiente de trabalho, com a imagem da empresa, com a flexibilidade e agilidade operacional, etc.

Cabe por fim, nesta introdução, ressaltar a importância da definição de *métodos racionais de projeto*, mesmo montados sobre a análise de questões subjetivas, intangíveis. Por envolver pessoas e especialidades com amplas diferenças de pontos de vista, de filosofias de vida e de valores, o projeto deve definir uma linha de condução, uma espinhal dorsal, um eixo de convergência que viabilize uma linguagem comum e um comprometimento real com objetivos claros, definidos, entendidos da mesma forma e com a mesma extensão por todos. *A metodologia aqui defendida procura seguir por esta linha: entende que existem critérios objetivos e subjetivos, tangíveis e intangíveis, mas estrutura os passos através de uma clara definição de fases, etapas e atividades, através da qual atribuições e objetivos estejam sempre bem definidos.*

## **PARTE I**

---

### **A Fábrica e o Projeto Industrial**

Nesta parte inicial são explicitados conceitos básicos relacionados com o *espaço industrial* e definido um roteiro geral para o *processo integral de implantação de uma fábrica* (o *projeto industrial*), baseado nas idéias de duas metodologias de desenvolvimento de produtos industriais. A definição deste roteiro serve ao propósito de identificar, dentro deste roteiro, o lugar do *processo de concepção dos espaços físicos industriais*, a ser abordado nas partes II e III.

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE PROJETOS INDUSTRIAIS A Filosofia do Conceito Fábrica

---

*A concepção do espaço físico industrial é uma das etapas do processo mais amplo de implantação de uma fábrica. Tal processo mais amplo, que no âmbito deste trabalho chamaremos de **projeto industrial** (por razões que serão expostas a seguir), é composto por uma sucessão de etapas de trabalho e de tomadas de decisão que objetivam a condução de um empreendimento industrial do planejamento à operação, passando por fases intermediárias nas quais são definidos produtos, focalizados alvos mercadológicos, escolhidos processos produtivos, verificada a viabilidade técnico-econômica do investimento, executados estudos e projetos de implantação, construídas unidades produtivas, etc. Como etapa deste processo mais amplo, a concepção dos espaços físicos industriais a ele se integra na função de transformar filosofias produtivas, conceitos administrativo-organizacionais e estratégias empresariais em instalações físicas compatíveis com tais filosofias, conceitos e estratégias.*

Embora seja possível estabelecer estas noções iniciais quanto às relações entre projeto industrial e o assunto do qual este trabalho se ocupa com mais detalhes (a concepção do espaço físico industrial), algumas regressões precisam ser feitas a fim de que se possam definir alguns pontos de referência para a abordagem que será aqui defendida. Este capítulo inicial a isso se destina. Os tópicos que seguem procuram abordar dois conceitos-chave para a concepção do espaço físico industrial: primeiro, o de *projeto industrial*, que é o meio no qual se insere e com o qual precisa manter estreitas interrelações; segundo, o de *fábrica*, que é o seu objeto de trabalho e para o qual direciona suas ações. Em relação ao conceito de fábrica, parte-se de uma rápida visão histórica de sua evolução para se chegar a um conceito contemporâneo, atual, baseado em uma visão integrada entre indústria e sociedade. Em relação ao projeto industrial, a visão inicial que aqui será desenvolvida se ampliará no capítulo 2.

## 1.1. O Conceito de Projetos Industriais

O termo *projeto industrial* tem sido associado a duas idéias distintas. A primeira delas, preponderante em toda a bibliografia<sup>1</sup>, surgiu da necessidade de se apresentar a órgãos governamentais e de financiamento, informações ordenadas e completas sobre um determinado empreendimento, visando conseguir apoio legal ou financeiro. O termo passou a ser usado em maior grau com o aparecimento de órgãos de desenvolvimento regional. Neste contexto, define-se como projeto o conjunto de informações sistematicamente ordenadas que permitam descrever, caracterizar e comparar as vantagens e desvantagens de certo empreendimento, verificando a conveniência da destinação de recursos para sua efetivação. Neste sentido, o termo projeto está mais relacionado a um conjunto de análises e exposições reunidas sob forma de relatório e cuja vida termina, para quase todos os fins, com sua aprovação ou rejeição. Grande parte da bibliografia brasileira de projetos está vinculada ao uso do termo neste sentido.

A segunda idéia, à qual se associa o termo projeto industrial, é mais ampla: representa o conjunto de estudos e realizações físicas que vão desde a concepção inicial de uma idéia até sua concretização na forma de um empreendimento em operação. Neste conceito, o termo projeto inclui etapas iniciais de estudos de viabilidade técnico-sócio-econômica, estudos preliminares, preparação de relatórios para órgãos de financiamento, estudos e projetos de engenharia, construção e montagem da planta, comissionamento (pré-operação) e início de operação.

Neste trabalho, todas as referências ao termo *projeto industrial* estarão vinculadas a este segundo sentido, mais amplo. O *processo de concepção dos espaços físicos industriais é uma das fases de um projeto industrial, quando ele assume esta dimensão*.

## 1.2. As Demandas de um Projeto Industrial

Um projeto industrial pode ser dirigido a vários tipos de empreendimento dentro de uma indústria. Os mais comuns são:

- *implantação de uma nova unidade;*
- *ampliação de uma unidade existente;*
- *programas de modernização;*
- *programas de conversão de finalidade.*

---

<sup>1</sup> Grande parte da bibliografia disponível aborda os projetos industriais a partir de uma visão eminentemente econômica, vinculada à verificação da viabilidade econômica do empreendimento industrial e direcionada para a viabilização de financiamentos.

A *implantação de uma nova unidade* segue usualmente um encadeamento lógico que engloba todas as decisões e atividades necessárias à sua plena materialização; neste sentido, estende-se dos estudos iniciais, visando seu dimensionamento e localização, até a fase de operação de suas instalações. Na *ampliação de unidade existente*, o aumento do volume de produção ou da gama de seus produtos pode levar à implantação de novas linhas ou unidades operacionais, utilizando-se basicamente as facilidades oferecidas pelas instalações já existentes. A *modernização de uma indústria* buscará substituir ou aprimorar as instalações já existentes, visando, em geral, o aumento de produtividade, sem com isso implicar obrigatoriamente em maior produção. Os *processos de conversão de indústrias* têm como finalidade o aproveitamento de instalações já existentes para outros fins que não os inicialmente previstos, em razão de variações de mercado, de mobilização ou desmobilização de máquinas e equipamentos ou ainda em virtude do próprio avanço tecnológico, como motivador constante da criação de novos produtos.

Não raramente, *empresas industriais se deparam com todas as situações anteriores em momentos diferentes de sua vida.*

### **1.3. O Âmbito de um Projeto Industrial**

A compreensão dos limites de abrangência de um projeto industrial deve partir da visualização da própria complexidade de seu objeto, a indústria. Como elementos preponderantes da economia dos dois últimos séculos, as empresas industriais estenderam sua influência para além dos seus domínios, estabelecendo alterações sobre estruturas sociais, configuração das cidades e meio-ambiente, tornando-se uma presença difícil de ser ignorada.

Uma forma de visualizar o complexo de interrelações que se estabelece entre a indústria e o meio no qual está inserida é voltar os olhos para o passado e verificar de que forma o conceito fábrica evoluiu ao longo do tempo. Tal visão pode levar à compreensão da necessidade de uma mudança de filosofia em relação à concepção física da fábrica, no caminho da busca de uma convivência harmônica com o meio que a envolve e do alcance de níveis de flexibilidade compatíveis com a dinâmica da competitividade do mundo atual.

## 1.4. A Evolução do Conceito Fábrica<sup>2</sup>

As fábricas são uma criação muito antiga da humanidade. Desde épocas remotas existiram fábricas de caráter artesanal, mantidas na maior parte das vezes por famílias que passavam sua tradição industrial de geração para geração. Tais indústrias mantiveram um estado de evolução praticamente inalterado até o início do século XVIII. Estas indústrias eram muito diferentes das de hoje, dado que mantinham poucas relações umas com as outras, viviam em um meio no qual praticamente inexisteriam problemas de abastecimento de matérias-primas e transporte de produtos acabados e, enfim, possuíam muito poucas necessidades fora dos seus restritos domínios.

No fim do século XVIII, com o invento da máquina a vapor, surge a Revolução Industrial e aparecem na Inglaterra as primeiras grandes fábricas. É quando a indústria começa a ter o significado que tem hoje. Nasce uma nova atividade: grandes quantidades de pessoas se dirigem para um determinado lugar para trabalhar em um processo de fabricação. Isto acaba constituindo-se em uma alteração da ordem de vida estabelecida, dando lugar ao nascimento de um novo tipo de população: a que se cria em torno das fábricas, a princípio ligadas principalmente ao setor têxtil e a extração mineral<sup>3</sup>. Aparecem cidades nas quais tudo está mesclado: fábricas, casas, edifícios públicos, etc. *O importante neste período é a fábrica e muito pouca importância é dada ao elemento homem.* Não existem leis e regulamentos que disciplinem o estabelecimento de indústrias e estas dividem espaços com as habitações<sup>4</sup>. Ao redor das fábricas ou minas criam-se grandes e desorganizados conjuntos habitacionais. Nesta época não há preocupação de qualquer espécie com as exigências humanas no trabalho, tanto dentro quanto fora da fábrica, fazendo com que as cidades se transformem em conurbações disformes. Assim, criam-se condições inadequadas que fazem com que a atmosfera se vicie, que

---

<sup>2</sup> Este item não traz referências bibliográficas específicas, mas seu conteúdo está baseado nos trabalhos de PEVSNER (1979) com sua detalhada história das tipologias arquitetônicas industriais, BENEVOLO (1986) com a magnífica história da arquitetura moderna (com grande parte destinada à análise do processo de industrialização e suas relações com a configuração das cidades e com o espaço construído), TANDY (1979) e sua análise da evolução das relações entre indústria, paisagem e meio-ambiente e BROOS (1989) com seu conciso mas preciso artigo sobre as relações entre construções industriais e sociedade..

<sup>3</sup> Em TANDY (1979) encontramos referência à preponderância da indústria têxtil e de extração mineral na fase inicial da Revolução Industrial: "(...) Apesar do que correntemente se diz ao afirmar que a Revolução Industrial se iniciou na Grã-Bretanha em 1760, o certo é que o país não estava industrializado de forma generalizada mesmo cem anos após. Somente as indústrias do algodão e do ferro haviam experimentado uma verdadeira revolução (...)" (p. 31).

<sup>4</sup> A primeira parte da "História da Arquitetura Moderna" de BENEVOLO (1986), dedicada ao "Nascimento e Desenvolvimento da Cidade Industrial" representa um relato aprofundado e hábil do processo desenfreado de industrialização e urbanização na Europa do século XIX.

as águas dos rios se contaminem e que, por fim, se produza um grande perigo para a saúde pública<sup>5</sup>. *Neste momento, o importante é produzir.*

Ao final do século XIX começa a haver uma séria preocupação com os problemas causados pela implantação desorganizada dos complexos fabris e, no início do século XX há uma mudança no conceito de fábrica que, mesmo pequena, tem repercussões diretas na sua configuração. *Neste início de século o homem continua a não significar nada*, exceto por ser um fator a mais na produção; no entanto, os processos produtivos passam a merecer maior interesse que no século anterior. *É a busca de incrementos de rendimento, tanto de máquinas quanto de homens*; no entanto, estes seguem sendo tratados como fatores produtivos e convivem promiscuamente com as máquinas que operam. Começa-se a pensar em fábricas nas quais as máquinas e processos sigam uma ordem ou seqüência lógica, nas quais tudo está tecnicamente previsto. Passa-se a considerar a fabricação como uma atividade que não possui tempos mortos, cabendo ao homem nenhuma atenção. É a época do *taylorismo*<sup>6</sup>.

Somente ao longo deste século, e em função principalmente de pressões de trabalhadores e lutas sociais, passa a ser concedida atenção ao homem; ele passa a exigir que *a máquina se adeque não apenas ao processo mas também a ele mesmo*. Como o homem deve passar grande parte de sua vida no ambiente de trabalho, isso deve ser feito em condições adequadas. *Assim chega-se a um novo conceito de fábrica: lugar onde se há de produzir, vinculado a um processo de fabricação, nas circunstâncias mais econômicas e diante de boas condições de trabalho para o trabalhador*. Esta abordagem traz novas variáveis em relação ao passado, quando o importante era apenas conseguir uma produção eficaz; nesta fase é preciso alcançar também um bom ambiente de trabalho, através da preocupação com uma série de fatores que fazem com que o trabalhador se sinta uma pessoa dentro da instalação industrial. Esta abordagem, muito difundida e evidenciada até os nossos dias, representa uma evolução indiscutível em relação às formulações anteriores. No entanto, sua adoção prática tem se mostrado pequena, em função das suas próprias limitações. Sem excessivo detalhamento, pode-se dizer que a luta por melhores condições de trabalho, a partir de um certo momento, transitou no sentido de colocar como oponentes a empresa e o empregado, o capital e a mão-de-obra, levando a empresa, por um lado, a relacionar melhorias de condições de trabalho apenas com custos, e o empregado, por outro, a raciocinar sempre em termos de

<sup>5</sup> BENEVOLO (1986) aborda o desordenamento das cidades européias na segunda metade do século XIX, enfatizando a degradação do espaço urbano e o aparecimento das primeiras leis urbanísticas, destinadas a disciplinar o processo de ocupação das cidades (ver primeira parte, capítulo 2).

<sup>6</sup> O Taylorismo não merecerá aqui maiores considerações em função de estar amplamente coberto por estudos ligados a várias áreas. Desde a primeira publicação do hoje clássico "The Principles of Scientific Management" em 1911, as idéias de Frederick Winslow Taylor têm suscitado polêmicas que se estendem aos nossos dias. À margem das diferenças de pontos de vista, é inegável que a aplicação de métodos científicos aos problemas da administração da produção influenciou e continua influenciando a organização industrial.

marginalizar a motivação empresarial pelo lucro. Neste sentido, a abordagem falha porque não incorpora a complexidade real do problema; nos termos desta bipolaridade, trabalhadores concentram seus esforços apenas no aprofundamento de reivindicações (sem se considerarem co-artífices do sucesso empresarial) e as empresas voltam suas costas para o mundo que a rodeia, deixando ambos de perceber que o complexo de suas relações é bem mais amplo, e que a sobrevivência e o sucesso dependem de uma nova postura.

*Esta nova postura está ligada aos conceitos atuais de qualidade*, segundo os quais o sucesso de uma empresa se vincula diretamente à *satisfação que ela proporciona às pessoas que com ela se relacionam*. CAMPOS (1990), quando faz referência a quais devem ser os objetivos de uma empresa moderna, diz:

*"Uma empresa honesta só pode sobreviver dentro de uma sociedade se for contribuir para a satisfação das pessoas. Este é seu objetivo principal. (...) Sob este aspecto, a primeira prioridade da empresa são os consumidores. É necessário, e mesmo vital para a empresa, que eles se sintam satisfeitos por longo tempo após a compra do seu produto ou utilização do seu serviço. (...) Um segundo tipo de pessoa afetada pela empresa é seu empregado. A empresa deve se esforçar para pagar-lhe bem, respeitando-o como ser humano e dando-lhe a oportunidade de crescer como pessoa e no seu trabalho, vivendo uma vida feliz. (...) Um terceiro tipo de pessoa afetada pela empresa é o acionista. Numa sociedade capitalista a empresa deve ser lucrativa de tal forma a pagar dividendos a seus acionistas e se expandir, criando novas oportunidades. (...) Finalmente, os vizinhos da empresa devem ser respeitados através do controle ambiental. (...)" (p. 27)*

Esta visão, que defende um relacionamento harmônico da empresa com tudo que a rodeia, inaugura uma nova fase no conceito de fábrica, primeiro porque não trata a melhoria das condições de trabalho para o homem como um assunto isolado, vinculado a um conceito errado de *produtividade*<sup>7</sup>; e, segundo, porque permite colocar o espaço físico industrial como um componente importante na definição de

<sup>7</sup> Em CAMPOS (1990), há algumas considerações sobre o conceito de produtividade que merecem menção, por subsidiarem o que se está dizendo em relação ao espaço físico industrial. Segundo o autor, não existe no Brasil uma visão muito uniforme do que seja a produtividade; enquanto para uns é a taxa de produção por empregado, para outros é a taxa de toneladas por hora, etc. Para ele, o conceito certo de produtividade deve ser uma relação entre o faturamento da empresa e seus custos (PRODUTIVIDADE=FATURAMENTO/CUSTOS), dado que nesta relação, além de se incluírem todos os fatores internos da empresa, inclui-se também o cliente como elemento decisivo, ou seja, adiciona-se a questão da satisfação traduzida em vendas. E satisfação e vendas se relacionam, hoje, com uma visão mais abrangente da empresa, com aquilo que ela inspira no seio da sociedade.

uma convivência saudável entre empresa industrial e sociedade. *Este é um estágio ao qual poucas empresas já chegaram.*

Pode-se perceber, então, que o conceito de fábrica, do ponto de vista físico, evoluiu através de várias fases conceituais, caracterizadas cada uma delas pela gradativa incorporação de novas condicionantes. Para efeito de uma clara visualização desta evolução conceitual, podemos lançar mão da classificação de BROOS (1989), que define quatro fases distintas, aplicadas à evolução do conceito fábrica, que se aplicam a tudo que foi exposto:

- **Fase Funcional**  
Preocupação com os problemas funcionais e com a criação de espaços para a produção.
- **Fase Funcional + Social**  
Inclusão de preocupações com a repercussão física da fábrica na cidade, mas sem atenção para a qualidade do espaço industrial como ambiente de trabalho humano.
- **Fase Funcional + Social + Humana**  
Incorporação de requisitos ligados ao bem-estar do homem.
- **Fase Funcional + Social + Humana + Cultural**  
Definição de um enfoque a partir do qual os requisitos funcionais, sociais e humanos se integram a uma visão mais ampla do papel da empresa, relacionando-a com a sociedade que a comporta.

#### 1.4.1. Filosofia e Análise

Para entender esta transição no conceito e na concepção das fábricas, é preciso entrar no terreno dos conceitos e da evolução do pensamento. Desde a antiguidade, todas as teorias filosóficas e, conseqüentemente, também as físicas, tendiam para o *reducionismo*. Desde o Renascimento e até a Revolução Industrial, para entender o comportamento de qualquer assunto ou atividade, tratava-se sempre de dividi-lo em partes elementares, isto é, realizar sua análise, para depois, conhecendo-se as propriedades dos componentes, relacioná-los entre si e explicar desta maneira o comportamento do conjunto. Desta forma, pode-se regredir até a origem das coisas. Uma causa provoca um efeito. As únicas condições a cumprir pela causa é que seja necessária e suficiente. Também pode-se argumentar que cada causa provém de um efeito. Toda esta teoria considera que o entorno no qual se passa um fenômeno, não tem importância. No processo de análise as condições ideais que se buscam são as de laboratório e o laboratório é um lugar isolado, ideal, sem entorno. Como cada causa é, a sua vez, efeito de outra causa prévia, no caminho desta filosofia pode-se concluir que Deus é o primeiro motor, o único sem causa.

*"5. Daqui se infere ser necessário que o Deus que põe em movimento todas as coisas é imóvel. Com efeito, por ser a primeira causa motora, se Ele mesmo fosse movido, sê-lo-ia ou por si mesmo ou por outro. Ora, Deus não pode ser posto em movimento por outra causa motora, pois neste caso haveria uma outra causa anterior a Ele, com o que já não seria Ele a primeira causa motora. Se fosse movido por si mesmo, teoricamente isto poderia ocorrer de duas maneiras: ou sendo Deus, sob o mesmo aspecto, causa e efeito ao mesmo tempo, ou sendo Ele, sob um aspecto, causa de si mesmo e, sob outro, efeito." <sup>8</sup>*

Como consequência desta filosofia, tudo o que existe no Universo é produto da vontade de Deus. Os seres humanos estão, assim, determinados a realizar cada um de seus atos, somente pela vontade de Deus. Esta teoria, chamada *determinismo*, prevaleceu até relativamente pouco tempo. Dentro dela o Universo é uma máquina que funciona sem entorno. É uma máquina criada por Deus para realizar seu trabalho e cumprir sua vontade. Por outro lado, o homem se criou à imagem e semelhança de Deus. Partindo destas duas premissas, o homem decidiu-se por criar máquinas e pô-las ao seu serviço. Esta forma de pensar foi precisamente a origem conceitual da Revolução Industrial, a partir da qual tudo segue a concepção atomística da vida e de cada uma de suas atividades. Qualquer conjunto, seja ele uma máquina, fenômeno físico ou atividade humana, se reduz, se analisa, e se chega ao estudo de seus componentes elementares. A *organização científica do trabalho*, criada e desenvolvida por Taylor e que tão grande influência teve e tem tido no conceito do que é uma fábrica, segue exatamente esta filosofia. Divide o trabalho em tarefas elementares a serem realizadas ou por máquinas ou por homens, chegando até a, no caso das tarefas humanas, analisá-las em seus elementos para assim chegar a conseguir uma maior eficácia, um maior rendimento do trabalho. Como se vê, nesta teoria o homem assume a importância das máquinas e, assim, se produz a desumanização do trabalho ao esquecer-se a própria essência da natureza humana.

*Na concepção das fábricas, também se seguiu esta teoria atomística.* Desta forma, ao invés de considerar a planta industrial como um conjunto, passa-se a estudá-la por análise, ou seja, reduzindo-a a seus elementos componentes e concebendo-a como uma série de elementos não ligados entre si. De um lado está seu projeto, por outro sua construção, por outro ainda sua operação, suas estruturas, suas instalações, etc. O conjunto nunca é tomado como um todo, já que ao concebê-la mediante o processo de análise, se estudou cada componente separadamente, sem integrá-los entre si. *Dentro desta maneira de pensar, ao homem lhe cabe a mesma categoria das máquinas.*

<sup>8</sup> SANTO TOMÁS DE AQUINO apud ARANHA e MARTINS (1986), p. 139.

#### 1.4.2. Filosofia, Síntese e Sistemas

Todas estas teorias se esgotam, no mundo, aproximadamente por volta da Segunda Guerra Mundial. Nesta época, chega-se à conclusão de que o que significava *o todo* era apenas *uma parte*. As doutrinas do *reducionismo* e do *mecanicismo* e a metodologia analítica do pensamento foram superadas e parcialmente substituídas pelas doutrinas do *expansionismo* e por uma *metodologia de síntese na forma de pensar*. O expansionismo defende, ao contrário do reducionismo, que qualquer objeto, fenômeno ou experiência, sempre forma parte de um conjunto superior, maior. Esta teoria, embora diferente, é ainda compatível com o reducionismo. No entanto, ao focar os conjuntos e a interrelação de seus componentes, ao invés de elementos isolados, cria o conceito de *sistemas*.

Embutida no conceito de sistemas está a convicção de que a *otimização das partes não corresponde necessariamente a otimização do todo*. Na verdade, a otimização das partes, a especialização, conduziu a uma desintegração do todo. Ao longo do tempo foi possível notar que fenômenos pertencentes a diversas ciências poderiam ter a mesma representação. Leis matemáticas poderiam ser estruturadas de forma geral, explicando fenômenos comuns à física, à biologia, à economia, etc. Assim, por exemplo, segundo BERTALANFFY apud CIMA, MONTEIRO e REIS (1980), "*a lei do crescimento exponencial pode ser aplicada para traduzir fenômenos como o crescimento de células em organismos, desenvolvimento demográfico, funções de produção, etc. O estudo do corpo humano, considerado no seu conjunto e em suas diversas partes, pode ser visto também, como uma empresa com seus diversos departamentos interdependentes*"(p.14).

O objetivo principal da abordagem sistêmica é, então, o da criação de um corpo de conhecimentos, leis, equações, que expliquem fatos comuns a várias disciplinas. A visão global dos problemas, portanto, é uma exigência para o alcance de tal objetivo. A perda desta visão que vinha se acentuando através da especialização, tornou-se um grande mal, na medida em que os problemas cresciam no seu âmbito geral; *o enfoque sistêmico procura substituir a intuição, insuficiente como abordagem para a resolução de problemas cada vez maiores, pelo raciocínio lógico e pela análise formal e global*.

#### 1.5. Uma Abordagem Sistêmica do Espaço Físico Industrial

*Um sistema é o conjunto de dois ou mais elementos de qualquer classe ou natureza, interrelacionados entre si e com o meio ou entorno que os contém*. Segundo CIMA et alii (1980), "(...) *sistema é um conjunto ou combinação de coisas ou partes, formando um complexo ou todo unitário. Ou ainda, é um todo complexo e organizado (...)*" (p. 17). Os elementos constituintes e o conjunto dos

mesmos formam um sistema que tem as seguintes propriedades, segundo BLANCHARD e FABRYCKY (1990):

- *as características ou o comportamento de cada elemento têm efeito sobre as propriedades ou comportamento do conjunto como um todo;*
- *as propriedades, o comportamento de cada elemento, e a forma pela qual afetam o conjunto dependem das propriedades e comportamento de pelo menos um dos outros elementos do conjunto. Nenhum elemento tem efeito independente sobre o todo e cada um está afetado por pelo menos outro elemento;*
- *qualquer subgrupo de elementos do conjunto possui as duas primeiras propriedades. Um sistema não pode subdividir-se em subsistemas independentes, já que perderia suas condições essenciais.<sup>9</sup>*

Em função destas três propriedades, um conjunto de elementos que constitui um sistema tem sempre alguma característica, ou um modo de comportamento, diferente de seus elementos ou subsistemas. *Um sistema representa mais que a soma de seus componentes.* Estruturalmente, um sistema pode ser divisível, mas funcionalmente um sistema é indivisível, já que algumas de suas propriedades essenciais perder-se-iam com a divisão. Como se pode ver, tudo isto não se pode entender analiticamente. É um *processo de síntese*. Cada elemento isolado perde as características que teria em seu conjunto original, mas cada sistema pode, a sua vez, ser agrupado com outros para constituir um sistema superior. E, assim, os problemas resolvem-se não isolando-os mas sim considerando-os parte de um problema superior, ou seja, dentro de um sistema de maior alcance e extensão (ver figura 1).

Aplicando esta maneira de pensar aos *espaços físicos industriais*, podemos ver que estes formam parte do *sistema empresa* e que este, por sua vez, está inserido no entorno ou *sistema econômico-produtivo* e este, também por sua vez, está dentro do *sistema sociedade* (ver figura 2). Assim, *a fábrica deve ser concebida como subsistema situado dentro do entorno que lhe corresponde.* E deve ser considerado como um todo e não como uma série de elementos soltos. Ao projetar uma planta industrial, é necessário mantê-la inserida neste sistema para que permaneça em convivência harmônica com o meio no qual se insere e em sintonia com as necessidades e oportunidades deste mesmo meio; por isso, na sua concepção, deve-se considerar todos os fatores que lhe são próprios, ou seja, aqueles que pertencem:

<sup>9</sup> Ver BLANCHARD e FABRYCKY (1990), p. 2.

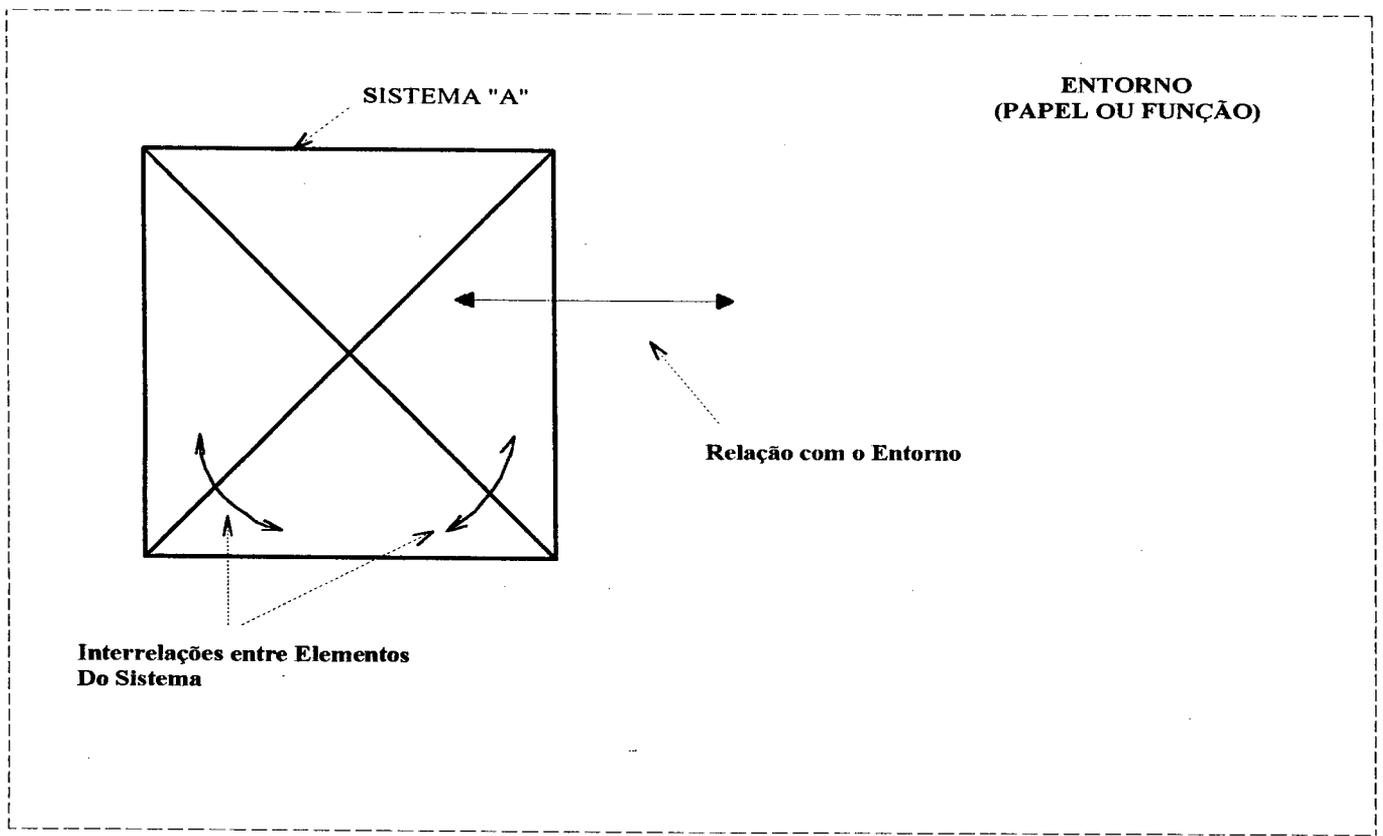


Figura 1: Expansionismo / Síntese / Sistema

SISTEMA "B"

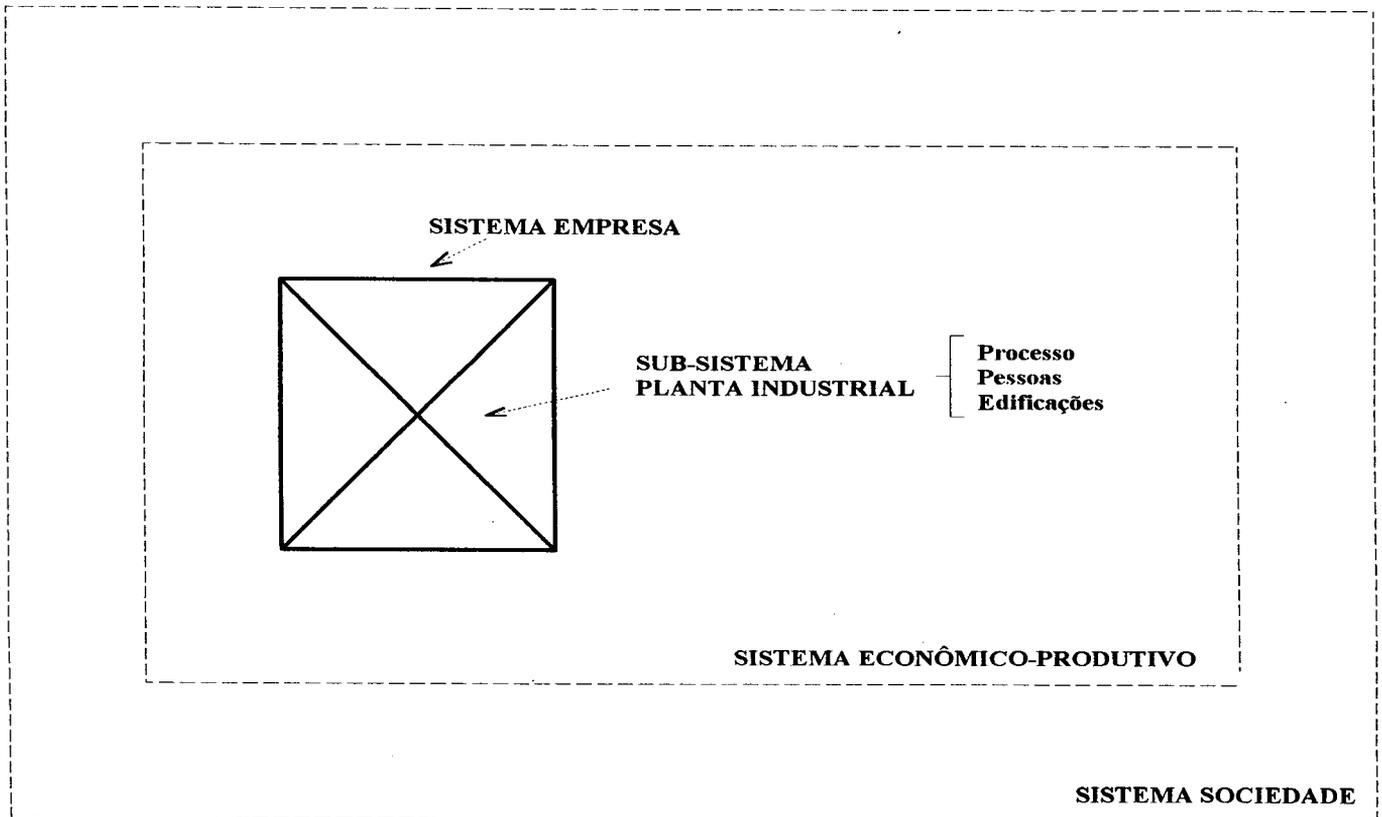


Figura 2: A Empresa Industrial como Sistema

- *ao processo;*
- *aos homens que a servem;*
- *às necessidades da empresa;*
- *às necessidades econômicas gerais;*
- *à sociedade.*

Assim, nos dias de hoje, a concepção do espaço físico industrial de maneira isolada do sistema em que está incluído, não o tornará capaz de responder às condicionantes impostas pelo meio em que se insere. O resultado de todo este processo de síntese das necessidades do processo industrial, da empresa e da sociedade deve ser a realidade e a meta das plantas industriais nos dias atuais. *Tal objetivo só pode ser alcançado por uma abordagem interdisciplinar que transite no sentido da adoção de conceitos integrados de projeto, como a engenharia concorrente, mesclados a uma visão estratégica do problema.*

## **1.6. Sistemas, Estratégia, Integração**

A partir dos conceitos expostos fica clara a necessidade de uma abordagem interdisciplinar e integrada para o projeto de uma fábrica. Abordagem esta que permita a elevação do grau de importância do espaço físico industrial para um nível estratégico. Tão vitais quanto quaisquer outros fatores de produção, os aspectos relacionados com a definição física da fábrica assumem nos nossos dias grande importância, pelas repercussões que têm no futuro da empresa. A má concepção dos edifícios, a incorreta definição da localização, o imperfeito interfaceamento entre os vários sistemas (fluxos, máquinas, utilidades, edifícios, etc.), a escolha de uma tecnologia inadequada e a não inclusão do gerenciamento dos recursos físicos no planejamento de médio e longo prazo, são alguns dos aspectos que podem gerar para uma empresa restrições importantes em relação a programas de crescimento e expansão, a relacionamentos com empregados e comunidade e à sua própria capacidade de rapidamente se adequar a alterações no meio competitivo em que se insere.

Dentro desta ótica, a concepção do espaço físico industrial, como parte do processo de implantação de uma indústria, é uma atividade de caráter interdisciplinar que se utiliza de instrumentos, métodos e técnicas que estão dispersos em várias áreas de conhecimento e que precisam ser abordados de maneira integrada. De maneira geral, tal atividade se baseia na conjunção e harmonização de um grande número de especialidades. As indústrias de hoje, muitas delas macroindústrias, comportam uma complexidade tal que se torna imprescindível a participação de especialistas de várias áreas tecnológicas. É preciso *estudar o processo industrial em toda sua amplitude, definir formas harmônicas de convivência com o meio*, ter em conta as *necessidades humanas* (até porque revertem em aumento de satisfação e

produtividade), considerar as *características organizacionais da empresa e sua estratégia* (em termos de mercado, crescimento, imagem, etc.), sem que se esqueça, no entanto, que o que se desenvolve dentro de uma fábrica é uma atividade industrial que precisa ser *economicamente viável*. Na abordagem integrada, a visão sistêmica do empreendimento deve conduzir a uma conciliação entre as necessidades do homem, as necessidades das máquinas e instalações, as necessidades da sociedade, as necessidades da empresa e a necessidade de viabilização econômica do empreendimento. *Um desequilíbrio de enfoque para um dos lados seguramente implica em problemas futuros.*

A base para uma abordagem integrada é a adoção de um método racional de projeto, uma metodologia. Todo este trabalho está voltado à definição de uma abordagem metodológica para o processo de concepção dos espaços físicos industriais, que viabilize a incorporação de uma visão sistêmica, concorrente, interdisciplinar, vinculada a uma noção de relacionamento entre empresa e sociedade baseada em compromissos mútuos.

## **CAPÍTULO 2**

### **A IMPLANTAÇÃO DE UMA FÁBRICA O Roteiro de um Projeto Industrial**

---

O processo de implantação de uma fábrica é composto por um conjunto de etapas que, combinando considerações de caráter técnico e econômico, visam à gradativa definição do empreendimento em seus vários aspectos. Da idéia inicial à operação de uma unidade produtiva, sucessivas fases devem ser vencidas com o fim de quantificar, qualificar e materializar o empreendimento.

Não é uma tarefa fácil identificar um roteiro que seja genérico para o processo de implantação de uma fábrica; empresas diferentes agem de maneiras diferentes, com graus de informação e detalhamento diferenciados. O *perfil de um empresário, o porte e a característica do empreendimento* em questão ou *oportunidades de mercado* são apenas alguns dos aspectos que podem fazer com que algumas etapas sejam mais ou menos detalhadas e que outras ainda sejam até mesmo eliminadas. De empresa para empresa, o nível de informações necessárias para a tomada de decisão pode variar de maneira drástica.

Mas, apesar das diferenças de detalhamento ou enfoque, existem inúmeras vantagens associadas à definição de um roteiro genérico. Primeiro, roteiros *permitem uma visão geral do processo*. Segundo, roteiros *sistemizam o processo, hierarquizam as fases e etapas de trabalho* e permitem a *identificação das relevâncias e irrelevâncias*. Terceiro, roteiros facilitam a *preservação de critérios e experiências*, permitindo o rápido resgate de informações e a manutenção de procedimentos coerentes ao longo do tempo.

#### **2.1. O Projeto Industrial como Produto**

Há inúmeras maneiras de se abordar o processo de implantação de uma indústria, com o fim de se encontrar a base para a definição de um roteiro de projeto. Neste trabalho, optou-se por considerar o projeto de uma fábrica, ou o projeto industrial, como um produto. *Tanto do ponto de vista da empresa que promove um projeto industrial quanto do de uma empresa de consultoria que o desenvolve, a fábrica, o espaço industrial, é um produto*. Um produto que, como será exposto ao longo deste capítulo, *nasce de uma necessidade diagnosticada, pode ser concebido através de um gradativo processo de conformação, possui*

*um ciclo de vida conceitualmente igual ao de qualquer produto industrial*<sup>1</sup> e que, igualmente, *tem de ser vendido à sociedade ou aceito por ela*; assim, deve incorporar muitas das preocupações típicas de um projeto de desenvolvimento de produto.

As metodologias de desenvolvimento de produtos de *PAHL e BEITZ* e *BLANCHARD e FABRYCKY* fornecem elementos suficientes para que se viabilize a análise do processo de implantação de uma indústria a partir dos conceitos do desenvolvimento de produtos. As duas metodologias definem um roteiro sistematizado para o projeto de produtos industriais, a partir de pontos de vista diferenciados e complementares, que favorecem a definição, por analogia e extensão, de um roteiro para os projetos industriais baseado em um enfoque integrado.

Este capítulo do trabalho está voltado à definição de um roteiro genérico para a implantação de uma fábrica, a partir dos conceitos expostos nas metodologias acima referidas, e a identificação, dentro deste roteiro genérico, do lugar da concepção das instalações físicas.

## **2.2. A Metodologia de PAHL & BEITZ<sup>2</sup>**

### **2.2.1. A Base Conceitual**

A metodologia de desenvolvimento de produtos de PAHL e BEITZ está baseada em um detalhado seqüenciamento de etapas que se alternam entre passos de trabalho e de tomada de decisão, direcionadas para a criação do produto a partir de um gradativo processo de conformação; cada novo passo de trabalho está ligado a um nível de detalhamento maior, representando um incremento dos resultados dos passos anteriores e um balizamento para as decisões de continuidade do projeto. Conceitualmente, o método se baseia na conjunção de um *processo genérico de solução de problemas* com um *processo genérico de tomada de decisões*. O *processo genérico de solução de problemas*<sup>3</sup> (ver figura 3), é composto pelas seguintes etapas:

<sup>1</sup> O ciclo de vida de um produto industrial, segundo BLANCHARD e FABRYCKY (1989), é definido pelas seguintes fases: (a) concepção; (b) desenvolvimento; (c) fabricação; (d) uso; (e) descarte. Em relação a uma edificação urbana qualquer, SANCHEZ (1978) define como fases do seu ciclo de vida: (a) planejamento; (b) projeto; (c) construção/instalação; (d) operação/uso; (e) obsolescência. As evidentes similaridades denotam a verdade da assertiva sistêmica (ver item 1.6 do capítulo anterior), segundo a qual fenômenos ou problemas diferenciados podem ter a mesma explicação. Uma fábrica possui um ciclo de vida também sujeito a uma fase de planejamento, outra de concepção/projeto, outra ainda de construção/montagem, segue com a fase operacional e termina com sua obsolescência, quando deixa de cumprir suas funções adequadamente.

<sup>2</sup> Os conceitos aqui expostos se baseiam em PAHL e BEITZ (1984).

<sup>3</sup> Este processo genérico de solução de problemas está definido por PAHL e BEITZ (1984) a partir dos trabalhos de KRICK e PENNY (ver p. 38).

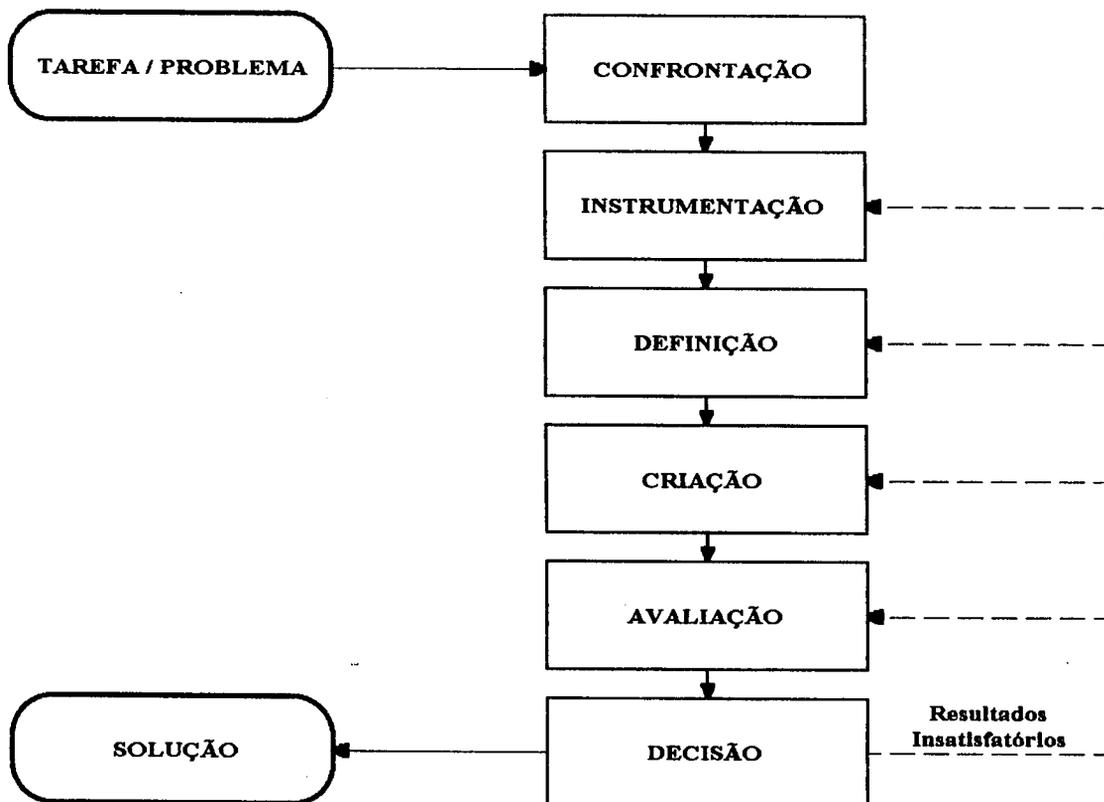


Figura 3: O Processo Genérico de Solução de Problemas (Adaptado de PAHL & BEITZ, 1984)

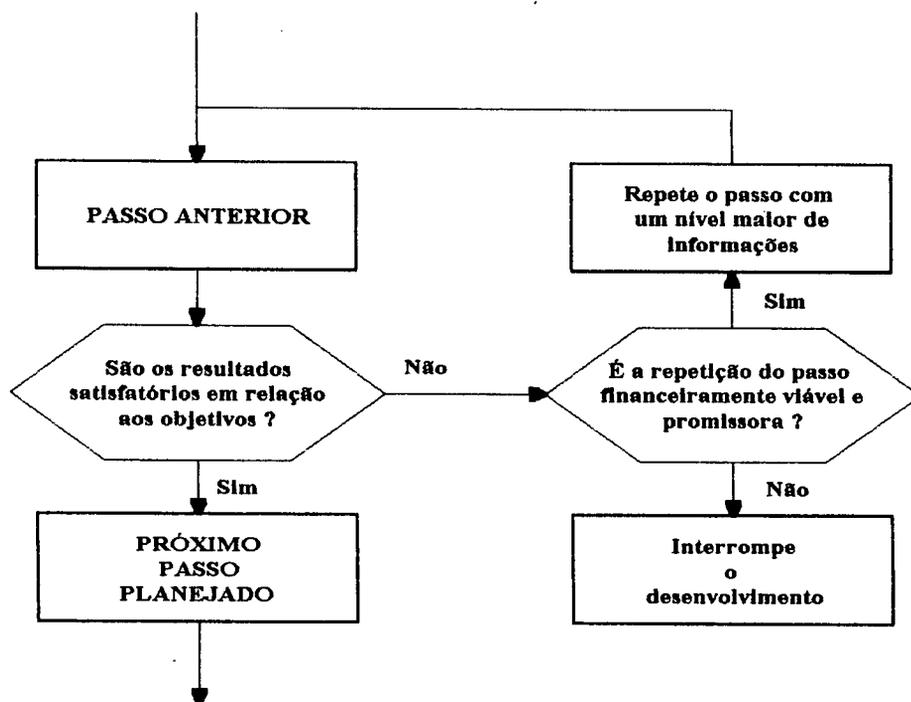


Figura 4: O Processo Genérico de Tomada de Decisão (Adaptado de PAHL & BEITZ, 1984)

- **identificação** da tarefa (problema);
- **confrontação** do problema com o que já existe;
- **instrumentação** com coleta de informações sobre o problema;
- **definição** dos problemas essenciais;
- **criação** e combinação de soluções;
- **avaliação** das variantes de projeto (checagem da compatibilidade com os objetivos do projeto);
- **decisão** (escolha da melhor variante).

Como extensão, são incorporadas considerações relacionadas com a dinâmica do processo de decisão, que é, em última análise, a dinâmica do próprio processo de solução de problemas, dado que são as decisões que conduzem para a continuidade, abandono ou revisão do projeto. Tais considerações constituem um *processo genérico de tomada de decisões*<sup>4</sup> (ver figura 4), destinado a monitorar o andamento das etapas de projeto e subsidiar conclusões como as que seguem:

- se os resultados da etapa anterior alcançam o objetivo, a próxima etapa deve ser iniciada;
- se os resultados são incompatíveis com o objetivo, a próxima etapa pode não ser realizada;
- se a repetição da etapa anterior (ou se necessário, de diversas etapas anteriores) é economicamente viável e promete bons resultados, a etapa deve ser repetida com um nível maior de informações;
- se a resposta para o item anterior for não, o desenvolvimento deve ser interrompido (deve-se atentar para o fato de que mesmo na eventualidade de que os resultados de uma etapa de trabalho em particular não alcancem os objetivos pré-definidos, eles podem vir a se tornar úteis se o objetivos ou a tarefa forem parcial ou totalmente revisados).

A metodologia então, se conforma numa alternância entre etapas de trabalho e de decisão, caracterizando-se como uma transformação de informações. Inicialmente, há uma necessidade permanente de informações. Para atender a esta demanda, informações são coletadas, tratadas e posteriormente expedidas. SELL descreve a dinâmica do processo:

*"A todo passo de trabalho está associada uma saída de informações. Cada passo de decisão determina o prosseguimento do processo ou uma repetição do passo de trabalho anterior com um nível de informações mais alto, com o objetivo de obter melhores resultados.*

<sup>4</sup> Este processo genérico de tomada de decisões está também delineado por PAHL & BEITZ (1984) (ver p. 39).

*A constatação de deficiências ou falhas sérias no produto somente no final do processo de desenvolvimento deve ser evitada, pois aí os custos já serão bastante elevados."*<sup>5</sup>

Também em SELL encontramos uma adaptação do processo genérico de decisão, anteriormente descrito, aplicada ao desenvolvimento de produtos na forma como PAHL e BEITZ o vêem:

*"Os passos de decisão levam a constatações fundamentais, como por exemplo:*

- *tendo em vista os objetivos fixados, os resultados até aqui alcançados são satisfatórios, de modo que se pode prosseguir com o próximo passo de trabalho;*
- *os resultados alcançados mostram que os objetivos fixados não são alcançáveis dentro das restrições estabelecidas;*
- *o passo de trabalho terá de ser repetido com um nível de informações mais elevado;*
- *à repetição do passo de trabalho em questão estão associadas despesas exorbitantes, de modo que o desenvolvimento do produto deve ser cancelado."*<sup>6</sup>

### **2.2.2. O Processo Metodológico**

As etapas da metodologia seguem o encadeamento lógico definido pelo que foi acima exposto. Tais etapas são: (a) **clarificação da tarefa**; (b) **projeto conceitual**; (c) **projeto preliminar**; (d) **projeto detalhado**. A figura 5 mostra estas fases passo a passo, e o conteúdo de cada uma delas está descrito abaixo.

#### • **Clarificação da Tarefa**

Esta etapa é composta por duas atividades: (a) **coleta de informações** sobre o problema/tarefa; (b) **definição da lista de requisitos**. A primeira se destina à perfeita elucidação dos limites da tarefa e consiste em um trabalho conjunto entre o setor que formulou a tarefa, o setor de desenvolvimento e o setor de produção; isto permite a formatação da tarefa em termos adequados ao seu desenvolvimento, dado que informações oriundas de setores diferentes, utilizam linguagens e níveis de detalhamento diferenciados que precisam ser nivelados. Da mesma forma, esta atividade inicial favorece a incorporação de contribuições interdisciplinares, complementando a definição da tarefa com informações relacionadas aos desejos e expectativas de clientes,

<sup>5</sup> Transcrito de apostila da disciplina "Metodologia de Desenvolvimento de Produtos" (1989).

<sup>6</sup> Idem.

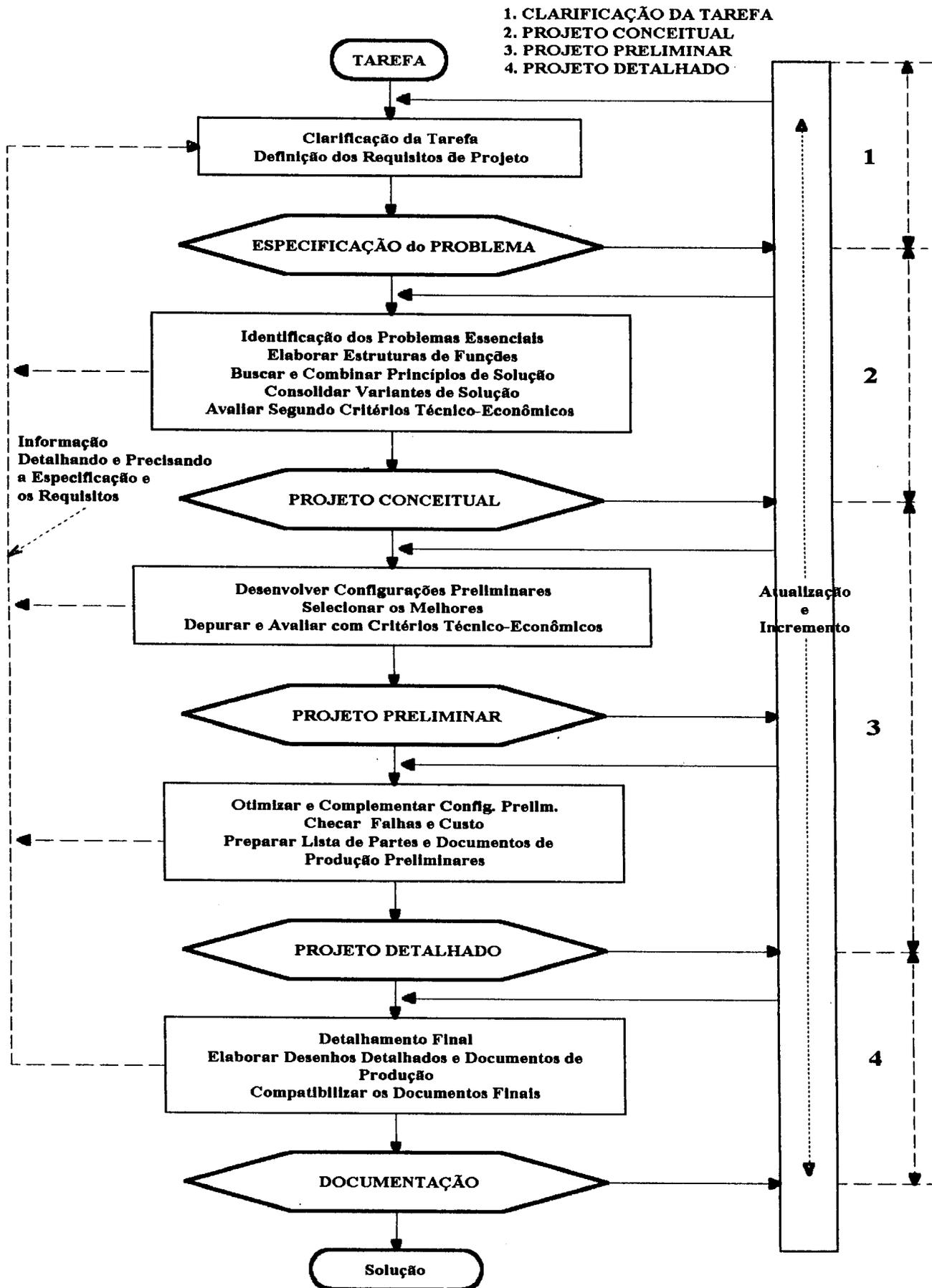


Figura 5: As Fases da Metodologia de PAHL & BEITZ  
(Adaptado de PAHL & BEITZ, 1984)

limitações tecnológicas da empresa, restrições financeiras, etc. A segunda atividade consiste na tabulação de todas as condicionantes de projeto de maneira hierarquizada; dessa forma devem ser definidos claramente os *requisitos obrigatórios* e os *requisitos desejáveis*, de acordo com as restrições e condições pré-fixadas na atividade anterior. A divisão dos requisitos em obrigatórios e desejáveis facilita a tomada de decisões ao longo do processo, dado que só serão viáveis as alternativas que preencham todos os requisitos obrigatórios. A lista de requisitos não é imutável; existem várias circunstâncias ao longo do desenvolvimento que podem demandar revisões destes requisitos e mesmo da própria tarefa (tais como alterações mercadológicas, novas descobertas, inovações no processo produtivo, etc.), no entanto, todas estas revisões devem ser acordadas com todos os setores.

- **Projeto Conceitual**

Com a tarefa suficientemente estudada (com todos os setores a considerando técnica e economicamente viável) e a lista de requisitos definida, se inicia então a fase de concepção. Nesta etapa define-se conceitualmente o produto, através da formulação de princípios de solução que, combinados, oferecem variantes de concepção (deve-se evitar, nesta etapa, a tendência pela definição de detalhes construtivos, o que comprometeria o processo criativo). As atividades nesta etapa são: (a) *abstrair para reconhecer problemas essenciais* (é necessário que os preconceitos, condicionamentos, noções convencionais e pré-fixadas não influenciem restritivamente o caminho para soluções novas, diferentes; para isto serve a abstração); (b) *elaborar estruturas de funções* (a divisão da função principal em sub-funções parciais permite, primeiro, a clara definição das entradas e saídas do sistema e, segundo, a divisão entre sub-sistemas conhecidos e sub-sistemas desconhecidos que precisam ser desenvolvidos); (c) *busca por princípios de solução* (definem-se princípios de solução para as funções parciais através de pesquisas bibliográficas, análise de sistemas existentes e outras experiências, chegando-se a um conjunto de soluções para estas funções parciais); (d) *combinação de princípios de solução* (para a realização da função total são escolhidos princípios de solução compatíveis entre si e definidas combinações de princípios que obedecem à estrutura de funções anteriormente definida; o processo já deve incorporar grandezas quantificáveis, a fim de que os pontos de conexão entre soluções parciais possam ser aqui compatibilizados também matematicamente); (e) *seleção de variantes de solução* (seleção preliminar de soluções, eliminando as absolutamente inadequadas

e hierarquizando as adequadas segundo critérios definidos<sup>7</sup>; (f) *concretização de algumas variantes* (variantes selecionadas podem ser excessivamente abstratas, dificultando sua avaliação; assim, devem ser levantadas mais informações a fim de que elas se tornem mais concretas e permitam uma avaliação mais objetiva); (g) *avaliação segundo critérios técnicos e econômicos*.

- **Projeto Preliminar**

Nesta etapa, a partir da fixação da concepção inicial, é definida a configuração do produto, segundo critérios técnicos e econômicos, acompanhada de especificações que permitam o perfeito desenvolvimento posterior do projeto detalhado. A definição da configuração envolve: escolha de materiais e processos de fabricação, determinação das medidas básicas do produto, testes de compatibilidade e procura de soluções parciais para eventuais funções secundárias não previstas inicialmente. A configuração deve contar com desenhos em escala e tem de ser avaliada criticamente através de pontos de vista tecnológicos, econômicos, etc. Suas atividades principais são: (a) *definição de configuração preliminar* (dar forma, selecionar materiais, etc.); (b) *seleção das melhores configurações preliminares*; (c) *definição de configuração detalhada*; (d) *avaliação segundo critérios técnicos e econômicos*, fixando a configuração; (e) *otimização e complementação da configuração fixada* (eliminar pontos fracos, levantar defeitos e falhas, controlar custos, etc.); (f) *preparação de listas de peças e de documentos de fabricação e montagem*.

- **Projeto Detalhado**

Nesta etapa, a partir da configuração do projeto preliminar, são elaboradas as determinações definitivas para a disposição dos elementos, para formas, para medidas, para acabamentos, etc. Neste sentido, a etapa relaciona-se com a elaboração dos documentos definitivos de fabricação, tais como desenhos e listas. Suas atividades são: (a) *detalhamento e desenho das peças isoladas*; (b) *integração das partes*, pela elaboração de desenhos de grupos de partes, de desenhos gerais e listas de peças; (c) *compatibilização dos documentos* com as normas de fabricação, montagem,

---

<sup>7</sup> Segundo PAHL e BEITZ (1984), estes critérios devem aferir se as variantes de soluções:

- a. são compatíveis com a definição da tarefa;
- b. atendem aos requisitos obrigatórios;
- c. são realizáveis em termos de performance, lay-out (configuração), etc.;
- d. são realizáveis dentro de custos adequados.

transporte e utilização da empresa; (d) *checagem e fixação dos documentos finais*.

## 2.3. A Metodologia de BLANCHARD & FABRYCKY<sup>8</sup>

### 2.3.1. A Base Conceitual

A metodologia de BLANCHARD e FABRYCKY enfoca o desenvolvimento de produtos a partir de um ponto de vista diferente do definido por PAHL e BEITZ. Ao invés de adotar a analogia com os processos lógicos de resolução de problemas, ela se baseia em uma abordagem integrada dos ciclos de vida de produtos e processos. Partindo da visualização e consideração do processo *consumidor-para-consumidor* (ver figura 6), os autores definem o *ciclo de vida de um sistema* (ver figura 7), que se constitui na base da metodologia. A idéia do ciclo de vida<sup>9</sup>, no entanto, não fica restrita ao sistema/produto a ser desenvolvido. Pelo contrário, a metodologia aborda concorrentemente três ciclos de vida distintos (ver figura 8):

- *o ciclo de vida do próprio sistema/produto;*
- *o ciclo de vida do processo de fabricação;*
- *o ciclo de vida do sistema de suporte ao produto.*

A partir da visualização destes três ciclos concorrentes é definida uma metodologia que se estrutura em torno do desenvolvimento paralelo e integrado destes três sub-sistemas, visando a compatibilização simultânea dos mesmos, a integração de enfoques, a participação interdisciplinar desde as fases mais iniciais do projeto e a consideração do produto como um elemento que tem, além de uma fase de concepção, uma fase de uso e uma fase de descarte que também influenciam decisões de projeto.

### 2.3.2. O Processo Metodológico

A abordagem concorrente dos três ciclos define, então, a estrutura da metodologia de BLANCHARD e FABRYCKY. Na figura 9 estão mostradas as correlações entre as etapas de trabalho e o processo consumidor-para-consumidor<sup>10</sup>; com os dois processos lado a lado, pode-se verificar que a metodologia espelha a estrutura do processo consumidor-para-consumidor, que é, por extensão, a própria

<sup>8</sup> Os conceitos aqui expostos se baseiam em BLANCHARD & FABRYCKY (1990).

<sup>9</sup> Um conceito de ciclo de vida é dado por SANCHEZ (1978): "(...) o ciclo de vida de um sistema é o período de tempo que vai da percepção de uma necessidade até o momento em que tal sistema se torna obsoleto para satisfazê-la. (...)" (p. 22)

<sup>10</sup> O ciclo "consumidor-para-consumidor" denota o caráter cíclico do desenvolvimento de produtos, no qual o produto nasce no consumidor (por uma necessidade expressa) e se destina ao consumidor (nas mãos de quem vai ser usado e descartado).

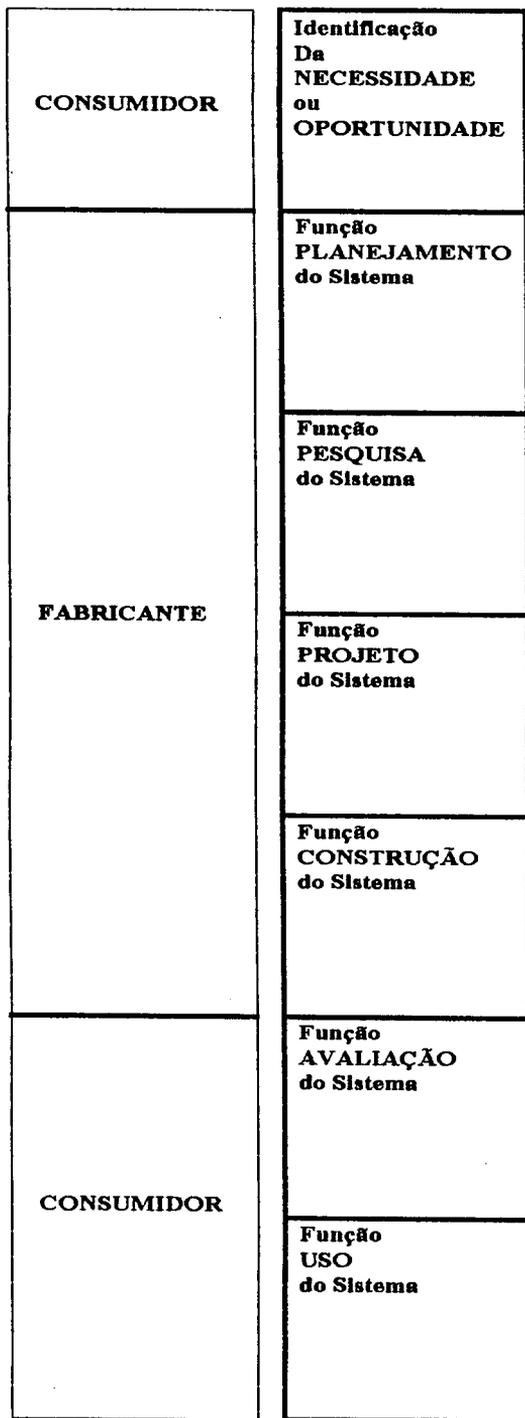


Figura 6: O Ciclo Consumidor-para-Consumidor de BLANCHARD & FABRYCKY (Adaptado de BLANCHARD & FABRYCKY, 1990)

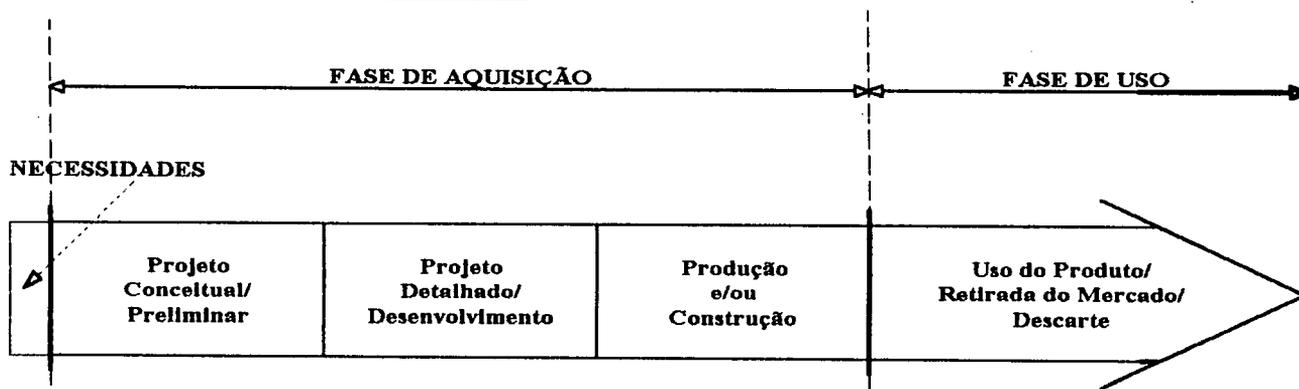


Figura 7: O Ciclo de Vida de um Sistema (Adaptado de BLANCHARD & FABRYCKY, 1990)

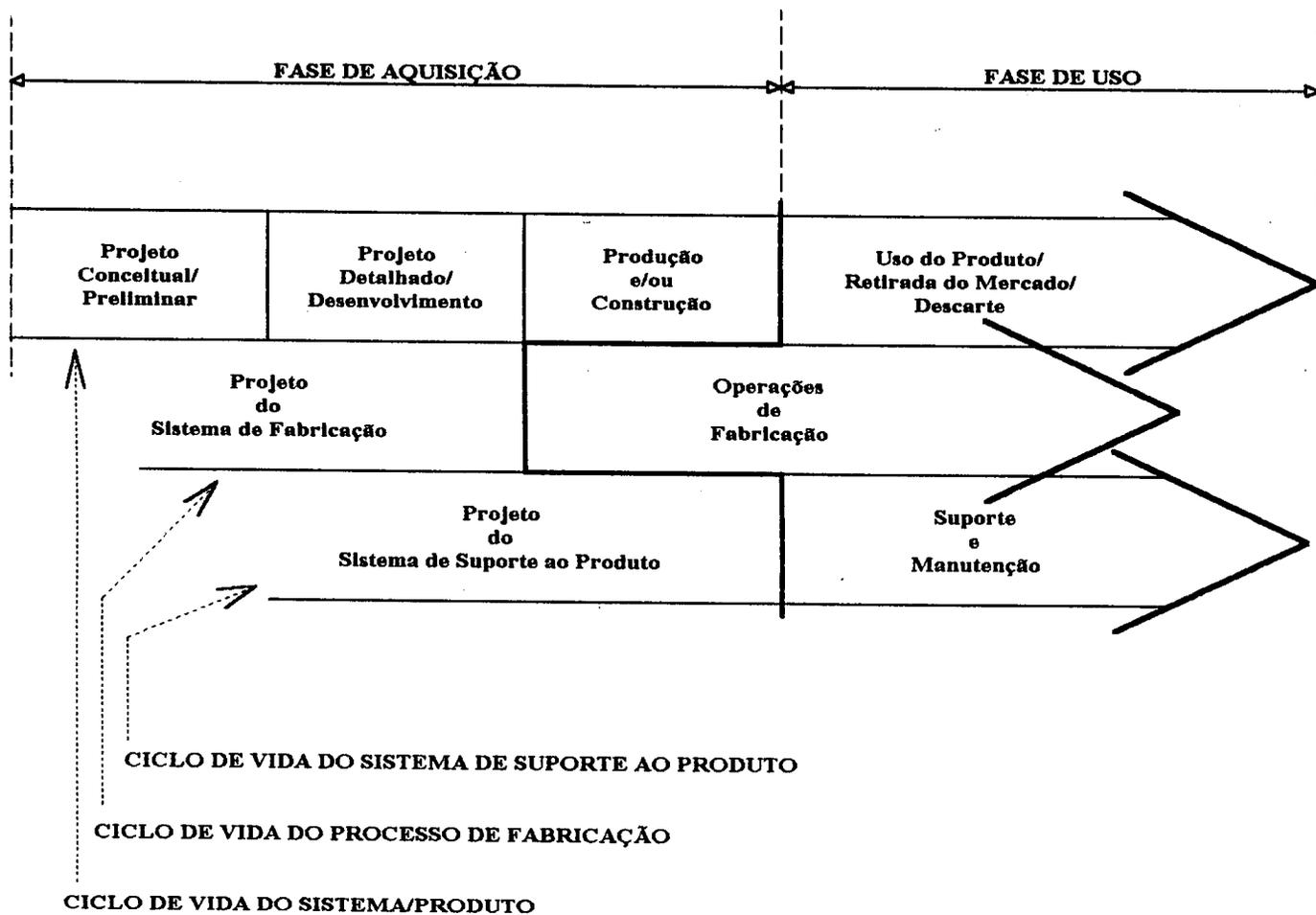


Figura 8: Os Ciclos de Vida Concorrentes de BLANCHARD & FABRYCKY  
 (Adaptado de BLANCHARD & FABRYCKY, 1990)

1	<b>Identificação Da NECESSIDADE ou OPORTUNIDADE</b>	Identificação de Desejos ou Necessidades por Sistemas/Produtos. Intenções de Investir.
2	<b>Função PLANEJAMENTO do Sistema</b>	Estudos de Mercado. Estudos de Viabilidade. Planos de: - pesquisa; - projeto; - produção; - apoio logístico. Proposta.
3	<b>Função PESQUISA do Sistema</b>	Pesquisa Básica. Pesquisa Aplicada (Orientada pela Necessidade). Métodos de Pesquisa. Evolução da Pesquisa Básica para Projeto e Desenvolvimento.
4	<b>Função PROJETO do Sistema</b>	Projeto Conceitual. Projeto Preliminar. Projeto Detalhado. Desenvolvimento de Protótipos/Modelagem de Simulações. Transição do Projeto para Construção.
5	<b>Função CONSTRUÇÃO do Sistema</b>	Condiçlonantes de Construção/Montagem. Programação e Controle.
6	<b>Função AVALIAÇÃO do Sistema</b>	Testes e Avaliação. Testes Operacionais. Análise e Correção. Reteste.
7	<b>Função USO do Sistema</b>	Uso Operacional. Avaliação do Sistema em Uso. Manutenção.

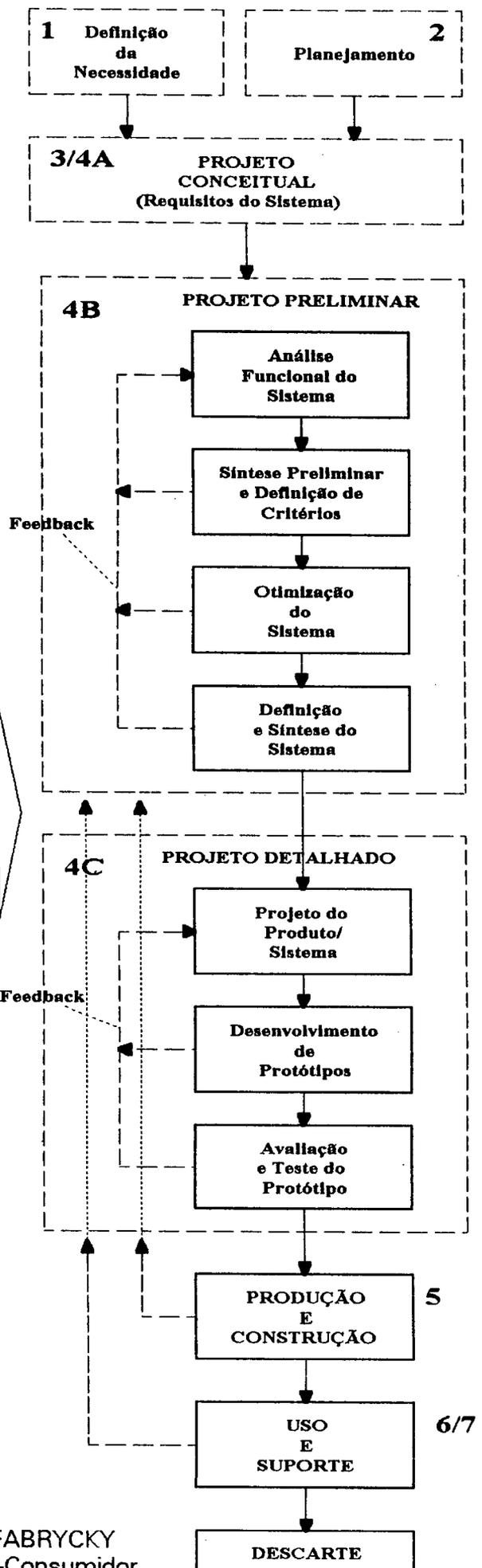


Figura 9: As Fases da Metodologia de BLANCHARD & FABRYCKY Correlacionadas com o Ciclo Consumidor-para-Consumidor

representação dos ciclos de vida concorrentes já referenciados. O método, a partir desta abordagem, estende seus esforços para além da etapa de fabricação do produto, estabelecendo relações com o uso do produto, o suporte ao produto e o descarte do produto. As etapas da metodologia que se traduzem em etapas efetivas de projeto são: (a) *projeto conceitual*; (b) *projeto preliminar*; (c) *projeto detalhado*.

- **Projeto Conceitual**

O projeto conceitual, indicado na figura 9 como etapa 3/4A, se destina ao estabelecimento de parâmetros de performance, requisitos operacionais e políticas de suporte ao produto. A partir da *identificação da necessidade* (etapa 1), oriunda de um problema ou deficiência detectada no mercado, devem ser definidos os requisitos básicos para o projeto/sistema. A função *planejamento* (etapa 2), se destina à execução dos estudos que quantificarão e qualificarão a necessidade identificada, com vistas à definição de um planejamento de projeto. A partir desta massa de dados, é analisada a viabilidade do projeto e definidos requisitos operacionais, conceitos de manutenção e especificações gerais do sistema. A indicação do *projeto conceitual* como etapa 3/4A na figura 9, significa que está relacionado, no ciclo consumidor-para-consumidor, com as funções pesquisa e projeto.

- **Projeto Preliminar**

O *projeto preliminar* (indicado como etapa 4B na figura 9), se inicia com as diretrizes técnicas e o planejamento básico definidos no projeto conceitual e se desenvolve com o objetivo de traduzir os requisitos gerais do sistema/produto em requisitos de projeto detalhados qualitativa e quantitativamente. As atividades que se destinam a este objetivo são: (a) *análise funcional do sistema* (ele deve ser subdividido em funções parciais de operação e de manutenção, na forma de um diagrama que represente as relações e a hierarquia entre estas funções parciais e a função principal/sistema; a análise funcional deve identificar alternativas para estas funções parciais); (b) *síntese preliminar e alocação de critérios* (a análise funcional fornece uma descrição e uma síntese preliminar da configuração geral do sistema; a partir disso, são alocados requisitos quantitativos preliminares para o sistema/função principal que são metas a serem perseguidas e servem de base para a alocação de requisitos para as funções parciais. Por exemplo, define-se que o sistema/ produto deve pesar 750 gramas; se ele é composto por três partes, pode-se definir que a parte A deverá ter 350 gramas, a B 250 gramas e a C, 150 gramas; esta subdivisão deve continuar até a parte/função mais elementar. A alocação pode envolver requisitos de performance, custo, manutenibilidade, etc., e não se constitui neste

momento em medidas definitivas, mas sim metas orientativas que visam manter os membros da equipe de projeto, que muitas vezes atuam separadamente em tarefas parciais, atrelados a objetivos comuns); (c) *otimização e avaliação do sistema* (o processo de alocação estabelece limites e condicionantes para o projeto. Dentro destes limites e condicionantes, os projetistas podem identificar várias configurações para as funções parciais que satisfazem os requisitos especificados; o problema, então, é selecionar as melhores alternativas. As alternativas devem ser identificadas, critérios de avaliação definidos, escolhidos métodos analíticos<sup>11</sup>, dados coletados, possibilitando a avaliação das várias alternativas em bases equivalentes); (d) *síntese e definição do sistema* (síntese se refere à combinação e estruturação de partes, ou configurações de soluções para as funções parciais, com o fim de conformar uma entidade funcional; nesta fase, é importante sintetizar soluções considerando os aspectos relacionados com a operabilidade, manutenibilidade e confiabilidade, bem como com os sistemas de suporte e de fabricação, o uso e o descarte, etc. Nesta fase, o uso intensivo de modelos analíticos testa a efetividade das soluções estudadas).

- **Projeto Detalhado**

O *projeto detalhado* (indicado na figura 9 como etapa 4C) parte para o detalhamento da entidade funcional (solução) escolhida ao final do projeto preliminar. As atividades que se destinam a este objetivo são: (a) *projeto do produto/sistema* (a partir da entidade funcional são detalhados o produto e os elementos do sistema de apoio logístico, firmados dados e documentação de projeto, avaliado o produto/sistema e realizada uma revisão geral sobre o projeto); (b) *desenvolvimento de protótipos* (desenvolvimento de modelos/protótipos para simulação do produto e do sistema de apoio logístico); (c) *avaliação e teste do protótipo* (execução de testes, análises e avaliação do protótipo e definição de ações de correção de falhas).

As etapas de projeto descritas acima se coordenam com as duas etapas seguintes mostradas na figura 9, *produção e construção* (etapa 5) e *uso e suporte* (etapa 6/7), pela análise e avaliação do produto/sistema quando submetido ao processo de fabricação e ao uso cotidiano. A consideração destas etapas se dá em dois níveis: primeiro, pela *formulação de requisitos de projeto adequados* (dirigidos a

<sup>11</sup> Técnicas analíticas, como os modelos matemáticos, podem ser utilizados no sentido da quantificação das consequências ou "outputs" dos vários cursos de ação que estão sendo analisados. Não é um elemento definitivo de decisão na avaliação de sistemas, mas uma ferramenta de apoio, na medida em que fornece dados reais, palpáveis, para suporte na tomada de decisões.

incluir fabricação, uso e suporte como condicionantes para a concepção de soluções) e, segundo, pela *verificação da performance do produto/sistema quando submetido concretamente a estas etapas* (busca do aperfeiçoamento pela análise e avaliação do produto quando em fabricação ou operação, viabilizada através de ações de correção das falhas detectadas).

## **2.4. Das Metodologias Ao Roteiro de Implantação da Fábrica**

### **2.4.1. Engenharia Concorrente e Ciclo de Vida**

As etapas de um processo de implantação de uma fábrica objetivam a busca de respostas para quatro questões principais:

- *O que produzir ?*
- *Quanto produzir ?*
- *Onde produzir ?*
- *Como produzir ?*

Tais questões são respondidas em momentos diferentes de um projeto industrial, mas possuem elas um sequenciamento difícil de ser evitado. Afinal, seria impossível definir como produziríamos um produto que não foi ainda projetado, por exemplo. Da mesma forma, não seria tecnicamente correto definir a localização de um empreendimento sem a definição das quantidades de matéria-prima, mão-de-obra e facilidades necessárias. A necessidade de respostas consistentes para este conjunto de questões demanda a participação de profissionais de várias especialidades, gerando estudos, projetos e decisões de várias ordens, tais como:

- projeto do produto;
- estudos de mercado e previsão de vendas;
- decisão de comprar ou fazer;
- dimensionamento da fábrica e sua capacidade;
- escolha da faixa de concorrência;
- estudos de localização;
- estudo dos edifícios e utilidades;
- previsões de diversificação produtiva;
- definição de tecnologia e processo produtivo;
- desenho organizacional;
- definição de fontes de financiamento;
- definição do tipo de arranjo (lay-out).

Os itens acima não definem qualquer cronologia nem esgotam o assunto, mas exemplificam o caráter altamente interdisciplinar de um projeto industrial. Da idéia

de um empreendedor à colocação em operação de uma unidade produtiva, um grande percurso deve ser seguido a fim de que o empreendimento se adeque:

- às imposições de *regulamentos, leis e dispositivos legais*;
- à necessidade de *viabilização econômica* (motivação de lucro);
- às *características do meio* no qual será inserido (convivência harmônica com meio-ambiente, sociedade, etc.);
- às *condicionantes humanas* (equilíbrio conceitual nas relações homem X máquina, homem X posto de trabalho, homem X espaço de trabalho, etc.);
- às imposições da *tecnologia e processo produtivo* selecionados;
- às diretrizes do *planejamento estratégico empresarial* (perspectivas de crescimento e diversificação, filosofia de marketing, estratégia competitiva, etc.);
- à dinâmica do *mercado* (agilidade e flexibilidade na resposta a mudanças ambientais).

A partir destas considerações e da visão geral das metodologias já descritas, podemos concluir que o processo de implantação de uma indústria, ou o projeto industrial, é, a exemplo do processo de desenvolvimento de produtos, uma atividade que envolve: (a) *a definição clara de uma tarefa/problema*, (b) *a especificação de requisitos/condicionantes de projeto* e (c) *a gradativa conformação da solução (empreendimento/produto) através da adoção de uma sistemática de trabalho*; esta destinada à definição de um sequenciamento de etapas de trabalho intercaladas por decisões que definem o prosseguimento do projeto, a volta a uma etapa anterior ou mesmo a sua interrupção.

Em relação à dinâmica do projeto, vale dizer que as etapas de trabalho, tanto para o desenvolvimento de um produto industrial quanto para um projeto industrial, não devem se definir como sub-atividades estanques, executadas isolada e cronologicamente. Como vimos no capítulo anterior, o *conceito de sistemas subentende a otimização do todo e não das partes*; isto conduz a uma postura de constante avaliação de etapas de trabalho e a um desenvolvimento interdisciplinar do projeto. Não basta a simples contratação de especialistas de várias áreas em momentos localizados do processo. O desenvolvimento de um projeto industrial deve ser, a exemplo do desenvolvimento de produtos, um trabalho de equipe, baseado na contribuição daqueles vários especialistas ao longo de todo o processo. O conceito de engenharia concorrente, lançado sobre uma visão do projeto em termos do seu ciclo de vida, asseguram que cada etapa de trabalho será uma intermediação entre as necessidades dos vários setores vinculados ao problema.

Considerando o conceito de SANCHEZ (ver nota 9), segundo o qual o ciclo de vida de um sistema é o período de tempo que vai da percepção de uma

necessidade até o momento em que tal sistema se torna obsoleto para satisfazê-la, no caso dos projetos industriais o ciclo de vida de uma fábrica começaria, então, com a intenção de investir na produção de um dado produto, dirigido a satisfazer uma dada necessidade identificada, até a fase de operação e a obsolescência de uma unidade produtiva. Esta visão da amplitude e das repercussões de cada decisão de projeto em outras etapas do desenvolvimento e da operação do produto/unidade industrial é fundamental para que se consigam, primeiro, soluções efetivamente interdisciplinares, oriundas da conjunção de pontos de vista diversos; segundo, para que os projetos não se tornem um fim em si mesmos e incorporem preocupações com necessidades operacionais de curto, médio e longo prazo.

No entanto, apesar de ser um bom começo, a consideração do ciclo de vida do produto, isoladamente, não é suficiente para que se alcancem plenamente os objetivos acima. Em BLANCHARD e FABRYCKY (1990), como vimos, encontramos a defesa de uma abordagem de projeto baseada não apenas no ciclo de vida do produto, mas também no ciclo de vida do processo industrial (fabricação) e no ciclo de vida dos sistemas de suporte ao produto (manutenção). Estes três ciclos de vida concorrentes, mostrados na figura 8, enfatizam a necessidade da incorporação dos requisitos de fabricação e manutenção já nas fases iniciais do projeto, de uma maneira coordenada, ordenada. A implantação de uma fábrica (projeto industrial), analogamente, deve ser desenvolvida a partir de uma visão não restrita ao ciclo de vida das instalações físicas ou ao ciclo de vida da tecnologia e processo produtivo, isoladamente. Pelo contrário, deve abordar de maneira concorrente os vários ciclos de vida dos sub-sistemas fabris e empresariais, fazendo com que a gradativa conformação da fábrica se dê pelo correto interfaceamento de todas as suas potencialidades e limitações. Para os espaços físicos industriais, esta visão concorrente se traduz na participação de pessoas ligadas aos vários setores da empresa desde as fases iniciais de concepção de edifícios e áreas industriais, a fim de garantir relações físico-funcionais, qualidade construtiva, flexibilidade e linguagem estética coordenadas, respectivamente, com as necessidades dos setores de produção, manutenção, planejamento e marketing.

#### **2.4.2. As Fases, Etapas e Atividades de Um Projeto Industrial**

A partir destes dois conceitos-chave, *abordagem interdisciplinar (engenharia concorrente)* e *visão sistêmica do problema (consideração do ciclo de vida)*, pode-se delinear uma estruturação dos projetos industriais baseada no seu ciclo de vida e definida através de quatro fases principais, cada uma das quais compostas por um conjunto de etapas relacionadas. Cada fase define um nível diferenciado de detalhamento e, por extensão, um nível de aproximação diferenciado da solução a ser implantada e um nível diferenciado de comprometimento de capital. Tais fases e conteúdos estão listados abaixo e representam uma analogia com o processo genérico de solução de problemas, conforme explicitado.

- **Fase de Planejamento**  
**(Definição Clara da Tarefa/Problema)**  
Formulações estratégicas ligadas ao planejamento formal da empresa, definindo o perfil do empreendimento.
- **Fase de Pré-Investimento**  
**(Especificação de Requisitos/Condicionantes de Projeto)**  
Estudos visando a definição do escopo do empreendimento e a identificação de alternativas viáveis. É a fase das decisões que mais comprometem capital, ou seja, não há grandes dispêndios reais mas sim comprometimento com um padrão de aplicação de capital a ser efetivado na fase de investimento.
- **Fase de Investimento**  
**(Conformação e Implantação da Solução)**  
Detalhamento da alternativa selecionada e construção ou montagem do empreendimento. É a fase de maior aplicação de capital. Engloba ainda o período de testes, pré-operacional, da unidade produtiva.
- **Fase de Operação**  
Período operacional da unidade produtiva.

Cada uma das fases indicadas envolve um conjunto específico de atividades e decisões, desenvolvidas predominantemente por um setor, especialidade, pessoa ou grupo de pessoas com competência definida (em sentido amplo), mas que devem contar com o balizamento e contribuição da empresa como um todo. Neste sentido, por exemplo, é importante a inclusão da fase operacional na estrutura do projeto industrial, dado que para ela confluem as soluções e dela, portanto, devem emanar muitos subsídios para a conformação do empreendimento. De maneira geral, custa caro prescindir da experiência dos setores de produção, vendas, manutenção, planejamento, etc., em função do alto volume de improvisações necessárias durante a vida operacional, pela não consideração das potencialidades e limitações destes setores durante o projeto.

As fases do projeto industrial se subdividem em etapas de trabalho que pertencem ou são alimentadas por vários tipos de disciplinas ou especialidades. A *fase de planejamento* destina-se à definição das intenções da empresa e por isso envolve diretamente a alta administração da empresa e seu plano estratégico. A *fase de pré-investimento* destina-se a dois objetivos: (a) definição dos requisitos do projeto, pela formalização de um escopo de projeto e (b) avaliação da sua viabilidade técnico-econômico-social, pela análise de alternativas; nesta fase deve haver a participação de um número expressivo de especialidades, voltadas à execução de estudos localizados (mercado, produto, tecnologia, processos administrativos e

produtivos, impactos sócio-ambientais, etc.), mas geridos por um elemento ou setor que trate de traduzir todos os aspectos em uma relação de custos/receitas e custos/benefícios. A *fase de investimento* visa três objetivos: (a) detalhamento da alternativa escolhida na fase de pré-investimento, por projetistas especializados em projetos industriais, (b) construção/montagem da unidade, por empreiteiros e montadores especializados, (c) execução de testes pré-operacionais, por parte dos responsáveis pela especificação dos sistemas e dos responsáveis pela operação futura da unidade. A *fase operacional*, por fim, se refere à vida produtiva olhada não apenas como uma questão da produção mas como uma questão de relacionamento entre empresa e sociedade, estando assim a cargo de todos os setores da empresa. O ciclo de vida do projeto industrial, nestes termos, está representado na figura 10.

A partir desta visão, podemos estruturar o projeto industrial ao nível das etapas e atividades que delimitam as fases acima descritas, conformadas no sentido de atenderem a tudo que foi até aqui exposto. Tais etapas e atividades serão melhor detalhadas mais à frente, mas cabe aqui sua enumeração<sup>12</sup>:

**(a) Fase de Planejamento**

(a.1) *Formulação de Diretrizes*

(a.1.1) Planejamento Estratégico

**(b) Fase de Pré-Investimento**

(b.1) *Estudos de Posicionamento*

(b.1.1) Estudos de Oportunidade

(b.1.2) Escopo Preliminar

(b.1.3) Seleção Preliminar

(b.1.4) Escopo Definitivo

(b.2) *Estudos de Pré-Investimento*

(b.2.1) Estudos de Pré-Viabilidade

(b.2.2) Estudos Funcionais

(b.2.3) Estudos de Viabilidade

(b.2.4) Avaliação Final

<sup>12</sup> Esta enumeração de fases, etapas e atividades se baseia em uma conciliação entre os conceitos defendidos no âmbito deste trabalho, com aquilo que apregoam as bibliografias existentes sobre o assunto. Neste sentido é uma abordagem estendida do conteúdo de trabalhos que enfocam o projeto industrial de maneira especializada, geralmente centrados ou na questão meramente econômica, ou na questão puramente técnica (voltada para a engenharia ou gerenciamento de projetos), ou ainda na questão desenvolvimentista (institucional). Esta enumeração procura um enfoque interdisciplinar, equidistante. Como fontes adotadas como referência citamos: VALLE (1975), BUARQUE (1989), HEREDIA (1981), OLIVERIO (1985) e manual da UNIDO - Organização para o desenvolvimento das Nações Unidas (1988).

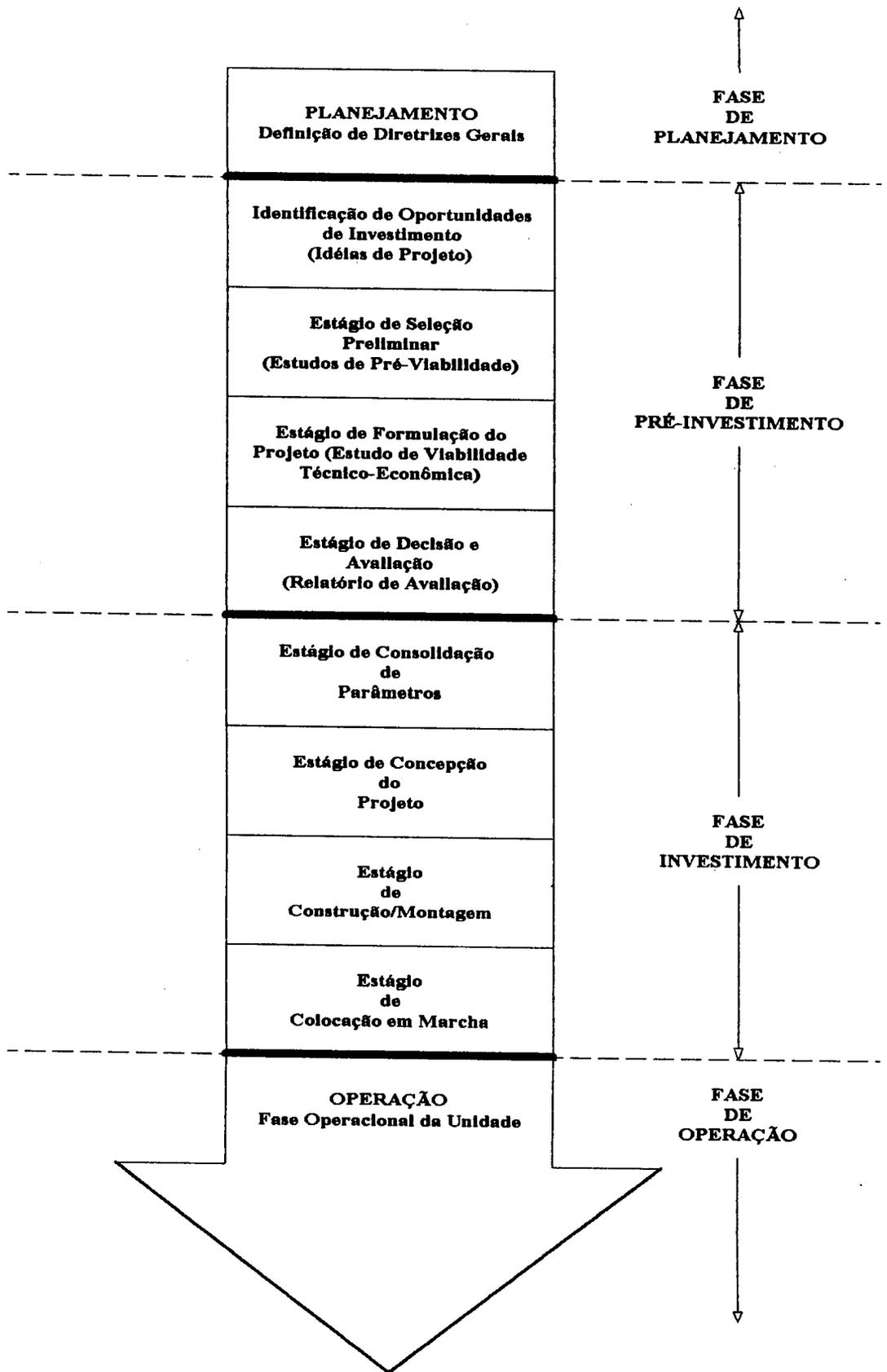


Figura 10: O Ciclo de Vida de um Projeto Industrial

**(c) Fase de Investimento****(c.1) Estudos de Investimento**

(c.1.1) Projeto Preliminar

(c.1.2) Projeto Básico

(c.1.3) Projeto Executivo

**(c.2) Investimento**

(c.2.1) Suprimento

(c.2.2) Construção/Montagem

**(c.3) Pré-Operação**

(c.3.1) Comissionamento (testes iniciais de operação)

**(d) Fase Operacional****(d.1) Atividade Operacional**

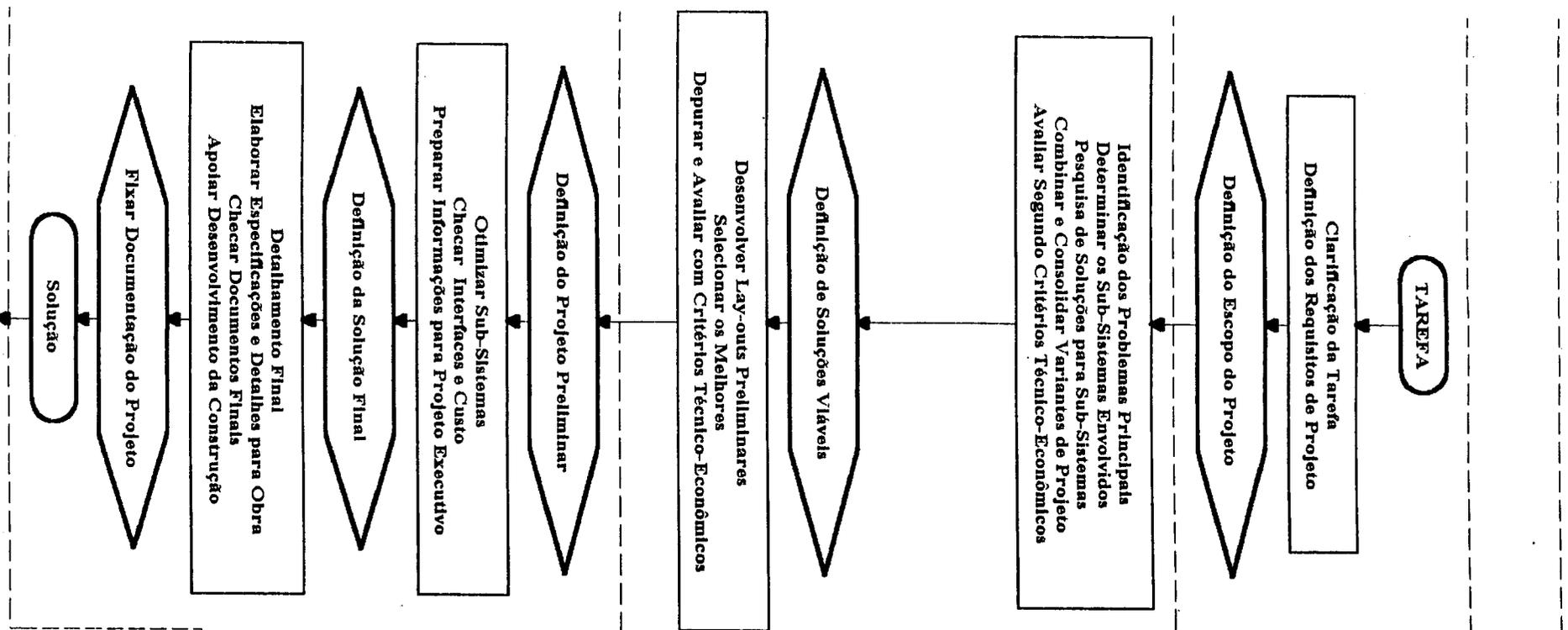
(d.1.1) Operação

O desenvolvimento destas fases, etapas e atividades é delineada, metodologicamente, a partir da sua organização e sequenciamento, como será mostrado nos próximos itens. Também nos próximos itens esta organização e sequenciamento ganharão conformação pela inserção de tomadas de decisão intermediárias e de fluxos de realimentação/feedback, responsáveis pela dinâmica do processo de projeto. Estas inserções se viabilizarão a partir da sua confrontação com os conceitos das metodologias de projeto de produto, já vistas.

**2.4.3. O Roteiro e as Metodologias de Desenvolvimento de Produtos**

Na figura 11 estão colocadas lado a lado, de modo já conciliado, as fases e etapas definidas no item anterior para os projetos industriais e os roteiros das metodologias de PAHL e BEITZ e BLANCHARD e FABRYCKY. Não se trata de uma comparação entre as metodologias ou uma confrontação de pontos de vista. Pelo contrário, é a *evidenciação de que os três roteiros são convergentes*, estruturam-se no mesmo caminho e que as diferenças de enfoque enriquecem um e outro. O conjunto de procedimentos do projeto industrial, quando visualizado à luz da racionalização de passos da metologia de PAHL e BEITZ, ganha clareza e estrutura, com os fluxos de informação e retroinformação perfeitamente definidos. Quando relacionado a metodologia de BLANCHARD e FABRYCKY, o projeto industrial ganha o conceito dos ciclos de vida concorrentes, incorporando uma visão mais abrangente das suas dimensões, interdependências e condicionantes. *PAHL e BEITZ ordenam objetivamente o processo; BLANCHARD e FABRYCKY definem uma filosofia, uma postura de projeto.*

Tudo isto serve ao propósito de se definir um roteiro para o projeto industrial que seja claro, facilmente inteligível para todos que o desenvolvem, que favoreça a visualização dos problemas localizados a partir de uma visão do conjunto e que,



Identificação Da NECESSIDADE ou OPORTUNIDADE	Identificação de Desejos ou Necessidades por Sistemas/Produtos, Intenções de Investir.
Função PLANEJAMENTO do Sistema	Estudos de Mercado, Estudos de Viabilidade, Planos de: - pesquisa; - projeto; - produção; - apoio logístico. Proposta.
Função PESQUISA do Sistema	Pesquisa Básica, Pesquisa Aplicada (Orientada pela Necessidade), Métodos de Pesquisa, Evolução da Pesquisa Básica para Projeto e Desenvolvimento.
Função PROJETO do Sistema	Projeto Conceitual, Projeto Preliminar, Projeto Detalhado, Desenvolvimento de Protótipos/Modelagem de Simulações, Transição do Projeto para Construção.
Função CONSTRUÇÃO do Sistema	Condiçõnantes de Construção/Montagem, Programação e Controle.
Função AVALIAÇÃO do Sistema	Testes e Avaliação, Testes Operacionais, Análise e Correção, Reteste.
Função USO do Sistema	Uso Operacional, Avaliação do Sistema em Uso, Manutenção.

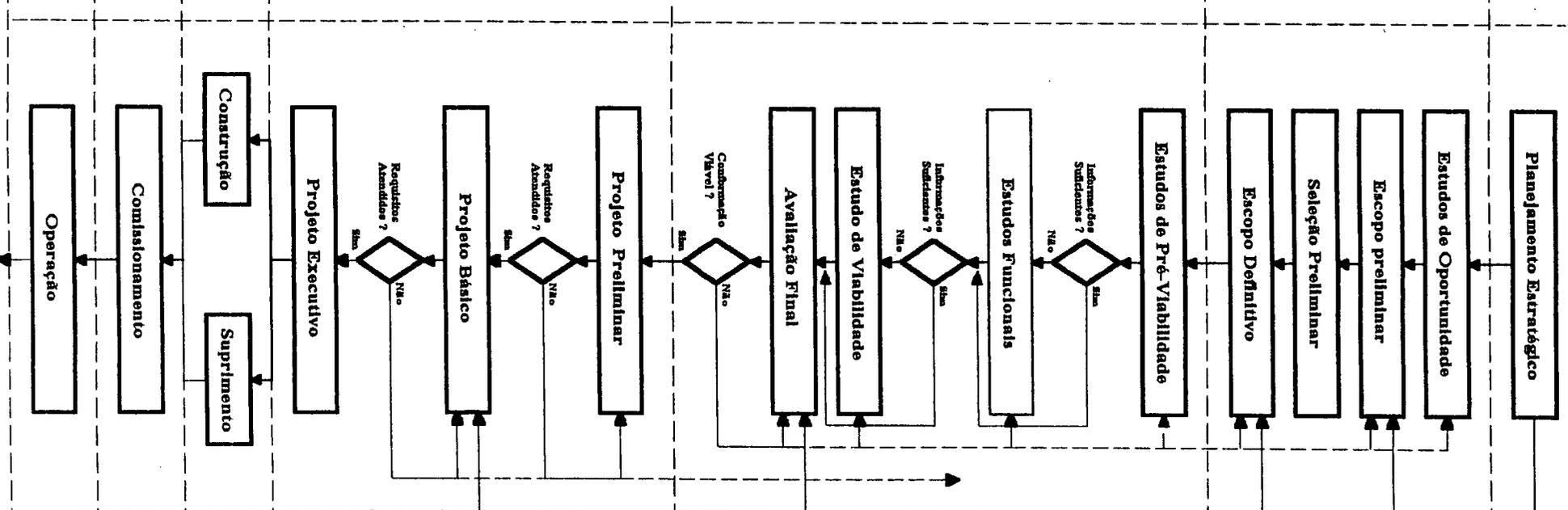


Figura 11: Uma Correlação entre as Metodologias de PAHL & BEITZ, BLANCHARD & FABRYCKY e o Projeto Industrial

enfim, viabilize uma abordagem integrada na qual cada um sabe seu papel e consegue visualizar a sua influência no papel do outro. E mais, que reforce a importância da participação de todos os setores intra-empresarias desde as fases iniciais do projeto. A figura 12 mostra o roteiro do projeto industrial definitivamente conformado; nela, as partes (itens) seguintes do trabalho que detalham cada uma das etapas estão indicados.

## 2.5. A Fase de Planejamento

### 2.5.1. Uma Visão Geral

Ao longo das últimas décadas o mundo assistiu a uma nova revolução industrial. Os cenários estáveis - com os quais as empresas trabalhavam transformaram-se em rigorosas e dinâmicas exigências de um meio crescentemente competitivo. O ciclo de vida dos produtos reduziu-se dramaticamente e o panorama sócio-econômico global instabilizou-se a ponto de os antigos sistemas de planejamento a longo prazo perderem sua função e utilidade. As empresas tiveram de tornar-se amplamente flexíveis a fim de rapidamente se adequarem a drásticas alterações ambientais.

O conceito de estratégia foi então resgatado e passou-se do planejamento de longo prazo, moldado a partir de uma visão retrospectiva, para um planejamento contingencial, estratégico, baseado em uma dinâmica de constante avaliação do ambiente e recursos disponíveis. Hoje os sistemas de planejamento definem diretrizes, alocam meios e recursos necessários para o alcance dos objetivos definidos, sempre a partir de um constante monitoramento do ambiente no qual a empresa se insere. Com graus de formalização variáveis, qualquer empresa possui um planejamento que a dirige no sentido da realização de metas pré-definidas.

Toda esta introdução serve ao propósito de clarificar a importância das decisões estratégicas na configuração de um empreendimento. Na verdade, a própria decisão de desenvolver um novo empreendimento já é uma decisão estratégica ou está diretamente ligada a uma. Como exemplo, PORTER (1989) alinha como decisões estratégicas de grande importância para empresas que competem em uma única indústria a *integração vertical*, a *grande expansão da capacidade* e a *entrada em novos negócios*. Pois bem, qualquer uma destas decisões envolve, potencialmente, novos projetos industriais. A integração vertical porque leva a empresa a incorporar outras empresas e outras funções, que acabam demandando readequações físicas. A expansão da capacidade, pela implantação de novas unidades ou expansão/readequação das existentes. A entrada em novos negócios, por uma combinação das duas situações anteriores.

Formulação de Diretrizes

ITEM 2.5.2

Estudos de Posicionamento

Estudos de Pré-Investimento

ITEM 2.6.1

ITEM 2.6.2

Estudos de Investimento

ITEM 2.7.1

Investimento

ITEM 2.7.2

Pré-Operação

ITEM 2.7.3

Operação

ITEM 2.8

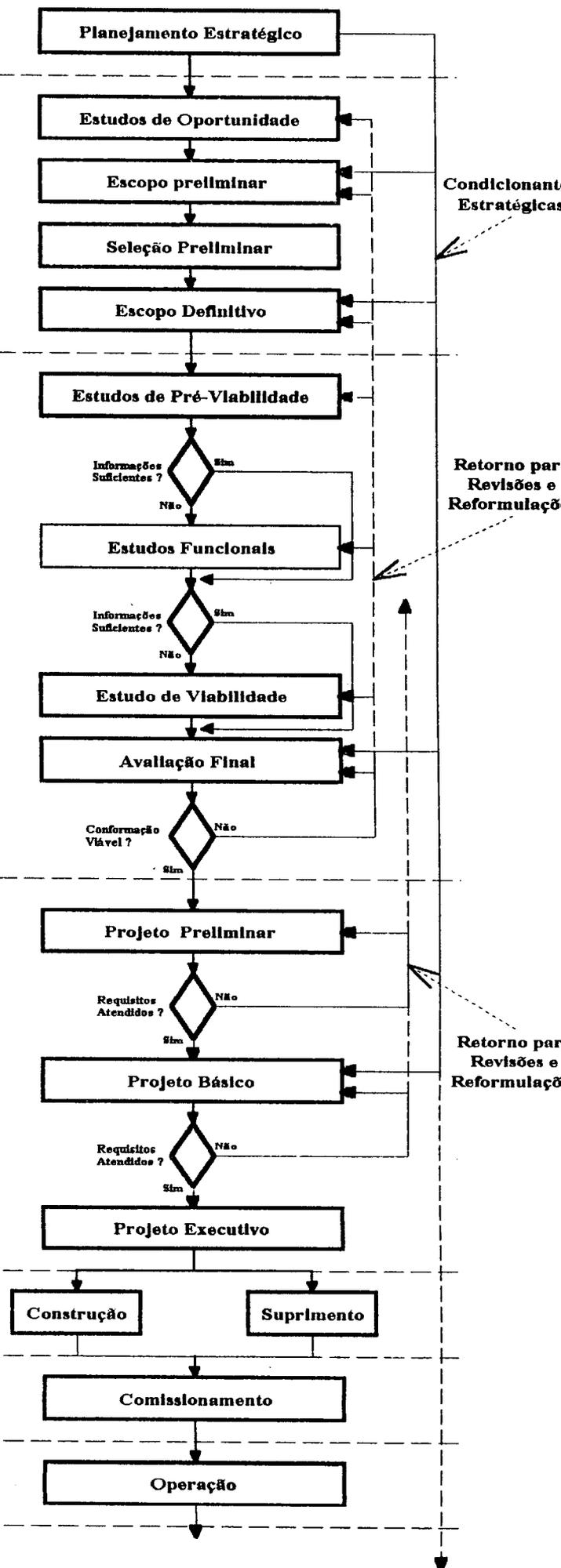


Figura 12: O Roteiro do Projeto Industrial

Também em PORTER encontramos três abordagens estratégicas genéricas que, segundo ele, são potencialmente bem-sucedidas quando uma empresa tenta conseguir vantagem ao enfrentar as forças competitivas de mercado<sup>13</sup>: *liderança no custo*, *diferenciação* e *enfoque*. Cada uma destas estratégias genéricas define um tipo específico de demanda por projetos industriais, como segue.

- **Liderança no Custo**

A liderança no custo exige a construção agressiva de instalações em escala eficiente, uma perseguição vigorosa de reduções de custo pela experiência, um controle rígido do custo e das despesas gerais.

- **Diferenciação**

A diferenciação para uma empresa pode dar-se através de vários fatores. Um deles pode ser a diferenciação pela imagem, exigindo que suas instalações se adequem a um determinado padrão, direcionado ou a uma convivência harmônica com o meio no qual está inserida ou simples vinculação de seu nome a complexos fabris bem concebidos. Outro pode ser a diferenciação pelo rápido atendimento a clientes, exigindo a implantação de unidades menores ou de assistência técnica distribuídas ao longo da área na qual se situa seu mercado.

- **Enfoque**

Ao contrário das estratégias de baixo custo e diferenciação, que se destinam a resultados no âmbito da indústria como um todo, a estratégia de enfoque visa a definição de alvos estratégicos localizados, que podem ser um determinado grupo comprador, um segmento da linha de produtos ou um mercado geográfico específico. A estratégia se baseia na convicção de que a empresa pode atender seu alvo localizado de maneira mais eficiente do que os concorrentes que estão competindo de maneira mais ampla. As demandas por projetos industriais a partir desta estratégia decorrem de uma combinação das políticas anteriores (diferenciação e custo), dirigidas para o alvo em particular.

Estes exemplos mostram que as estratégias empresariais são as fontes primárias de novos projetos industriais. Cabe, então, ao planejamento estratégico, formal ou informal, simples ou complexo, a definição da necessidade e a caracterização de um novo projeto industrial que, como vimos no capítulo anterior,

<sup>13</sup> Segundo PORTER, as forças competitivas de mercado são:

- (a) ameaças de entrada de novos produtos;
- (b) intensidade da rivalidade entre concorrentes existentes pressão dos produtos substitutos;
- (c) poder de negociação dos compradores;
- (d) poder de negociação dos fornecedores.

pode assumir ou uma única ou uma composição das seguintes alternativas: *implantação de uma nova unidade, ampliação de uma unidade existente, programas de modernização de unidades existente, programas de conversão de finalidade, etc.* Usualmente, empresas industriais deparam-se com várias destas situações em momentos diferentes de sua vida. *O planejamento estratégico, monitorando dinamicamente o ambiente e reavaliando suas estratégias, definirá a oportunidade de cada uma delas.*

### **2.5.2. Formulação de Diretrizes**

Metodologicamente, o planejamento estratégico divide-se em quatro etapas:

- *definição do negócio e missão da empresa* (identificação da razão de ser da empresa, a partir da identificação da missão corporativa, da cultura organizacional e de uma visão do negócio enfocada no hoje e no amanhã);
- *diagnóstico interno e externo*, no qual a empresa avalia seus recursos (humanos, financeiros, tecnológicos, organizacionais), identificando sinergias e potencialidades, ao mesmo tempo em que estuda o ambiente de negócios em que se insere, procurando identificar oportunidades, riscos, restrições, etc.;
- *definição de estratégia competitiva* (a partir do conhecimento de suas potencialidades e das características do ambiente, a empresa define opções estratégicas, como as indicadas no item 2.6.1, que passarão a nortear as ações empresariais);
- *formulação de estratégias* (operacionais e funcionais) *e planos táticos* (de produção, de materiais, de marketing, de finanças, etc.).

Estas etapas, representadas na figura 13 pelos números 1, 2, 3 e 4, respectivamente, se consubstanciam na fase inicial do projeto industrial, dado que a partir delas a empresa se define por uma opção de investimento em instalações físicas. Mas, além de ser o input inicial, o planejamento estratégico, por meio das estratégias definidas e planos táticos implementados, regula todo o desenvolvimento do projeto industrial, tratando de mantê-lo sempre em conformidade com os recursos e intenções da empresa. Assim, como se pode ver na figura 12, as condicionantes estratégicas acompanham todas as etapas do projeto, sendo num momento fator de decisão, em outro fonte de informações e em outro ainda um balizador do processo.

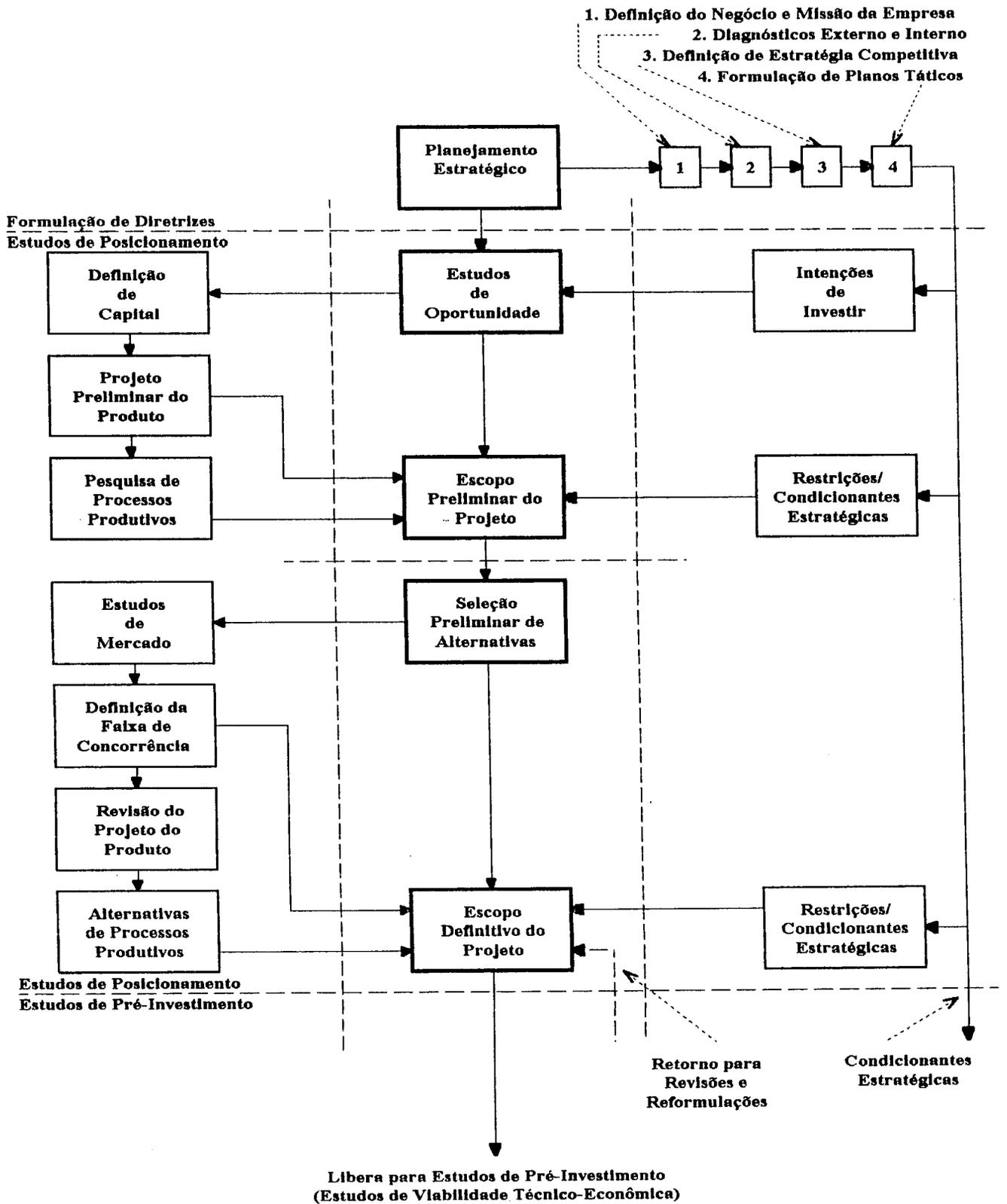


Figura 13: As Etapas de Formulação de Diretrizes e dos Estudos de Posicionamento (Fases de Planejamento e de Pré-Investimento)

## 2.6. A Fase de Pré-Investimento

A partir do momento em que a empresa se definiu pela implantação de uma nova fábrica, decisão esta atrelada a uma determinada estratégia competitiva, ela passa a uma outra fase, chamada aqui de *fase de pré-investimento*, na qual trata de verificar as possibilidades concretas desta implantação. Para isto, em primeiro lugar, deve ser definido com clareza o *escopo do empreendimento*, ou seja, devem ser clarificados os parâmetros básicos de projeto (o que será produzido, em que quantidades e em que ritmo, por meio de que tipo de tecnologia, etc.). Em segundo lugar, deve ser verificada, com o grau de precisão que for necessário, a *viabilidade do empreendimento* em sentido amplo (técnico, econômico, social, etc.). Estes dois momentos definem duas etapas distintas para a fase de pré-investimento: (a) *estudos de posicionamento*; (b) *estudos de pré-investimento* (ver figura 12).

Cabe lembrar aqui que a fase de pré-investimento não representa para a empresa, em princípio, gastos significativos em relação ao montante de recursos envolvidos na implantação integral de uma unidade produtiva; os gastos com os estudos de viabilidade são pequenos se comparados com os dispêndios das outras fases. No entanto, as opções feitas nesta fase definem o perfil do empreendimento em seus aspectos mais significativos, ou seja, nela residem as maiores possibilidades de economia; por isso, esta etapa não deve ser subestimada.

### 2.6.1. Estudos de Posicionamento

Os estudos de posicionamento (ver figura 13) tratam de definir os parâmetros básicos de projeto, reunidos na forma de um escopo de projeto, através da aglutinação de informações oriundas de vários estudos e eventos que se desenrolam paralelamente. A partir de uma manifesta *intenção de investir* da empresa, são realizados *estudos de oportunidade* que visam a verificação de possibilidades de investimento ou identificação de idéias de projetos. Estas oportunidades podem estar ligadas a:

- existência de recursos naturais com potencial para serem processados e manufaturados em uma certa região;
- demanda futura por produtos que têm um bom potencial de crescimento, como resultado do aumento da população ou aumento do poder aquisitivo;
- eventuais relações com empresas já estabelecidas num determinado local;
- expansões da capacidade industrial, para atingir economias de escala;

- um clima propício para o investimento;
- custos e disponibilidades de recursos de produção;
- substituição de importações, etc.

Identificada uma oportunidade de investimento, a empresa define a *quantidade de capital* que está disposta a investir no empreendimento, mesmo que preliminarmente. Este é um balizamento importante porque define, também preliminarmente, um conceito, uma idéia de porte. A seguir, o *produto industrial* (ou o objeto que vai permitir a exploração da oportunidade identificada) deve começar a ser conformado; e, paralelamente, *tecnologias e processos produtivos* devem ser pesquisados. Todos estes elementos se reúnem em em *escopo preliminar do projeto*, devidamente compatibilizado com as condicionantes estratégicas da empresa. O escopo preliminar é uma aglutinação inicial de dados, que visa a excessiva dispersão de idéias e conceitos; neste sentido, deve incorporar orientações básicas relacionadas com: (a) *qualificação funcional do produto*, ou seja, descrições e esquemas básicos que clarifiquem sua função principal e eventuais funções secundárias alternativas; (b) *conceituação da tecnologia* a ser adotada, em termos de nível de automatização desejado, matérias-primas requeridas, etc.; (c) *tradução das características organizacionais em requisitos físicos*, ou seja, identificação dos tipos de instalações necessários.

Sobre o escopo preliminar são estabelecidas delimitações que visam restringir o universo de alternativas a um número compatível com as possibilidades da equipe de projeto; como o processo vai incrementando o nível de detalhamento a cada passo, torna-se inviável, do ponto de vista econômico e funcional, trabalhar com um espectro muito grande de alternativas. A partir desta seleção preliminar são realizados *estudos de mercado* destinados a precisar as orientações de mercado e a verificar a sua capacidade de absorção; dado este fundamental para a determinação do porte do empreendimento. Os estudos de mercado fornecem subsídios para a definição das faixas de concorrência ou *nichos de mercado* a serem privilegiados pela empresa. A partir desta verificação do mercado, há uma *revisão do projeto do produto*, destinada a incorporação das exigências específicas do consumidor assumido como alvo, e uma escolha de *alternativas de processos produtivos* disponíveis no mercado tecnológico. Todos estes dados são novamente reunidos, desta vez conformando o *escopo definitivo do projeto*, que é o conjunto de parâmetros básicos de projeto. Nele devem aparecer definidos: (a) *produto a ser fabricado*, com grau de detalhamento suficiente para a execução dos estudos de viabilidade no padrão requerido pela empresa; (b) *alternativas de processos produtivos*; (c) *planos básicos de produção*, com volume de fabricação, estimativas de estocagem de matérias-primas e produtos acabados, etc.; (d) *instalações industriais, auxiliares e de apoio necessárias*.

### 2.6.2. Estudos de Pré-Investimento

O escopo definitivo do projeto é o documento básico para a execução dos estudos de pré-investimento. A partir da definição dos parâmetros de projeto, passa-se a verificar a viabilidade do empreendimento a partir de um ponto de vista econômico, obviamente, mas não restrito à visualização de custos e receitas do processo industrial isolado. O conceito de empreendimento economicamente viável deve passar a ter, como temos visto ao longo deste trabalho, uma conotação estratégica, interdisciplinar, ligada a consideração da empresa industrial como um empreendimento de longo prazo que precisa relacionar-se harmonicamente com o meio que a rodeia (para que possa dispor dos seus recursos e aproveitar as oportunidades que oferece).

A consideração do ciclo de vida integral do projeto industrial é particularmente importante nesta etapa, dado que aqui se definem as suas características mais determinantes. Falhas neste momento, ligadas ao esquecimento ou subestimação de aspectos operacionais, fatores de manutenção, questões tecnológicas e elementos estratégicos, dificilmente poderão ser convenientemente corrigidas a custos razoáveis, nas etapas seguintes. Aqui o empreendimento começa a se conformar, pela tradução dos parâmetros básicos e gerais do escopo em parâmetros objetivos, quantificados e qualificados, de projeto. Da mesma forma, vale lembrar que nesta etapa encontram-se as maiores possibilidades de redução de custos para o empreendimento; de modo análogo ao desenvolvimento de produtos industriais, nestas etapas de definição das características do projeto é que podem ser tomadas decisões de grande repercussão econômica.

Esta etapa do projeto industrial (esquemática na figura 14) deve ter como resultado, preferencialmente, a definição de uma alternativa de projeto, devidamente conformada por seus parâmetros técnicos e operacionais. Mas não é incomum que ao final desta etapa permaneçam sendo consideradas mais de uma alternativa, e que a definição final se estenda até a próxima fase, a de investimento. Certos aspectos só se clarificam com um detalhamento maior, e a empresa pode optar por seguir um pouco mais com outras alternativas; no entanto, devem ser considerados os custos de desenvolvimento associados a esta opção.

Os estudos de pré-investimento estão divididos em três tipos, definidos cada um deles por um grau de detalhamento e um nível de abrangência diferenciados. A classificação aqui adotada segue a definida pelo MANUAL DE PREPARAÇÃO DE ESTUDOS DE VIABILIDADE INDUSTRIAL da UNIDO (1987), por ela se adequar ao enfoque aqui exposto e permitir a consideração da realidade de que cada empreendimento exige um nível de informações diferente. Tal classificação define a necessidade dos seguintes tipos de estudo: (a) *estudo de pré-viabilidade*; (b) *estudos funcionais*; (c) *estudos de viabilidade*. As diferenças entre os três estão vinculadas ao seu aprofundamento na análise dos parâmetros de projeto.

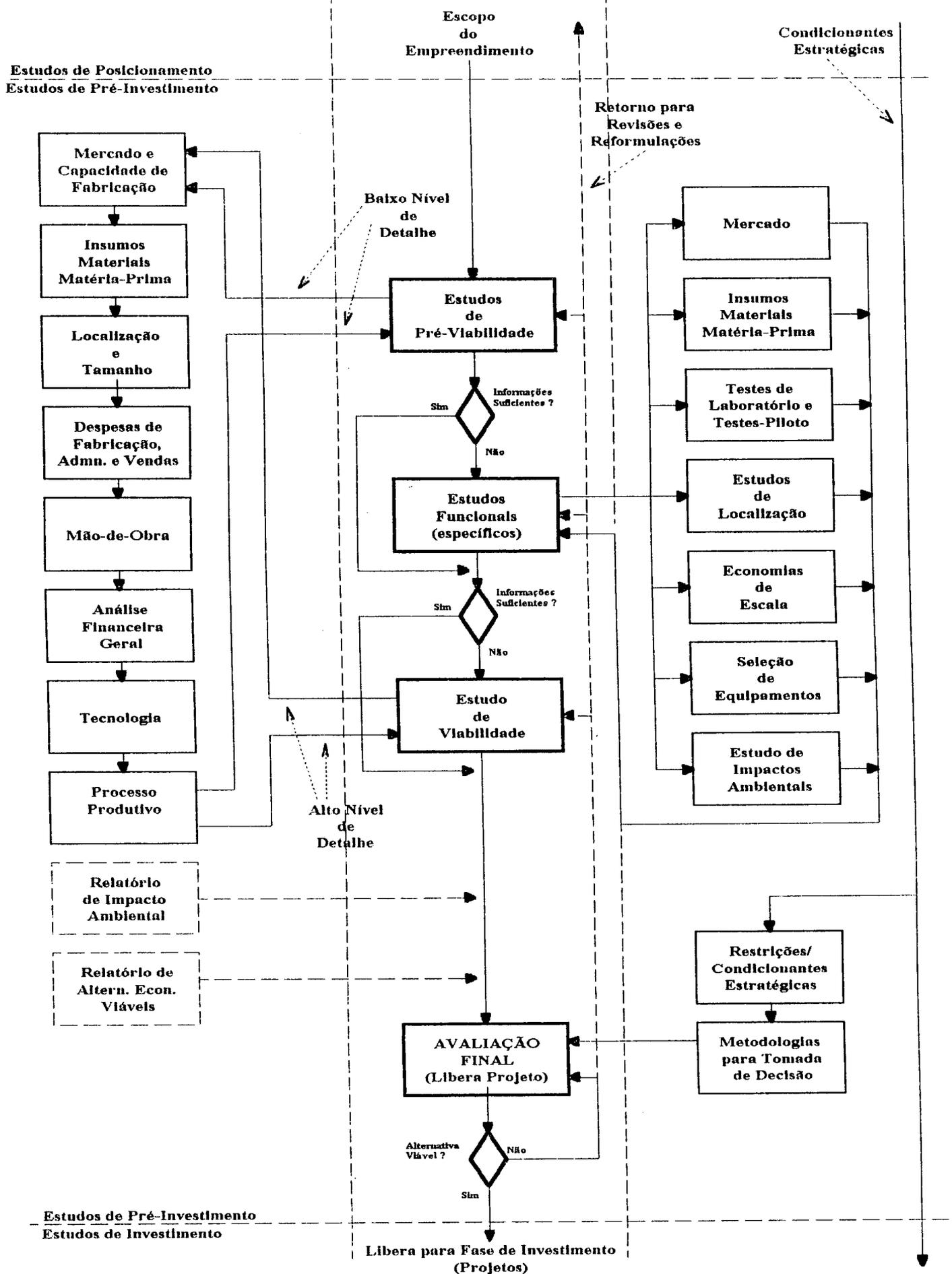


Figura 14: Os Estudos de Pré-Investimento (Fase de Pré-Investimento)

A compreensão da dinâmica destes estudos fica facilitada com a observação da figura 14. A partir do escopo definitivo é realizado o *estudo de pré-viabilidade*, que é um *conjunto de análises mais amplas*, sem grandes detalhamentos, dos vários aspectos do projeto. Para algumas empresas, definições mais amplas são suficientes para a tomada de decisão em relação a alternativas de projeto e, assim, os estudos de pré-investimento param nos estudos de pré-viabilidade. A situação comum, no entanto, é que sejam necessários aprofundamentos, e estes se dão através dos estudos funcionais e dos estudos de viabilidade. Os *estudos funcionais* são destinados ao *aprofundamento de um ou mais dos aspectos* estudados de forma ampla na pré-viabilidade, e o *estudo de viabilidade* ao *aprofundamento de todos eles*. Os estudos de pré-viabilidade e viabilidade abordam o conjunto de todos os aspectos envolvidos, apenas com graus de detalhamento diferenciados; os estudos funcionais tratam de detalhar aspectos localizados. De maneira geral, então, os estudos se sucedem na medida das necessidades empresariais, sendo interrompidos quando as informações forem suficientes para a decisão.

- **Estudo de Pré-Viabilidade**

Dado que estudos de viabilidade aprofundados podem custar muito caro e levar muito tempo para serem conformados adequadamente como instrumentos de apoio à decisão, é conveniente que seja feita uma análise inicial dos parâmetros do escopo de projeto através de um *estudo de pré-viabilidade*. Tal análise inicial determinará, então: (a) se as oportunidades de investimento são tão promissoras que uma decisão de investimento pode ser feita na base apenas da informação elaborada neste estudo de pré-viabilidade; (b) se o conceito de projeto explicitado no escopo justifica uma análise detalhada através de um estudo de viabilidade; (c) se alguns aspectos são críticos e a sua viabilidade necessita de uma investigação mais profunda através de estudos funcionais, tais como análises de mercado ou testes em fábricas-piloto. O estudo de pré-viabilidade difere do estudo de viabilidade unicamente pelo grau de detalhamento que incorpora. Assim, deve analisar, mesmo de forma mais ampla: (a) *mercado e capacidade da fábrica*; (b) *insumos materiais*; (c) *localização e tamanho*; (d) *tecnologia e processos produtivos*; (e) *despesas gerais*: fabricação, administração, vendas; (f) *mão-de-obra*; (g) *análise financeira*: custos de investimento, financiamento do projeto, custo de produção e rentabilidade comercial.

- **Estudos Funcionais**

Os *estudos funcionais* devem relacionar-se a um ou mais aspectos do empreendimento industrial, mas não a todos eles. Servem de apoio para os estudos de pré-viabilidade e de viabilidade, e são

estudos detalhados de certos aspectos considerados críticos, para os quais deve ser dispensada atenção especial. Dessa forma podem se referir, entre outros aspectos, a: (a) *estudos de localização*, quando os custos de transporte são fatores determinantes ou quando existe a necessidade de um ambiente propício ao negócio; (b) *estudos de economia de escala*; (c) *testes-piloto*, destinados a determinação, por exemplo, da adequação das matérias-primas; (d) *estudos de mercado*; (e) *disponibilidades de matéria-prima e insumos*, no presente e no futuro. Os itens dos estudos funcionais variam segundo a natureza do estudo e do projeto escolhido.

- **Estudo de Viabilidade**

Se o estudo de pré-viabilidade e os estudos funcionais não tiverem sido suficientes como suporte a uma tomada de decisão quanto a exeqüibilidade do empreendimento, um *estudo de viabilidade* deverá ser realizado. Segundo o MANUAL da UNIDO (1987), "(...) *O estudo de viabilidade de um projeto industrial deve fornecer uma base técnico-econômica e comercial para uma decisão de investimento, definir e analisar os elementos críticos que se relacionam com a produção de um produto, juntamente com as abordagens de alternativas para tal produção. Deve fornecer também um projeto com capacidade de produção definida num local selecionado, usando particular tecnologia ou tecnologias em relação a materiais e insumos definidos, aos investimentos identificados e custo de produção, e receita de vendas, resultando num retorno obtido, em decorrência do investimento realizado. (...)*" (p. 30). Este objetivo deve ser alcançado através de um trabalho interdisciplinar, integrado, que viabilize a definição de soluções alternativas possíveis para os planos de produção, localização, tecnologia e processos produtivos, capacidade da fábrica, enfim, para todas as áreas da empresa. Se os resultados apresentam o projeto como inviável, alguns parâmetros devem se ajustados a fim de se tentar chegar a uma alternativa viável. Como já foi dito, o estudo de viabilidade aborda os mesmos fatores do estudo de pré-viabilidade, só que de forma mais detalhada (ver figura 14).

A partir dos estudos de pré-viabilidade, funcionais e de viabilidade, é gerado um *relatório com as alternativas econômicas viáveis* que são então avaliadas à luz das *suas próprias exeqüibilidades* e das *restrições e condicionantes impostas pela estratégia empresarial*. A decisão final, que seria a *escolha de uma alternativa* (ou eventualmente mais de uma) para ser liberada para a fase de investimento (projetos), deve ser feita a partir de um *método racional de tomada de decisão*, que permita a incorporação de bases iguais para a análise das diferentes alternativas.

Um último aspecto deve ser aqui referenciado. Além de todas as análises acima referidas, há uma outra que nos nossos dias assume importância fundamental e que deve ser incorporada dinamicamente aos estudos de pré-investimento: a questão da *relação entre a empresa e o meio no qual se insere*, entendido por isso o impacto da presença da fábrica no *ambiente físico, social, econômico e cultural* de uma região. Já há hoje legislação específica exigindo os *Relatórios de Impacto no Meio-Ambiente (RIMAs)* como documento básico para o licenciamento ambiental de qualquer atividade industrial. No entanto, como pode-se ver abordada em mais detalhes no capítulo 5, a questão ambiental não pode mais ser tratada como um simples cumprimento de leis; pelo contrário, deve ser visualizada no âmbito da busca de *relações harmônicas com a sociedade* e da viabilização de um *crescimento sustentado*. Por esse motivo, na figura 14, aparece o relatório de impacto ambiental como um elemento de importância na fase de avaliação das alternativas; deve-se atentar, no entanto, para o fato de que as questões ambientais (no sentido amplo acima referido) devem articular-se com todos os demais estudos realizados nesta etapa.

## 2.7. A Fase de Investimento

Definida uma alternativa viável e decidido o investimento na sua implantação, conforme as etapas da *fase de pré-investimento*, são acionados então os estudos, projetos e ações necessários à tradução de parâmetros de projeto em uma unidade fisicamente implantada e em condições de operar regularmente. É a fase na qual são realizados efetivamente os grandes dispêndios dentro de um projeto industrial, por isso chamada *fase de investimento*. Como pode ser visto na figura 15, esta fase de investimento é composta também por um conjunto de etapas que tratam de gradativamente executar esta transplantação de parâmetros e conceitos em especificações detalhadas de construção, montagem e operação. Tais etapas são: (a) *estudos de investimento*; (b) *investimento*; (c) *pré-operação*. A *etapa dos estudos de investimento* representa os estudos e projetos necessários à definição detalhada de especificações, direcionadas diretamente para a construção/montagem das instalações e para a compra de máquinas, equipamentos, etc. A *etapa de investimento* se consubstancia na aquisição e na construção/montagem de todos os elementos especificados na etapa anterior. A *etapa de pré-operação* consiste na compilação dos parâmetros e especificações operacionais com o objetivo da realização de testes de funcionamento da unidade, treinamento de operadores, implantação de rotinas operacionais e de manutenção, enfim, na preparação da unidade para a sua vida operacional.

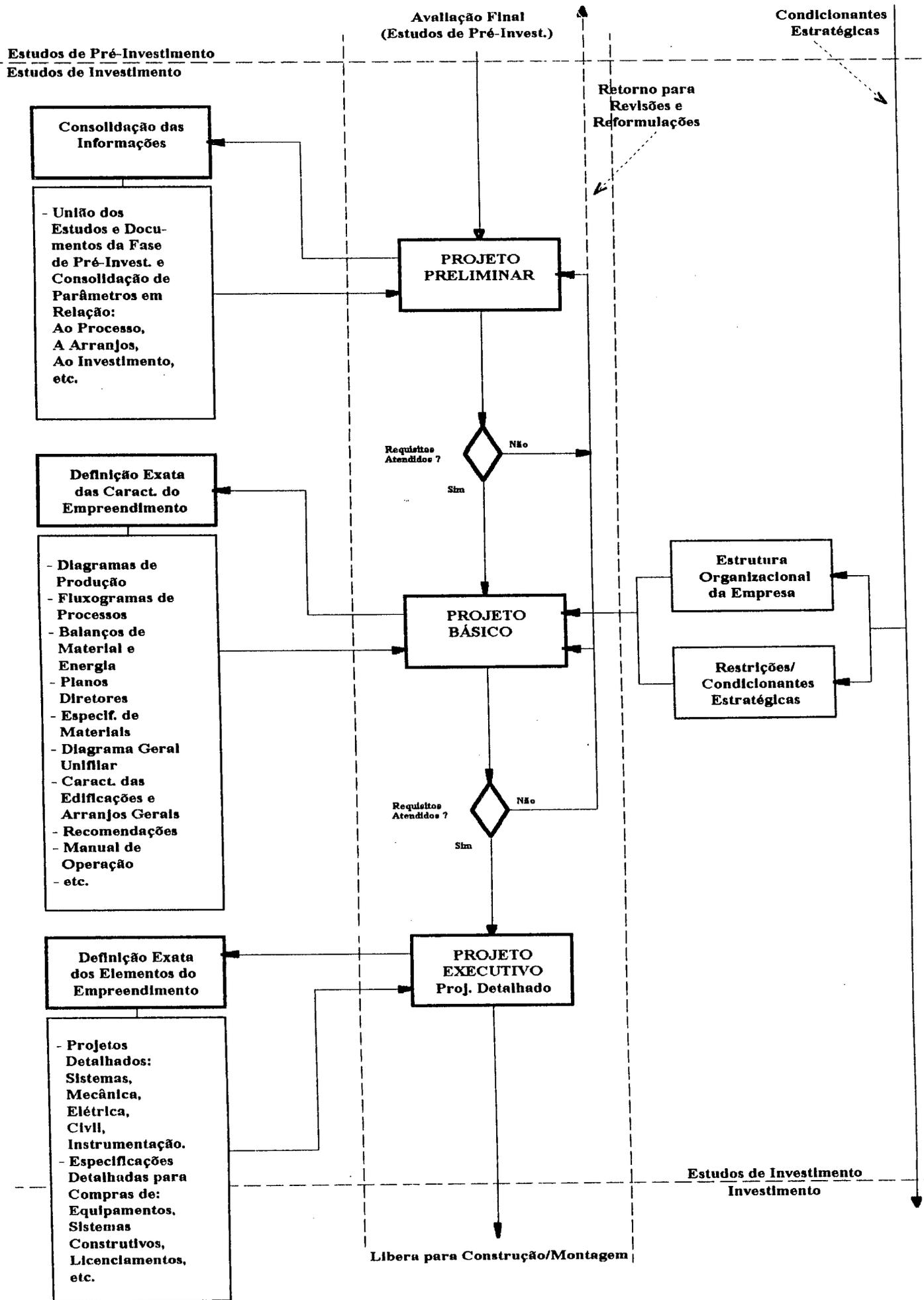


Figura 15: Os Estudos de Investimento (Fase de Investimento)

Deve ficar claro que *não deve ser deixada para esta fase do projeto industrial a definição de questões conceituais importantes*. A característica desta fase não é a de conceituar nada, mas a de especificar sistemas, componentes e padrões operacionais que atendam aos parâmetros, condicionantes e conceitos definidos na fase anterior. A fase de investimento trata de atender a estes parâmetros, condicionantes e conceitos estudando alternativas que se restringem a viabilizá-los e não a suplantá-los pela sua simples desconsideração. Como dito anteriormente, para a fase de investimento deve passar preferencialmente uma única alternativa. No entanto, deve-se admitir a passagem de mais de uma alternativa quando faltarem informações para a tomada de decisões que *se restrinjam a detalhes circunscritos a um conceito definido*; não se pode permitir que para a fase de investimento sejam transferidas dúvidas conceituais.

### 2.7.1. Os Estudos de Investimento

Os estudos de investimento representam a primeira etapa da fase de investimento (ver figura 15), e se destinam objetivamente a definir as especificações detalhadas de todos os sistemas, componentes e padrões operacionais, com o fim de permitir a compra destes sistemas e componentes, a construção/montagem da unidade e a sua colocação em operação. A definição destas especificações se dá gradativamente através de três passos: (a) *projeto preliminar*; (b) *projeto básico*; (c) *projeto executivo ou detalhado*. O *projeto preliminar* é uma reformatação dos parâmetros e conceitos eleitos na fase de pré-investimento, para a forma de informações utilizáveis para os projetos básico e executivo (é apenas uma *consolidação de informações*, sem se destinarem diretamente à execução de qualquer obra ou montagem). Já o *projeto básico* se destina a consolidar aspectos de engenharia da unidade (*definição exata das características do empreendimento*), antes que sejam feitos dispêndios importantes com a aquisição de componentes e execução de obras, sem se constituir, no entanto, em definições dirigidas diretamente à execução das obras. O *projeto executivo*, ou detalhado, se destina então, ao fornecimento de informações dirigidas diretamente para a construção/montagem da unidade industrial (*definição exata dos elementos do empreendimento*).

Admite-se que até o projeto básico persistam dúvidas quanto à configuração final do empreendimento, quando restritas ao detalhamento de conceitos e parâmetros. Neste ponto, no entanto, a alternativa deve ser firmada, visto que aqui se definem os sistemas componentes e muitos equipamentos, por exemplo, já passam a ser adquiridos a partir destas definições. O projeto executivo se restringe a detalhar o projeto básico, avaliando alternativas apenas para problemas bem localizados e de baixo nível de relação com o conjunto do empreendimento.

Assim, como se pode ver, a cada etapa o grau de liberdade se limita cada vez mais. É importante perceber, no entanto, que cada uma destas atividades, dentro de

seus limites, não pode prescindir nunca da *abordagem integrada de projeto* e da *consideração do ciclo de vida integral do projeto industrial*. Opções técnicas de projeto, vinculadas a qualquer nível de detalhe, possuem relações com os programas de manutenção previstos, com as rotinas operacionais estabelecidas, com as estratégias empresariais, etc., e com estes aspectos todos devem compatibilizar-se. A viabilização disto se dá pela participação de pessoas ligadas aos vários setores da empresa nesta etapa (de uma maneira ordenada, dirigida a objetivos e segundo um plano pré-definido que potencialize esta participação), permitindo-se a elas a possibilidade de opinar, sugerir, criticar. Isto viabiliza a incorporação ao projeto de aspectos invisíveis aos olhos dos projetistas das instalações industriais e que podem ser fonte de necessidades de adaptações e improvisações no futuro.

A integração no projeto industrial deve acontecer em dois níveis interdependentes: o primeiro, ligado ao relacionamento entre as próprias disciplinas que compõem a equipe que responde pelos projetos de engenharia que conformarão a unidade industrial (processo, mecânica, elétrica, instrumentação, civil, arquitetura); e, o segundo, ligado ao relacionamento entre esta equipe e os representantes das várias áreas da empresa (produção, marketing, administração, etc.).

- **Projeto Preliminar**

Após a definição da alternativa de projeto a ser desenvolvida, as informações oriundas da fase de pré-investimento devem ser consolidadas e reformatadas a fim de *servirem exatamente aos propósitos do desenvolvimento dos estudos e projetos de engenharia* (projeto básico e projeto executivo). Não há uma forma específica a ser seguida para a confecção do projeto preliminar, no entanto deve-se considerar o fato de que muitas vezes existem informações de caráter estratégico, abordadas nas fases anteriores, que precisam ser tratadas de maneira conveniente aos interesses da empresa quando passam a integrar documentos que serão manuseados por outras empresas ou pessoas externas (como freqüentemente acontece nesta fase, com a contratação de consultores, empreiteiros e montadores). Por outro lado, informações mal conformadas podem gerar dubiedades, distorções e contribuir para a má focalização das necessidades da empresa. Por estes motivos, o projeto preliminar deve: (a) *reunir os estudos e documentos da fase anterior*; (b) *consolidar os parâmetros de projeto* em relação: ao processo, aos arranjos, ao investimento, à operação, etc.; (c) *formatar estas informações de maneira objetiva*, adequada ao desenvolvimento dos projetos de engenharia, dado que tais informações se originam de estudos vinculados a diferentes disciplinas, com inevitáveis diversidades de linguagem, método e formas de representação. Nada no projeto preliminar está,

ainda, conduzido para a execução de qualquer obra ou montagem, apesar de já aqui serem realizados estudos iniciais que tratam de transformar informações em esboços de arranjos gerais, fluxogramas preliminares, etc., que são instrumentos mais afeitos ao processo do projeto de engenharia.

- **Projeto Básico**

O projeto básico consolida diversos aspectos de engenharia do projeto industrial, atendendo aos requisitos definidos pelo projeto preliminar, pelas condicionantes estratégicas da empresa e pelas características intrínsecas à alternativa escolhida. O que é definido no projeto básico é para ser executado (ao contrário do projeto preliminar), mas ele não se destina diretamente à execução das obras. A partir dele podem ser assumidos compromissos com compra de equipamentos e contratação de empreiteiros, naquilo que subsidiem o projeto executivo. No projeto básico acontece a *definição exata das características do empreendimento* (ver figura 15), sem no entanto haver a *definição exata dos elementos* (função esta reservada ao projeto executivo). De maneira geral, o projeto básico deve incluir: (a) *conjunto de dados básicos do projeto*; (b) *diagramas de produção e estocagem*; (c) *fluxogramas de processo*; (d) *balanços de materiais e energia*; (e) *lista de equipamentos* (contendo características básicas dos principais equipamentos); (f) *descrição do processo e sua operação*; (g) *fluxogramas mecânicos*; (h) *folhas de dados de equipamentos e instrumentos*; (i) *especificações gerais de materiais*; (j) *lista de motores e cargas elétricas*; (k) *diagrama unifilar geral*; (l) *definições das características e arranjos gerais dos prédios industriais*; (m) *conjunto de recomendações específicas*; (n) *manual de operação*. O projeto básico deve fornecer elementos suficientes para: (a) *consolidar os dimensionamentos e esquemas principais*; (b) *permitir a compra de máquinas e equipamentos*; (c) *possibilitar o desenvolvimento do projeto executivo sem a necessidade de muitas regressões ao projeto básico*; (d) *fornecer estimativas de custo com precisão melhor que 30%*<sup>14</sup>; (e) *permitir a organização do empreendimento* via confecção de cronogramas de projeto, obra e compras (de materiais e serviços). A partir do projeto básico o empreendimento deve ter os elementos suficientes para seu licenciamento perante os órgãos públicos. O projeto básico deve,

---

<sup>14</sup> Ver publicação do Instituto Brasileiro de Petróleo - IBP (1986), p. 12.

ainda, indicar com precisão quais os aspectos de engenharia que podem ser modificados no projeto executivo, e em que extensão.

- **Projeto Executivo (ou Detalhado)**

O projeto executivo responde pelo detalhamento do definido no projeto básico, gerando os documentos e especificações necessários à perfeita execução da construção/montagem da unidade, ou seja, o projeto executivo consiste na *definição exata dos elementos do empreendimento*. Neste sentido, é composto: (a) *pelos projetos detalhados de todas as disciplinas envolvidas* (mecânica, civil, elétrica, instrumentação, arquitetura); (b) *especificações detalhadas para compra de equipamentos, materiais, sistemas construtivos e licenciamentos*; (c) *manuals de operação devidamente revisados e conformados*. A execução de todas estas tarefas faz com que o projeto executivo se envolva: (a) com a *compra de equipamentos e materiais*, comentando e compatibilizando especificações de fabricantes e fornecedores, bem como analisando tecnicamente suas propostas de fornecimento; (b) com a *coordenação das informações emitidas por consultorias diversas*; (c) com o *acompanhamento da construção/montagem*.

### 2.7.2. A Etapa de Investimento

Na prática, a denominação de etapa de investimento apenas para esta parte do projeto industrial é incorreta; os investimentos, de maneira crescente, vêm acontecendo desde as etapas mais iniciais do processo. No entanto, a denominação se justifica pelo fato de que 85 a 90% do valor total do empreendimento é aqui efetivamente dispendido. A compra de equipamentos e materiais (suprimento) e a construção/montagem da unidade consomem a maior parte do investimento total mas, como já foi dito anteriormente, pouco se pode fazer nesta etapa em termos de redução de custos e readequações técnicas. Toda a conformação do projeto industrial foi já definida na fase de pré-investimento e nas etapas iniciais da fase de investimento (projetos), reduzindo, praticamente a zero, as possibilidades de alterações significativas nesta etapa. Na verdade, alterações aqui custam caro (em função de renegociações que precisam ser feitas com empreiteiros e montadores, remobilizações de equipes de projeto). No caso destas tornarem-se necessárias e não forem executadas, podem repercutir desfavoravelmente na fase operacional.

### 2.7.3. A Etapa de Pré-Operação

Concluídas a construção e montagem da unidade, ou até mesmo antes disso (após a conclusão dos sistemas principais), o empreendimento deve passar por um programa de testes abrangendo toda a instalação, seguido por um período de pré-operação de todo o conjunto, objetivando: (a) *a verificação do comportamento real*

*das instalações e sua plena conformidade com os dados e requisitos de projeto; (b) a verificação da segurança das instalações sob condições normais de operação; (c) o treinamento das pessoas envolvidas com a operação da unidade.* Nesta etapa os testes não devem se estender aos equipamentos e materiais olhados isoladamente, já que isto deve ter sido feito durante o projeto executivo e a construção/montagem; pelo contrário, tais testes devem verificar neste momento o funcionamento de sistemas completos e unidades operacionais.

Nesta etapa é importante que os testes e o treinamento sejam feitos a partir dos manuais de operação (executados nas etapas de projeto), checando-se sua correção e a necessidade de eventuais revisões. Tais manuais devem conter: (a) *descrição do processo*; (b) *instruções para a pré-operação*; (c) *plano geral de partida das instalações*; (d) *plano geral de parada das instalações*; (e) *instruções para situações de emergência* (falta de energia, panes em sistemas de arrefecimento, etc.); (f) *esquemas, desenhos e especificações gerais das instalações*; (g) *esquemas, desenhos e especificações dos principais equipamentos*.

## **2.8. A Fase de Operação**

A fase operacional inicia-se com a conclusão da verificação do funcionamento de todas as instalações e com a sua operação comercial. Nesta fase é que as opções feitas durante as fases anteriores serão efetivamente cheçadas e testadas à luz das condicionantes cotidianas impostas à empresa e relacionadas com: (a) *operabilidade*; (b) *manutenibilidade*; (c) *flexibilidade*; (d) *confiabilidade*; (e) *adequabilidade*.

- **Operabilidade**

Verificação da correção das rotinas operacionais pré-definidas, da capacidade da unidade industrial de operar a partir delas e sua adequação às características da mão-de-obra existente.

- **Manutenibilidade**

Verificação da capacidade da unidade industrial de permitir a execução dos programas de manutenção corretiva e preventiva, sem interferências significativas no ritmo de produção da unidade. Verificação, também, do tempo de vida útil real de itens especificados (comparados com o tempo de vida estimado em projeto) e sua adequação às condições reais de exposição e solicitação.

- **Flexibilidade**

Verificação da capacidade da unidade industrial de permitir alterações físicas que viabilizem rapidamente expansões de produção, readequações de arranjo, modernizações, etc. Da mesma forma, verificação da capacidade de máquinas e equipamentos de rapidamente se reajustarem à produção de diferentes volumes e produtos.

- **Confiabilidade**

Verificação da capacidade da unidade industrial de operar com tempos médios entre falhas satisfatórios. Da mesma forma, verificação da correção das especificações dos sistemas redundantes (sistemas críticos para a operação que precisam, por isso, ser superdimensionados ou duplicados). Verificação, também, do tempo de vida útil real de itens especificados e sua comparação com o tempo de vida útil requerido em projeto e sua performance em eventuais usos anteriores.

- **Adequabilidade**

Verificação da capacidade da unidade industrial de se adequar às estratégias formais da empresa e às características do meio em que se insere (relacionamento harmônico do ponto de vista ambiental, social, cultural).

Todos estes fatores, que devem ser assumidos como objetivos claramente definidos e mensurados (na forma de requisitos de projeto) durante o projeto industrial, devem transformar-se em padrões de avaliação da performance da unidade industrial, realimentar revisões e subsidiar novos empreendimentos. A incorporação da preocupação com estes fatores desde as fases iniciais do projeto, não apenas à luz dos pontos de vista do projeto em si mesmo mas à luz da *experiência acumulada* pela empresa com o manuseio cotidiano destas variáveis, transfere correção e efetividade para especificação de rotinas operacionais, materiais, equipamentos, etc.

## 2.9. O Lugar da Concepção do Espaço Físico Industrial

Diante desta visão geral da estrutura de um projeto industrial, podemos localizar o *lugar do processo de concepção dos espaços físicos de uma indústria como situado ao longo das fases de pré-investimento e de investimento*, mais especificamente *ao longo das etapas delimitadas pela consolidação do escopo definitivo de projeto* (início dos estudos de pré-investimento) *e a conclusão do projeto executivo* (final dos estudos de investimento). Não há dúvidas de que, na verdade, o processo de conformação física de uma fábrica inicia-se antes e termina

depois destes limites definidos; afinal, da mesma forma que as definições anteriores à fixação do escopo de projeto influenciam marcadamente o caráter futuro da fábrica, também a boa execução da construção/montagem da unidade e sua correta operação influem na performance e na correção das especificações de projeto (má execução das obras e incorreta operação podem comprometer seriamente um bom projeto). No entanto, a atuação extensiva da equipe de projeto das instalações físicas a estas outras etapas envolve investimentos que não são recompensados com retornos proporcionais; tal participação não se justifica, também, em função de que nestas etapas existem especificidades que deslocam grande parte das atividades para longe dos interesses de quem projeta o espaço físico da fábrica<sup>15</sup>.

Por tais razões e em face da necessidade de conformar uma abordagem metodológica, o lugar da concepção dos espaços físicos industriais se situa entre a fixação do escopo de projeto e o projeto detalhado. Com muita frequência, empresas passam a pensar em instalações físicas apenas depois de concluídos os estudos de viabilidade técnico-econômica, encarando-as como elementos secundários da unidade industrial, passíveis de serem estudados de maneira desvinculada de todo o resto da empresa. Os próximos capítulos deste trabalho estão destinados a justificar aquilo que aqui se defende: *recursos físicos são recursos estratégicos*, de ampla ligação com todos os elementos que conformam uma empresa industrial e que, por isso, devem ser abordados não apenas como etapa isolada, complementar, mas como atividade que se desenvolve de maneira integrada à gradativa conformação dos demais fatores do empreendimento, tarefa esta que se realiza desde as etapas iniciais da fase de pré-investimento. As etapas que se sucedem à definição do escopo, os estudos de pré-investimento, são responsáveis por grande parte das definições conceituais do projeto industrial, dado que nelas se integram os esforços de um largo espectro de especialidades, dirigidos à conformação de alternativas de projeto viáveis técnica e economicamente; o processo de concepção física da fábrica deve, então, estar articulado dinamicamente a estes estudos.

A partir das alternativas dos estudos de pré-investimento, o projeto industrial entra nos estudos de investimento, *etapa na qual as atividades de conformação física do empreendimento são dominantes*. Os projetos preliminar, básico e executivo, como já visto, destinam-se à definição de especificações detalhadas em nível suficiente para a construção/montagem da unidade industrial e sua perfeita operação.

A definição de um lugar para o processo de concepção dos espaços físicos industriais não deve induzir ao raciocínio, errado, de que é uma atividade estanque,

<sup>15</sup> No caso das etapas anteriores a definição do escopo de projeto, os trabalhos se focalizam muito sobre o planejamento do empreendimento em termos da definição de produtos, estudos de mercado, decisão de comprar ou fazer, conformação de estratégias competitivas, etc. Após o projeto detalhado, apesar de haver ainda participação da equipe de projeto no sentido do apoio à obra, nada mais resta a conformar em termos de concepção; é a hora da operação.

perfeitamente conformada entre limites rígidos. Pelo contrário, *ao longo de todo o seu desenvolvimento devem ser exaustivamente perseguidos os princípios do trabalho integrado, concorrente, voltado à consideração do ciclo de vida integral do empreendimento*; os conceitos das metodologias de desenvolvimento de produtos, vistos neste capítulo, aplicam-se com pouquíssimas restrições a este novo problema. Os capítulos seguintes tratarão de aprofundar esta idéia.

## **PARTE II**

---

### **Concepção e Estratégia**

Definido o *roteiro integral do projeto industrial* (na parte I, capítulo 2), esta parte dedica-se à proposição e ao detalhamento do *processo de concepção dos espaços físicos industriais*. Este processo, como sub-sistema do projeto industrial, a ele se articula de maneira concorrente e integrada, na busca de soluções projetuais interdisciplinares, conciliadas com as potencialidades e limitações intra-empresariais.

## **CAPÍTULO 3**

---

### **O PROCESSO DE CONCEPÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO INDUSTRIAL**

#### **Os Planos Diretores e as Disciplinas de Projeto**

No âmbito deste trabalho, como já foi dito, espaços físicos industriais são todos os componentes físicos de uma indústria, considerados na integridade dos efeitos que têm tanto como meio de produção em relação ao ambiente interno da empresa quanto como elemento inserido em um dado ambiente externo. Neste sentido, incluem todas as questões relacionadas com:

- *macro e micro-localização industrial;*
- *concepção dos edifícios componentes de complexos industriais;*
- *urbanização de complexos industriais;*
- *organização e configuração dos setores produtivos;*
- *organização e configuração dos postos de trabalho, etc.*

Como foi visto na parte anterior, o processo de concepção destes espaços físicos industriais é uma das etapas do processo mais amplo de implantação de uma fábrica, o projeto industrial. No entanto, apesar de integrado como etapa a este processo mais amplo, seus efeitos se estendem para além do início de operação da unidade industrial. Na verdade, a presença física da fábrica traz para uma empresa um conjunto de preocupações relacionadas com a sua própria capacidade de manter-se ágil e competitiva e com a necessidade de responder satisfatoriamente às condicionantes do meio no qual se insere. E tais preocupações persistem por toda a vida operacional da empresa, obrigando-a a formalizar ações de *gerenciamento dos seus recursos físicos*.

Esta parte do trabalho está destinada a definir uma metodologia para o desenvolvimento dos espaços físicos industriais, através de uma abordagem estratégica que favoreça o gerenciamento eficiente dos recursos físicos de uma empresa industrial ao longo de toda sua vida. A definição da localização industrial, o projeto de edifícios, instalações e arranjos, enfim, todo o processo de concepção, deve vincular-se a uma *visão estratégica*.

### 3.1. Da Concepção ao Gerenciamento Estratégico

#### 3.1.1. As Razões para uma Abordagem Estratégica

Não é difícil fazer a defesa das vantagens de instalações físicas bem concebidas. Edifícios e áreas externas bem projetados, compatibilizados com as características do processo industrial, da mão-de-obra utilizada, do planejamento e controle da produção e da estratégia empresarial possibilitam um ritmo de produção regular, definem um ambiente de trabalho agradável e seguro e não se transformam em empecilhos ou restrições para o crescimento ordenado da empresa; não são raros os casos relatados em bibliografias<sup>1</sup>, de empresas que pararam de crescer ou mesmo se inviabilizaram, por restrições físicas incontornáveis. Por outro lado, a implantação de uma indústria, definida a partir da observação das características sociais, econômicas e estéticas do meio no qual se insere, viabiliza não apenas a utilização racional dos recursos disponíveis, como também assegura um relacionamento harmônico entre empresa e sociedade; a cada dia vem aumentando o nível de importância dado pelas pessoas a questões de preservação do meio-ambiente, do patrimônio histórico e paisagístico, fazendo com que tais questões passem a ser consideradas pelas empresas como prioritárias, levando-as em conta na definição de suas estratégias.

Na verdade, ao longo dos anos e até hoje, a preocupação com a qualidade do espaço físico industrial sempre foi muito pequena. A consideração, por exemplo, do edifício industrial como apenas um invólucro genérico desvinculado das características do processo que abriga e destituído de qualquer interface significativa com o planejamento e controle da produção e com as estratégias de crescimento da empresa, é ainda hoje uma idéia bastante corrente. No entanto, há um conjunto de circunstâncias que permitem antever, hoje, uma inevitável mudança de postura, favorecendo uma visão mais conscienciosa da importância das questões ligadas ao espaço físico. Algumas destas circunstâncias são:

- **A Redução do Ciclo de Vida dos Produtos**

O aumento da competição e os crescentes padrões de exigência do mercado reduziram drasticamente o ciclo de vida dos produtos fazendo com que as empresas tenham de se capacitar a lançar novos produtos e inovações em períodos cada vez mais curtos de tempo; as empresas passam a ter de ser capazes de rapidamente promoverem reordenações de lay-out, acréscimos em linhas de produção

---

<sup>1</sup> HARMON e PETERSON (1991), relatam vários casos de empresas, ao redor do mundo, que por promoverem seus crescimentos a partir de um alto nível de improvisações, desordenaram suas instalações físicas ao ponto

de se tornarem, elas, restrições importantes tanto ao nível da organização industrial quanto ao nível do crescimento e expansão da empresa como um todo. Fluxos illogicamente longos, má utilização dos espaços e falta de flexibilidade são apontados como efeitos do crescimento sem preocupação com a ordenação física.

existentes, expansões, etc. A repercussão para as instalações físicas é o aparecimento de requisitos especiais de concepção, ligados quase todos à busca de altos níveis de flexibilidade.

- **As Novas Exigências do Marketing**

Nos dias de hoje uma das estratégias competitivas que uma empresa pode adotar é a da diferenciação. Diferenciar significa realçar determinadas características da empresa ou de seus produtos, com o fim de garantir uma vantagem competitiva em relação à concorrência. A diferenciação pode então estar direcionada ou para o produto, ou para o suporte que a empresa fornece ou ainda para a difusão de sua imagem. Neste último caso a empresa pode desejar ser reconhecida pela qualidade estética das suas instalações, pelo bom ambiente de trabalho para os funcionários ou pela preocupação pela preservação do meio-ambiente e convivência harmônica com o entorno que a rodeia.

- **A Necessidade de Modernização dos Sistemas Industriais**

Na busca pela competitividade, as empresas necessitam alcançar a modernização de seus métodos de trabalho, concentrando preocupações não apenas sobre equipamentos e processos industriais, mas também sobre procedimentos administrativos e organização de fábrica. A repercussão desta busca de modernização sobre as instalações físicas pode ser, como exemplo, a adoção do conceito de fabricação focalizada<sup>2</sup>, a partir do qual a empresa se organiza em subfábricas de pequeno porte com sistemas de planejamento e controle simplificados.

Como se vê, vários aspectos de importância estratégica da vida cotidiana de uma empresa têm relação estreita com seus recursos físicos. Assim, mais do que uma etapa localizada dentro do processo de implantação de uma fábrica, *a concepção dos espaços físicos deve possuir um caráter dinâmico, moldado no trabalho interdisciplinar e em uma visão de projeto baseada nos conceitos da engenharia concorrente*. As questões relativas ao espaço físico industrial devem começar a ser abordadas não apenas depois de concluídos os estudos de viabilidade. Pelo contrário, devem começar a ser discutidas paralelamente aos estudos de seleção de tecnologias e processos produtivos, aos estudos de localização e aos estudos econômicos.

---

<sup>2</sup> O conceito de fabricação focalizada foi primeiramente defendido por SKINNER (1974). Mais recentemente HARMON e PETERSON (1991) voltam a defendê-la, descrevendo casos de aplicação em empresas de todo o mundo. Sucintamente, a fabricação focalizada se constitui na criação de pequenas fábricas dentro de uma fábrica, com o objetivo de obtenção de melhorias na comunicação interna, nos sistemas de controle e supervisão, no maior comprometimento das pessoas (vinculadas a todos os setores) com as metas definidas.

Além disso, as questões ligadas ao espaço físico industrial *não acabam com o processo de implantação de uma unidade industrial*. Pelo contrário, *precisam continuar a ser enfrentadas durante toda a vida operacional da empresa*. Como vimos anteriormente, readequações, expansões, conversões de finalidade e melhorias continuam acontecendo sempre, tornando importante para a empresa a formalização da atividade de gerenciamento dos seus recursos físicos. Há necessidade de que a empresa, desde as fases mais preliminares de um projeto industrial, mantenha a questão dos recursos físicos presente e as direcione não apenas no sentido da imediata resolução de problemas, mas também no de uma visão de todo o ciclo de vida empresarial.

### **3.1.2. A Abordagem Estratégica**

A viabilização de uma mudança de enfoque desta ordem não é possível a partir dos conceitos tradicionais de engenharia; tais conceitos transformam as equipes de projeto em um conjunto de áreas de dominância por disciplina (mecânica, elétrica, civil, instrumentação, processo, arquitetura), deixando a cargo de um grupo específico, e geralmente isolado, a atividade de coordenação (que quase sempre ganha caráter mais administrativo que técnico). Esta compartimentação conduz a uma estanqueidade que, na prática, faz com que cada disciplina desenvolva sua parte do projeto separadamente, com pouco interfaceamento com as demais e a partir de pontos de vista, conceitos e posturas diferenciados; como consequência, pouco comprometimento com diretrizes gerais, excessiva proliferação de critérios (muitas vezes conflitantes e incoerentes ao longo do tempo) e inexistência de padronização. A função coordenação, esvaziada, exerce sua atividade mais no sentido de apoio administrativo do que na efetiva atuação como condutora do processo.

Sem entrar em considerações relacionadas com as vantagens e desvantagens das estruturas organizacionais básicas<sup>3</sup> de empresas ou setores de projetos, o que fugiria aos objetivos deste trabalho, cabe dizer que do ponto de vista eminentemente projetual, que é o que aqui nos interessa, subdivisões devem partir das características do problema, enfatizando objetivos e privilegiando uma visão integrada de projeto, ao invés de meramente explicitarem estruturas de organização. A partir desta convicção, este capítulo se destina a conformação de uma abordagem de projeto (uma metodologia) para o processo de concepção dos espaços físicos industriais que se baseia, primariamente, na definição de três áreas de conhecimento interdisciplinares:

---

<sup>3</sup> As estruturas organizacionais básicas (funcional, por projetos e matricial) denotam, por si só, conceitos específicos de organização de equipes de projeto. Todas elas, no entanto, enfatizam a estrutura acima do problema, o que pode torná-las eficientes do ponto de vista organizacional, mas pouco eficazes na focalização de objetivos.

- *Engenharia de Processos Industriais;*
- *Urbanismo Industrial;*
- *Arquitetura Industrial.*

Estas três áreas interdisciplinares, ao invés de enfatizarem as disciplinas ou especialidades envolvidas no projeto (mecânica, elétrica, civil, ...), destacam, respectivamente, três conjuntos principais de problemas envolvidos com a concepção dos espaços físicos industriais:

- *estudo detalhado das características da tecnologia e processos produtivos adotados, visando a definição dos parâmetros de projeto para a unidade industrial como um todo;*
- *estudos visando a inserção da unidade industrial e sua perfeita compatibilização com o meio econômico, social, cultural e físico no qual se inserirá;*
- *estudos visando a conformação das instalações físicas necessárias à atividade operacional da unidade industrial.*

Cada um destes problemas, olhado deste modo, não se resolve pela ação isolada de um especialista; pelo contrário, por não enfatizar especialidades, favorece uma visão integrada, mais direcionada aos fins que aos meios.

A definição das três áreas interdisciplinares, no entanto, não é suficiente para conformar integralmente uma metodologia para o processo de concepção dos espaços físicos industriais dedicada a uma abordagem integrada e estratégica do problema. Há a necessidade da conformação, também, de instrumentos que possibilitem o tratamento das três áreas interdisciplinares como ciclos concorrentes, articulados ao cumprimento de requisitos, condicionantes, diretrizes gerais de projeto. No âmbito deste trabalho, esta função está destinada aos planos diretores industriais:

- *Plano Diretor Geral (PDG);*
- *Planos Diretores Específicos (PDE's).*

As diferenças entre os planos diretores serão explicitadas mais adiante, mas se referem basicamente à escala de abordagem dos problemas. Ambos se destinam a três objetivos principais: (a) *subsidiar o desenvolvimento dos estudos e projetos da unidade industrial, norteando os trabalhos das três disciplinas de projeto, acima definidas, a partir de uma base comum de informações;* (b) *balizar decisões de projeto, conciliando-as com as estratégias, formais ou informais, da empresa;* (c) *preservar critérios, dinamicamente articulados ao planejamento*

*empresarial, que subsidiem, durante o período operacional da unidade industrial, a execução de expansões e modernizações.*

A articulação das três disciplinas de projeto com os planos diretores conforma, então, a abordagem metodológica que será a partir daqui explicitada. Uma visão geral desta abordagem metodológica, está esquematizada na figura 16.

### **3.2. Os Planos Diretores**

Como já foi dito a concepção do espaço físico industrial é uma das etapas do processo mais amplo de implantação de uma indústria. E, como tal, a ele articula-se através de um conjunto de interfaces e passos de trabalho comuns. É uma atividade de caráter interdisciplinar reunindo engenheiros e arquitetos especializados em projetos industriais, trabalhando coordenadamente com os profissionais responsáveis pela definição dos demais aspectos do empreendimento. Nas grandes empresas, é comum a existência de setores destinados ao gerenciamento dos recursos físicos dentro delas mesmo; tais setores coordenam as ações cotidianas e, na oportunidade de grandes empreendimentos, tais como expansões ou implantação de novas unidades, contam com o apoio de consultorias externas destinadas a absorverem cargas extras de trabalho ou fornecerem conhecimento especializado sobre uma especialidade ou tecnologia específica (know-how).

Usualmente, empresas industriais promovem novos projetos industriais como se cada um deles fosse um novo empreendimento, desvinculado de um conjunto pré-existente de instalações, sistemas administrativos, etc. Como resultado, cada um destes novos empreendimentos incorpora especificidades e características distintas, definidas pela experiência ou padrões do consultor, que o transformam em um elemento distinto do restante da organização. Tais diversidades acarretam problemas relacionados com a excessiva proliferação de critérios, dificultando muito as ações de padronização de procedimentos e impossibilitando visões comparativas entre diferentes unidades ou setores da organização.

Há necessidade de que as empresas industriais sejam dotadas de instrumentos eficientes de gerenciamento dos seus recursos, a fim de compatibilizá-los e potencializá-los na busca das suas metas estratégicas. Assim deve ser em relação aos recursos humanos, aos processos produtivos e à produção, aos processos administrativos e, por fim, em relação aos recursos físicos. *Compatibilizados*, todos estes recursos se articulam na busca da realização de objetivos comuns; *potencializados*, contribuem para esta busca com maior eficiência e eficácia<sup>4</sup>. Como exemplo, um edifício industrial, que tem como função básica a proteção de um

<sup>4</sup> Eficiência representa a utilização racional e intensiva dos recursos empresariais. Já eficácia representa o alcance ótimo dos objetivos pretendidos. Assim, eficiência diz respeito aos meios e eficácia aos fins.

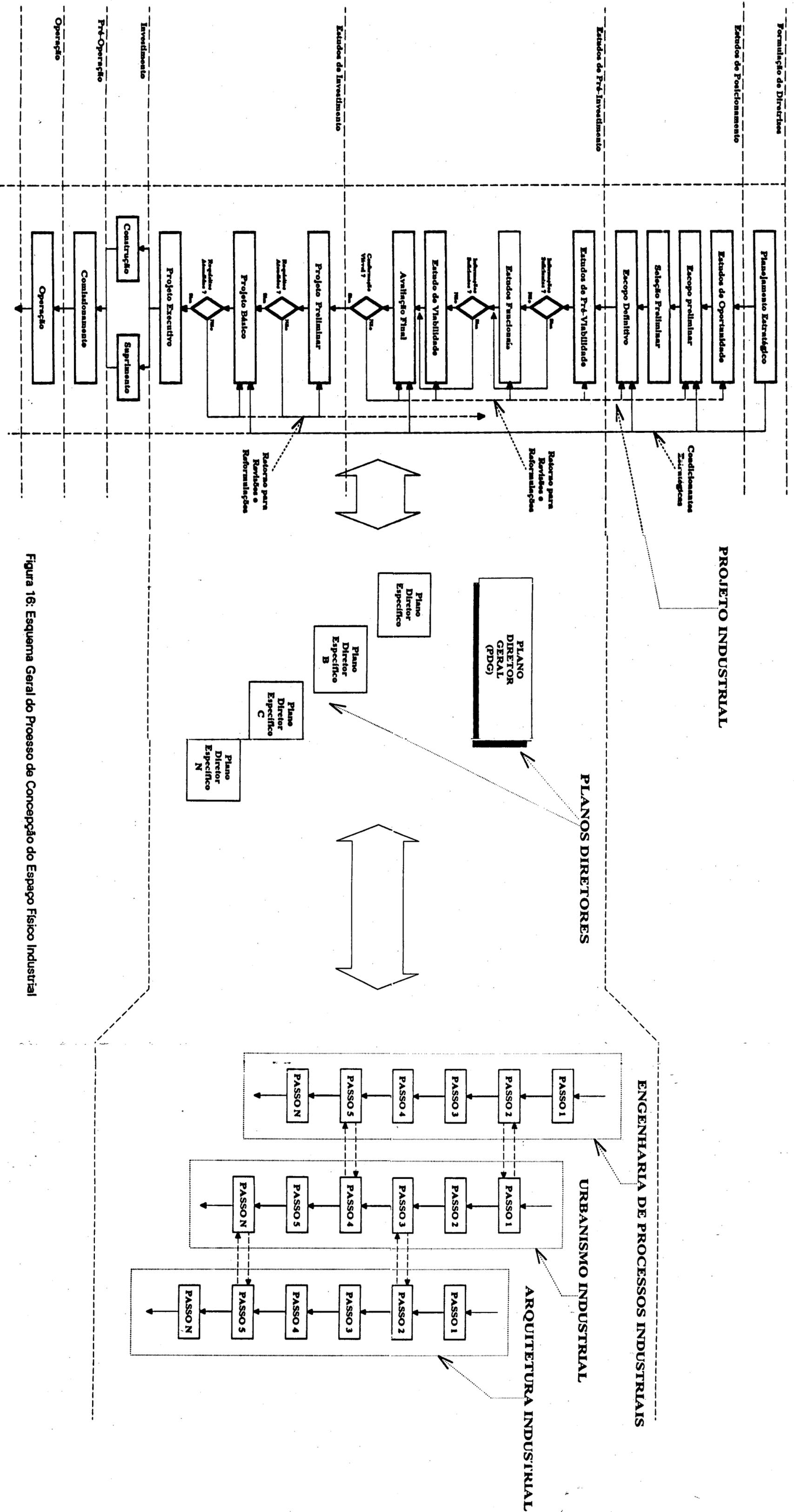


Figura 16: Esquema Geral do Processo de Concepção do Espaço Físico Industrial

processo industrial, pode assumir outras funções no contexto de uma empresa, transformando-se também em: (a) *elemento de difusão de imagem* (pelas suas características estéticas ou pela manutenção dos padrões visuais da empresa); (b) *recurso de motivação para os empregados* (pela qualidade do ambiente de trabalho e conseqüente aumento de produtividade); (c) *fator de incremento da produção* (pelas facilidades que pode oferecer para os serviços de manutenção, para as ações de expansão e reordenação, etc.); (d) *meio de viabilização da implantação de determinadas filosofias administrativas industriais*; neste caso, a adoção da fabricação focalizada, por exemplo, exigiria dos edificios industriais a capacidade de comportarem pequenas sub-fábricas dedicadas, com todos os requisitos operacionais e administrativos necessários. Além destas características, oriundas de um trabalho de compatibilização com os outros recursos da empresa, podem os edificios industriais incorporar outras, estas ligadas à sua própria potencialização, tais como: (a) *intercambialidade* (a adoção de medidas modulares, por exemplo, pode permitir a incorporação de diferentes sistemas construtivos de modo ordenado); (b) *padronização de materiais* (a utilização de um conjunto restrito de materiais no âmbito de todas as unidades da empresa, facilita os procedimentos de aquisição e agiliza a manutenção); (c) *correção de especificações* (sistemas construtivos adequados e materiais compatíveis com as solicitações a que são expostos reduzem manutenção, evitam paradas na produção e cumprem com correção sua função).

Tudo o que foi exposto acima se concilia com tudo o que foi dito até aqui, neste trabalho. A defesa de uma abordagem integrada para os projetos industriais nasce da convicção de que todos os recursos de uma empresa (quase sempre escassos) devem ser *compatibilizados e potencializados*<sup>5</sup> a fim de conformarem um conjunto harmônico, dirigido a perseguir e alcançar, com eficiência e eficácia, objetivos bem definidos de curto, médio e longo prazo. Dos esforços de compatibilização e potencialização de recursos devem nascer *planos específicos* para cada setor ou atividade da empresa, definindo critérios e diretrizes que nortearão seu gerenciamento.

No caso dos espaços físicos industriais, os *instrumentos (planos específicos)* adequados para o seu gerenciamento são os *planos diretores industriais geral e específicos*; tais planos estão para o âmbito de uma empresa industrial assim como as políticas de desenvolvimento estaduais e federais e os planos diretores municipais estão para as cidades. As políticas de desenvolvimento e os planos diretores municipais objetivam a organização do território a partir da conciliação dos interesses do crescimento ordenado e do uso racional dos recursos da cidade, do

<sup>5</sup> Compatibilização e potencialização são dois termos utilizados aqui com o objetivo de caracterizarem duas formas diferentes de manipulação dos parâmetros/elementos de projeto. Compatibilização se relaciona com o interfaceamento entre os requisitos oriundos dos vários setores da empresa, conformando um conjunto de parâmetros de projeto conciliados com todos estes setores. Potencialização, por sua vez, está relacionada com a otimização posterior de cada parâmetro/elemento.

estado e do país; os planos diretores industriais têm o mesmo objetivo direcionado para os complexos fabris: visam *a organização física das plantas industriais a partir da conciliação dos elementos físicos com as necessidades dos demais fatores de produção e administração* (ver figura 17). Os planos diretores industriais seriam, então, os planos específicos para os recursos físicos, oriundos primariamente da ação de compatibilização com os fatores intra e extra-empresa, e responsáveis pela potencialização destes recursos durante a concepção e operação dos mesmos (ver figura 18).

Conceitualmente, os planos diretores industriais, geral e específicos, incluem diretrizes relacionadas com os recursos físicos a serem seguidas tanto por novos empreendimentos quanto por empreendimentos já em operação; neste caso, quando da oportunidade de expansões, modernizações, revisões de lay-out, etc. As diferenças entre o *plano diretor geral* e os *planos diretores específicos* residem no fato de que aquele *comporta questões estratégicas ao nível da empresa como um todo*, enquanto este *define critérios ao nível de cada unidade produtiva*. Assim, cada empresa terá um plano diretor geral, mas poderá ter vários planos diretores específicos (um para cada unidade). Do ponto de vista de um novo empreendimento industrial, seus projetos deverão considerar os critérios e diretrizes definidas no plano diretor geral da empresa, para a partir daí definir o plano diretor específico que conduzirá, então, a concepção e o desenvolvimento da nova unidade.

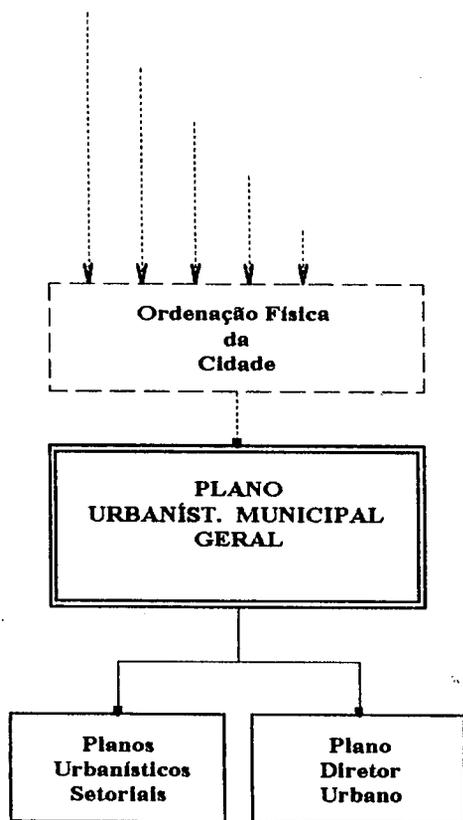
As vantagens da adoção dos planos diretores industriais estão ligadas a vários aspectos dentro de uma empresa. Algumas delas são:

- **Centralização de Critérios**

Na mesma proporção em que cresce a malha industrial de uma empresa, crescem as possibilidades da excessiva proliferação de critérios conflitantes. O PDG e os PDEs tratam de explicitar filosofias, critérios e parâmetros compatíveis, aplicáveis a situações similares.

- **Acessibilidade da Informação**

Quando a informação está formalizada, descrita explicitamente em documentos adequados, torna-se facilmente acessível e utilizável por todos os setores da empresa, a qualquer momento. O PDG e os PDEs, por explicitarem formalmente as condicionantes de organização física da fábrica, evitam que a cada novo empreendimento ou reformulação de unidades existentes tenha de se redefinir integralmente critérios de projeto (refazendo estudos e levantamentos já realizados no passado e reafirmando diretrizes que deixaram de ser firmadas formalmente).



**PLANO URBANÍSTICO MUNICIPAL GERAL**

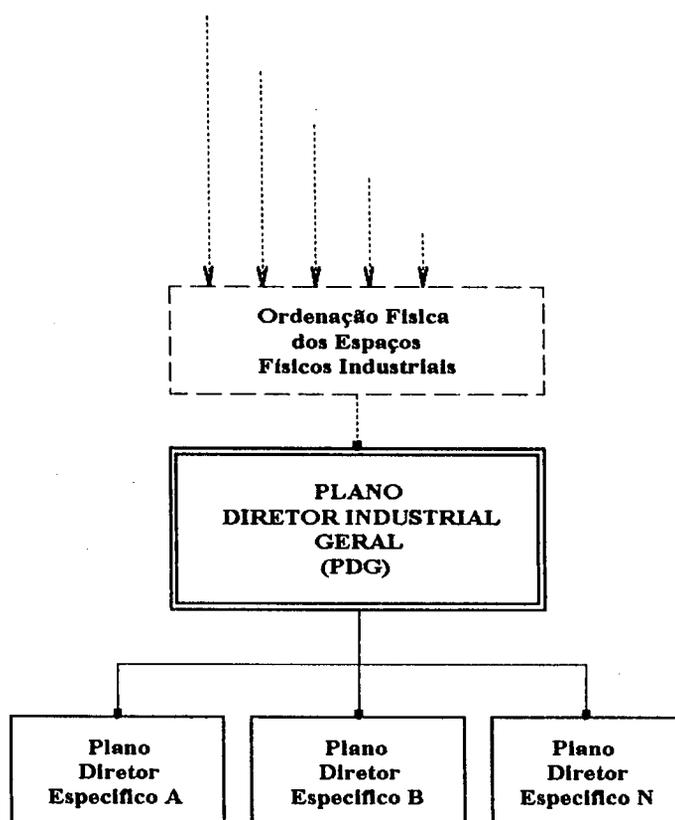
Abrange toda a área do Município (rural e urbana), atuando no processo de urbanização com as funções de coordenação, controle e integração urbano-rural, obedecendo os princípios e orientação fixados na legislação urbanística federal.

**PLANOS URBANÍSTICOS SETORIAIS**

Abrangem as áreas do Município onde seja mais intenso o processo de urbanização ou que se considerem prioritárias para efeito de urbanização.

**PLANO DIRETOR URBANO**

Abrange a área urbana para fins de ordenar o processo de urbanização ou corrigir distorções através de reurbanização.



**PLANO DIRETOR INDUSTRIAL GERAL (PDG)**

Abrange todas as unidades da empresa Industrial como um todo, atuando no sentido de manter os espaços físicos industriais compatibilizados com as diretrizes estratégicas empresariais e de torná-los parte de um conjunto harmônico.

**PLANOS DIRETORES INDUSTRIAIS ESPECÍFICOS (PDE)**

Cada um dos PDE's abrange uma única unidade Industrial, atuando na preservação de critérios e diretrizes específicos para aquela área. Seria uma interface entre o PDG e as características do meio local.

Figura 17: Uma Comparação entre os Planos Diretores Municipais e os Planos Diretores Industriais

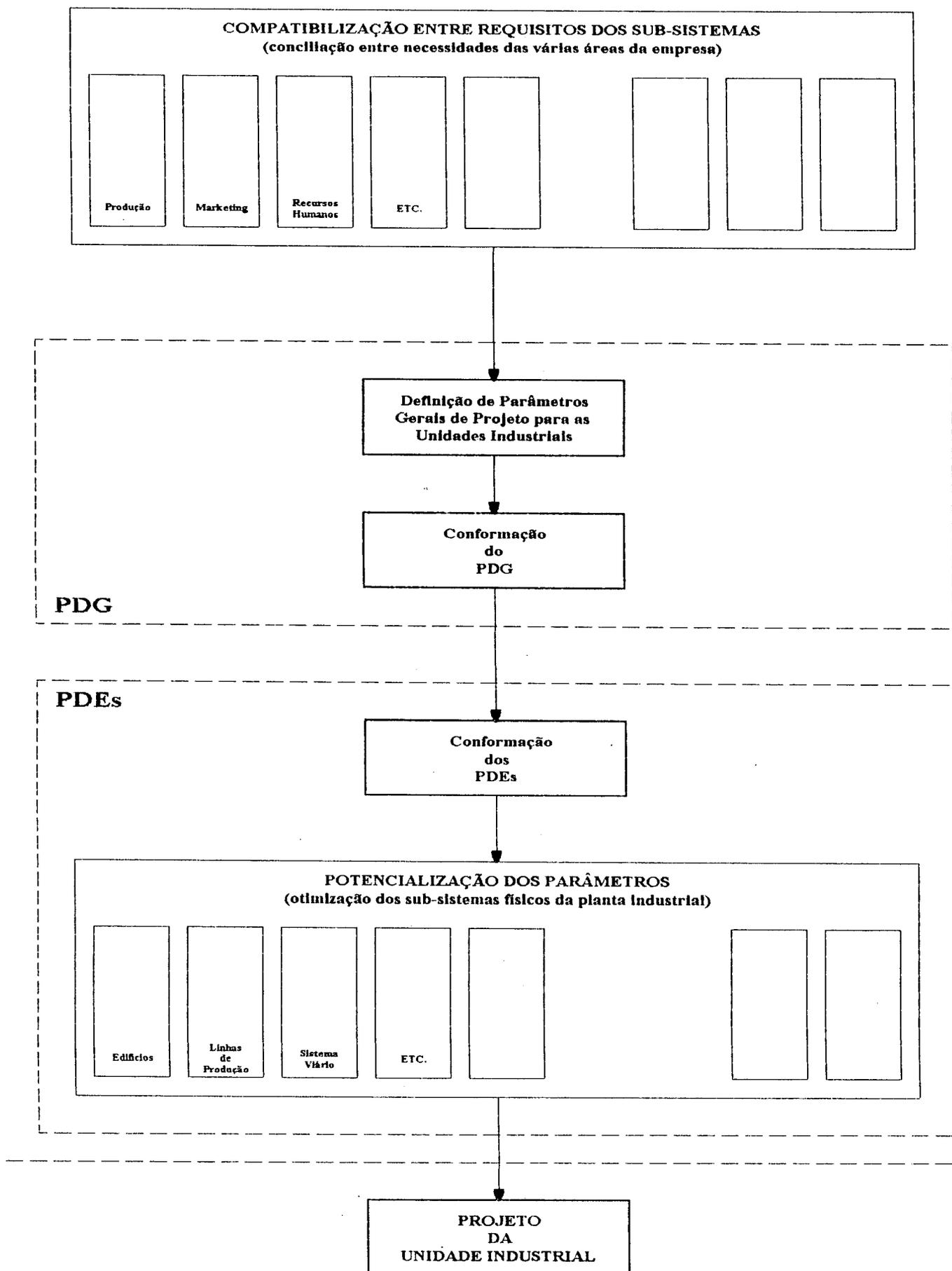


Figura 18: Os Planos Diretores e o Processo de Compatibilização e Potencialização dos Recursos Industriais

### 3.3. O Plano Diretor Geral (PDG)

O Plano Diretor Geral comporta todas aquelas condicionantes que, por sua importância e generalidade, devam ser consideradas e adotadas *em todas as unidades ou em um grupo significativo das unidades da empresa industrial*. É um documento que deve estar intimamente articulado com o planejamento, formal ou informal, e, apesar de poder ser estruturado em partes com diferentes graus de detalhamento, deve se revestir sempre de um caráter eminentemente estratégico, ou vinculado a considerações gerais aplicáveis a um conjunto maior de situações. Assim, *antes de se caracterizarem como dados específicos de projeto, são conceitos que visam compatibilizar a organização física com os demais aspectos da organização industrial*. As especificidades, os elementos específicos de projeto, ficam localizados nos planos diretores específicos.

A estrutura de um PDG pode variar bastante de indústria para indústria. No entanto, deve incluir todos aqueles itens que se relacionam com a organização física da empresa como um todo, moldados no sentido da clarificação de condicionantes (requisitos) para aqueles a quem está incumbida a função de conceber e gerenciar os recursos físicos da empresa. Neste sentido, o PDG deve incluir considerações relativas pelo menos aos seguintes itens:

- **Condicionantes de Localização Industrial**

Nos dias de hoje, a definição da localização industrial raramente é feita a partir da consideração apenas de aspectos técnicos objetivos<sup>6</sup>. Cada vez mais têm sido adicionados aspectos outros, intangíveis, de natureza estratégica, difíceis de serem traduzidos economicamente. Alguns destes aspectos podem ser: (a) *consideração de cenários futuros alternativos*; (b) *simbioses e antagonismos entre organizações*<sup>7</sup>; (c) *padrões de relacionamento entre indústria e comunidade*. No PDG, as condicionantes de localização, objetivas ou subjetivas, devem ser explicitadas a fim de que novas unidades se integrem convenientemente à malha industrial existente. No

<sup>6</sup> Num estudo de localização técnica, pode-se definir o melhor lugar para a fábrica, através de algumas considerações técnicas objetivas: custos de transporte de matérias-primas e produtos acabados, custos dos insumos (materiais, energia, mão-de-obra, água, etc.), disponibilidade de matérias-primas, telecomunicações, etc.

<sup>7</sup> As simbioses e antagonismos entre organizações estão explicitadas em ZACARELLI (1990): "É um fenômeno curioso. A melhor localização para muitos tipos de empresas é exatamente se agruparem em determinada cidade pequena ou bairro de cidade grande. A concorrência passa a ser a mais intensa possível, mas existem outros fatores que podem tornar o agrupamento muito conveniente. Como exemplo, temos o agrupamento de fabricantes de calçados em pequenas regiões, como o Vale dos Sinos ou a cidade de Franca, que atestam a importância da aglomeração para a sobrevivência. (...) Em toda cidade grande há vários tipos de casas comerciais que se agrupam em uma mesma rua". Nestes casos, as leis da concorrência são contrariadas pela força de atração destas aglomerações, que se tomam pólos de referência em relação a determinados produtos.

capítulo 5 deste trabalho, as questões relacionadas à localização serão analisadas a partir de um âmbito mais amplo e interdisciplinar, conduzindo a uma discussão ampliada do assunto.

- **Condicionantes de Marketing**

O acirramento competitivo motivou a ampliação significativa da função marketing. A partir da convicção de que um dos aspectos que ampliam o potencial de realizações estratégicas de uma empresa é a sua imagem de negócios<sup>8</sup>, grande parcela dos esforços intra-empresariais se direcionam para a solidificação de uma determinada imagem, relacionada ou a seus produtos ou à empresa como um todo. Para criar uma imagem, segundo COBRA (1991), "*é preciso causar impactos positivos*" (p. 69), ou seja, para que se ganhe espaço em meio a tanta informação, é preciso criar algo de real interesse. E o interesse se relaciona a preocupações presentes, sejam elas tangíveis ou intangíveis. Atualmente, o cultivo da imagem pode se dar, por exemplo, no sentido da valorização do produto (pela divulgação das suas vantagens ou pelo apurado design de suas formas e embalagens) ou no cultivo de um bom conceito junto a sociedade (pela convivência harmônica com o meio que a rodeia). *No âmbito do PDG, as condicionantes do marketing definem as características que cada instalação física deve incorporar a fim de se tornar um integrante da imagem da empresa.* Como exemplo, o PDG pode definir que os edifícios industriais devem se compatibilizar com a identidade visual da empresa, pela incorporação de elementos estéticos similares aos definidos para produtos, divulgações, etc.

- **Condicionantes de Manutenibilidade**

No âmbito da Engenharia do Produto, projetar para a manutenibilidade significa projetar considerando a necessidade de se viabilizar ações de manutenção que sejam fáceis, rápidas, precisas e econômicas<sup>9</sup>. A manutenção é uma das funções fundamentais no ambiente da empresa, dado que dela dependem fatores críticos como o tempo de parada para reparos e a preservação do valor de seus bens. Segundo MONCHY (1989), as ações de manutenção dependem dos seguintes fatores: "(1) *potencial de investimento e remodelação das empresas;* (2) *natureza do parque a ser mantido (se ele é homogêneo, padronizado, se os custos de parada são elevados);* (3) *restrições de segurança impostas a materiais críticos;* (4) *sensibilização*

---

<sup>8</sup> Ver COBRA (1991), p. 68.

<sup>9</sup> Ver BLANCHARD e FABRYCKY (1990), p. 389.

dos dirigentes em relação à economia que se pode esperar de uma manutenção racional do parque" (p. 4). Segundo o mesmo autor, os serviços de manutenção têm importâncias variáveis, conforme o tipo de indústria: "(1) importância fundamental para as centrais nucleares, as empresas de transporte,...; (2) importância significativa para empresas de processo; (3) importância secundária para parques de materiais heterogêneos com custos baixos de parada" (p. 5). É importante que no PDG, a partir das características e intenções da empresa, estejam definidos os níveis de exigência que serão a base, posteriormente, para a fixação de requisitos de projeto em termos de *confiabilidade*, *intercambialidade*, *disponibilidade* (aptidão de ser "operacional") e *durabilidade* (duração de vida prevista), tanto de máquinas e equipamentos quanto de edifícios industriais, administrativos e de apoio; tais parâmetros serão importantes na definição quantitativa e qualitativa dos elementos, resultando em custos diferenciados segundo a criticidade de cada um. Há de existir também uma indicação da *filosofia de manutenção* adotada pela empresa, se *corretiva ou preventiva* (ver figura 19). A diversidade de especificações e métodos no âmbito do conjunto de unidades da empresa é um sério empecilho para a manutenção otimizada. Por este motivo, esforços de *padronização* devem ser feitos. Padronização que reduza o universo de itens a serem gerenciados, até o ponto em que não comprometam a funcionalidade do conjunto. A padronização deve ser uma meta tanto em relação a máquinas e equipamentos quanto em relação aos elementos que compõem construtivamente os edifícios. No sentido da adoção da padronização como um objetivo, o PDG pode dispor de um *Caderno Geral de Encargos*, no qual estão definidos padrões da empresa em termos de materiais, equipamentos e normas de execução a serem preferencialmente adotados nas suas unidades; uma esquematização geral deste documento está na figura 20. Com a padronização a empresa agiliza a manutenção pela invariabilidade de procedimentos.

- **Condicionantes do Planejamento e Controle da Produção**  
Algumas indicações relacionadas com o Projeto, Planejamento e Controle da Produção devem fazer parte do PDG no sentido de, além de reforçar a necessidade da integração de todas as áreas da empresa no gradativo processo de concepção da fábrica, trazer para o âmbito do projeto das instalações físicas alguns fatores que normalmente são subestimados. Por exemplo, *sistemas diferentes de PCP demandam estruturas físicas diferenciadas*; da entrada

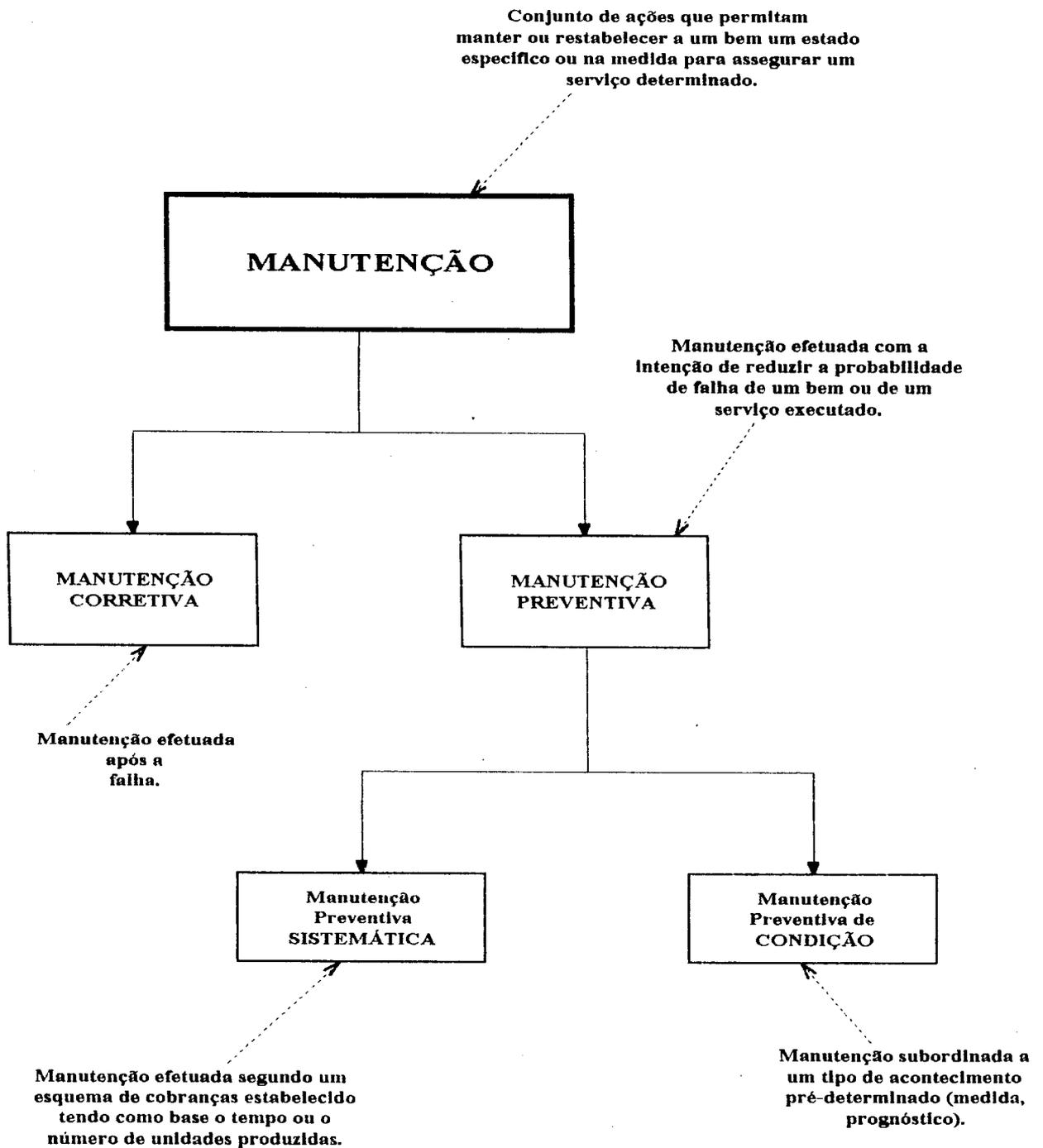


Figura 19: Esquema Geral dos Tipos de Manutenção Industrial  
(Adaptado de MONCHY, 1989)

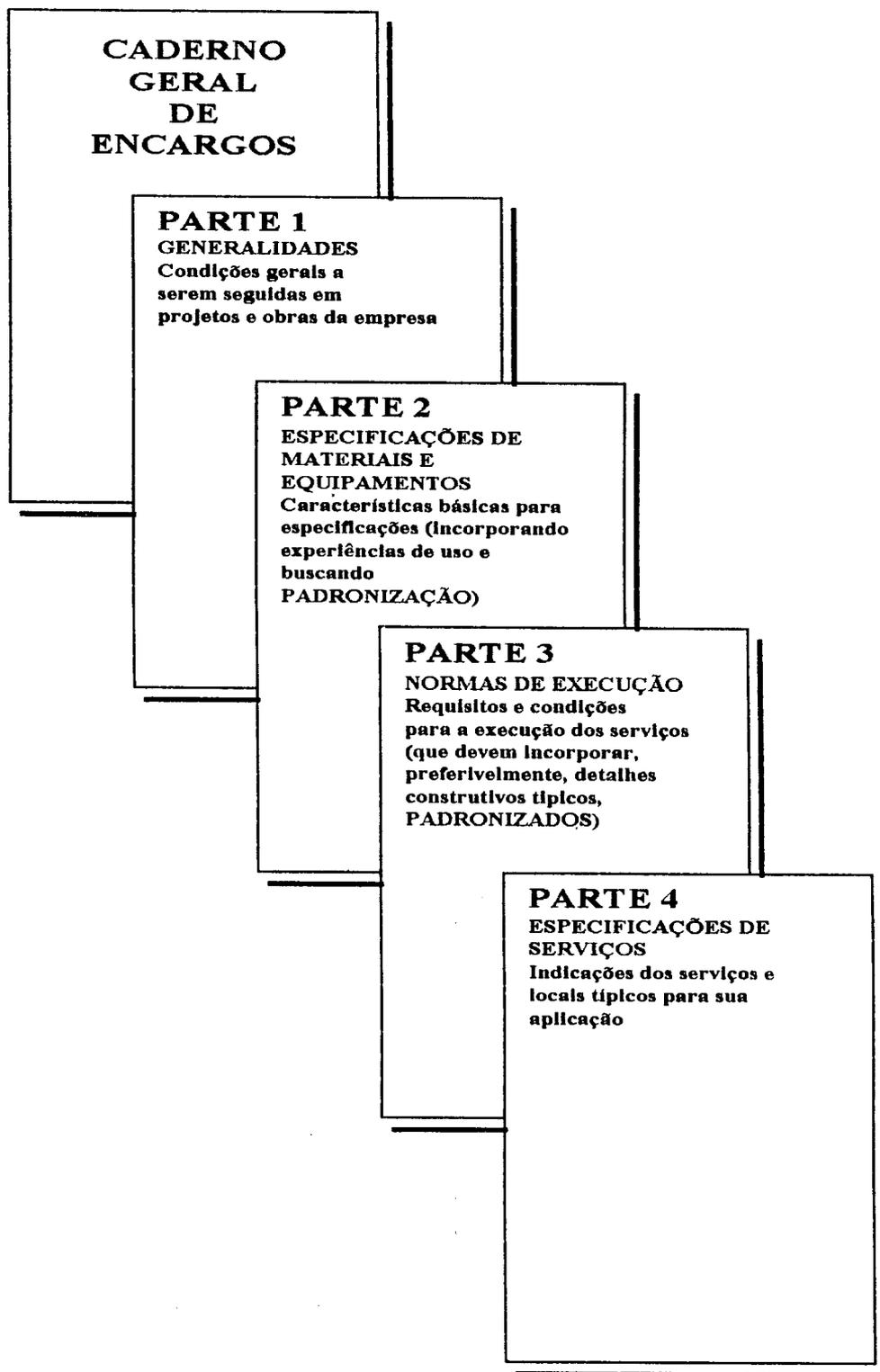


Figura 20: Esquema Geral de um Caderno Geral de Encargos

de um insumo em uma fábrica, na forma de matéria-prima, à saída de um produto acabado, inúmeras operações intermediárias são executadas, demandando uma certa lógica específica de organização física. Como os sistemas de PCP se estruturam em torno de um detalhado fluxo de informações, baseado na troca de uma infinidade de ordens de produção e de compra que deverão ser executadas pelos diversos setores da empresa, vinculados direta ou indiretamente ao processo produtivo (tais como: produção, almoxarifado, compras, depósitos, controle da qualidade, custos, contabilidade, pessoal, etc.), acabam por estabelecer uma certa ordem de disposição física preferencial entre todos estes setores (ver figura 34, capítulo 4). Além da disposição física, cada sistema de PCP, por atuar a partir de demandas diferenciadas, acaba por definir necessidades também diferenciadas de dimensionamento e até da existência de espaços físicos; as áreas de estocagem de matérias-primas, de produtos em processamento e de produtos acabados, por exemplo, possuem relevância e dimensões diferenciadas no MRP, no OPT ou no Just-In-Time. A partir do Planejamento e Controle da Produção é que se estabelecem, também, os parâmetros de produção, quais sejam segundo CHIAVENATO (1990): (1) *quantidade e características das máquinas e equipamentos*; (2) *quantidade de pessoal por cargo e seção produtiva, além de horários de trabalho*; (3) *itens de matérias-primas e volumes de cada um*; (4) *seqüência e cadência do processo produtivo*; (5) *lote econômico de produção* (tamanho ideal do lote de produção para proporcionar maximização de resultados e minimização de custos)<sup>10</sup>. Todos estes parâmetros são importantes para a conformação física não apenas das unidades industriais, mas de todas as demais instalações: edifícios administrativos, refeitórios, centros de convivência, ambulatórios, etc.

- **Condicionantes Operacionais Gerais**

O PDG deve relacionar aspectos gerais de implantação para: (a) *unidades industriais* (vinculadas diretamente ao processo industrial); (b) *unidades auxiliares* (vinculadas indiretamente ao processo, tais como: as centrais de utilidades - subestação elétrica, centrais de geração de vapor, ar comprimido e vácuo, instalações de tratamento de efluentes líquidos, sólidos e gasosos, etc.); (c) *unidades de apoio industrial* (depósitos de produtos acabados e matérias-primas, oficinas de manutenção, etc.); (d) *unidades administrativas* (edifícios administrativos, etc.); (e) *unidades de apoio administrativo* (refeitórios, instalações de higiene,

<sup>10</sup> Ver CHIAVENATO (1990), p. 40.

assistência e lazer, etc.) estabelecendo regras genéricas de interrelação interna e externa ao complexo industrial.

- **Condicionantes para Unidades de Apoio Administrativo**  
*Tanto a quantidade quanto a qualidade dos produtos industriais não dependem mais somente do sequenciamento, precisão e eficiência das fábricas, ferramentas e máquinas, mas também da proficiência, competência, satisfação e bem-estar (físico e mental) das pessoas.* A evolução das teorias organizacionais, nos últimos anos, tem caminhado no sentido de crescentemente criar ações de valorização dos recursos humanos. Neste caminho, o espaço industrial tem incorporado mais e mais instalações dedicadas ao conforto das pessoas. Tais instalações exigem características especiais de concepção e localização, sem o que a função para a qual foram implantadas pode ser comprometida; por exemplo, um refeitório, por ser um local de repouso, além de lugar de refeições, deve estar situado em local no qual os sons e sinais das áreas produtivas sejam isolados. A necessidade de separar estas unidades, chamadas neste trabalho de unidades de apoio administrativo (como definido anteriormente), das instalações produtivas, no entanto, não deve ser levada ao ponto de distanciá-las demasiadamente; as possibilidades de fácil e rápido acesso, além de fazerem parte do conceito de conforto para as pessoas, também propiciam, para a área produtiva, tempos curtos de percurso do pessoal e, conseqüentemente, tempos curtos de ausência do local de trabalho. No âmbito do PDG, devem estar definidos dois conjuntos de dados: (1) *quais as unidades de apoio administrativo a serem implantadas;* (2) *quais as diretrizes principais de organização destas unidades em relação à instalação industrial como um todo.* Nos capítulo 4, item 4.9, estão listadas as unidades de apoio administrativo usualmente encontradas em complexos industriais. Em relação às diretrizes, elas devem se vincular a critérios administrativos e operacionais, estabelecendo localizações preferenciais. Exemplos de tais diretrizes poderiam ser definições entre as seguintes alternativas: (a) em relação aos vestiários e unidades de higiene, opção entre uma única unidade centralizada ou pequenas unidades próximas às áreas de trabalho; (b) em relação ao refeitório e centros de convivência, opção entre localizar os acessos de funcionários interna ou externamente à área industrial (incluindo ou não os tempos de utilização nos horários de trabalho); (c) em relação aos ambulatórios, opção entre atendimento restrito às emergências ou extensivo à clínica preventiva, restrito apenas aos funcionários ou extensivo aos seus dependentes, etc. A configuração

destas instalações de apoio, além de determinada pela predisposição da empresa em fornecer boas condições de trabalho para seus funcionários, também está regulada, em muitos aspectos, por legislação específica de Segurança e Medicina do Trabalho<sup>11</sup> (que devem ser uma referência mínima).

- **Condicionantes Tecnológicos**

As questões relacionadas com a tecnologia e os processos produtivos serão discutidas com mais profundidade no capítulo 4, mas cabe aqui, no âmbito do PDG, algumas considerações que se relacionam com uma visão estratégica da evolução dos processos industriais utilizados pela empresa. *E evolução vista no sentido de conseguir prever em que direção caminham e no que influenciarão os complexos industriais, fisicamente.* Tecnologia é um conceito amplo, de influência expressiva em todas as áreas de uma fábrica, e a sua correta compreensão determina padrões de relacionamento entre homens e máquinas, entre processos e recursos naturais, entre empresa e meio-ambiente (em sentido amplo), enfim, entre disponibilidades e restrições. Certas opções tecnológicas determinam, para o presente e para o futuro, condicionantes a serem seguidas no sentido de que não sejam as condições físicas da empresa conflitantes com o desenvolvimento destas opções.

- **Estratégias Ambientais**

Como estratégias ambientais subentende-se aqui o conjunto de condicionantes que procuram regular *as relações entre a empresa e o meio no qual se insere*, a partir de uma *visão ampla de meio-ambiente*. No capítulo 5, a questão ambiental será tratada com mais detalhes, mas é importante que aqui, no PDG, apareçam formalizados filosofias e critérios que determinem a postura da empresa diante dos impactos que causa no ambiente físico, social, econômico e cultural da região em que será implantada uma unidade produtiva. Tais filosofias e critérios devem se direcionar à: (a) *proteção do meio-ambiente físico* (indicando mecanismos e sistemas de preservação a serem adotados); (b) *viabilização de um desenvolvimento sustentado* (definindo maneiras racionais de utilização dos recursos naturais disponíveis); (c) *concretização de um relacionamento harmônico com a sociedade* (estabelecendo critérios de organização que privilegiem e preservem peculiaridades

---

<sup>11</sup> As Normas Regulamentadoras NR-8 (Edificações) e NR-24 (Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho), aprovadas pela portaria 3.214 de 08/06/78, estabelecem requisitos mínimos a serem observados em edificações e instalações de apoio, no âmbito das empresas.

locais). Todos estes aspectos devem ser olhados tanto no âmbito da responsabilidade social da empresa (e da sua predisposição de exercê-la), quanto na sua busca por um empreendimento lucrativo e bem inserido.

Como já foi dito, a forma como estas condicionantes (diretrizes) aparecem explicitadas no PDG pode variar bastante de indústria para indústria. Importante, no entanto, é que sejam *definidas de maneira objetiva* (não deixando margem para dubiedades) e *expressas em linguagem inteligível para pessoas de diferentes disciplinas* (sem adoção de terminologias específicas). A efetividade de documentos gerais, orientativos e de coordenação interdisciplinar (como o PDG e os PDE's), depende muito da sua clareza, do seu poder de transmitir o que interessa de modo ordenado; as pessoas devem sentir nestes documentos uma linha de coerência, uma compatibilização de conceitos, um fechamento de idéias (para que se sintam impelidas a se comprometerem com eles).

### 3.4. O Plano Diretor Específico (PDE)

*Os Planos Diretores Específicos (PDE's) são documentos elaborados a partir da conciliação das condicionantes do Plano Diretor Geral (PDG) com as especificidades locais de cada unidade industrial.* A partir do PDG a empresa define seus padrões, sua filosofia, suas intenções; o PDE trata de conjugá-los então, com as circunstâncias da área eleita para a implantação. O PDG possui caráter mais gerencial e existe como documento autônomo; O PDE possui caráter mais projetual e só justifica sua existência quando vinculado aos projetos que subsidia. *Podemos dizer ainda que o PDG se constitui em um documento descritivo das posturas da administração em relação aos recursos físicos, enquanto o PDE é um documento descritivo-gráfico no qual o empreendimento em questão começa a ser delineado fisicamente.* Em relação ao momento de cada um no projeto industrial, o PDG precede qualquer projeto específico; já o PDE só existe a partir de um novo projeto, sendo detalhado nas fases iniciais da *etapa de investimento* (projeto preliminar e projeto básico) e se tornando documento básico de referência ao longo do desenvolvimento dos projetos das instalações físicas.

*Os PDEs estão para a organização física industrial, assim como os Planos Diretores de Desenvolvimento estão para a organização física das cidades*<sup>12</sup>: definem um plano de ocupação espacial relacionando as funções a serem

<sup>12</sup> Por estar este trabalho calcado na integração de funções dentro da indústria, pode causar estranheza, a quem conheça a estrutura dos atuais Planos Diretores de Desenvolvimento Municipais, a comparação destes com os PDE's. Como atualmente os Planos Diretores Municipais raramente se baseiam numa visão integrada do espaço urbano com o espaço regional, tornando-se no mais das vezes meros instrumentos de conformação política, sua função precípua que seria a de propiciar um desenvolvimento equilibrado, normalmente se perde;

executadas no espaço, com as características deste espaço e com a necessidade da promoção de um desenvolvimento equilibrado. Este plano de ocupação, se constitui em um *zoneamento do uso do solo*, disciplinando o processo de apropriação dos espaços, subordinando-o aos interesses do bem-estar da comunidade, no caso dos planos municipais, e aos interesses da iniciativa empresarial, no caso dos planos industriais. As similaridades são evidentes, apesar das diferenças de escala e de interesses; na verdade, mesmo os interesses não são (ou não deveriam ser) diferentes; o conceito de desenvolvimento sustentado, por exemplo, subentende uma conciliação entre o interesse público e o privado<sup>13</sup>. No caso das cidades, o zoneamento deve conciliar as funções típicas da vida urbana, definidas por diferentes usos do solo (ver figura 21); segundo FERRARI (1979), "(...) *Os usos do solo urbano podem ser assim classificados, genericamente: (a) usos residenciais; (b) usos industriais; (c) usos comerciais; (d) usos institucionais (públicos ou privados); (e) áreas de circulação; (f) áreas vagas (públicas ou privadas: próprias ou impróprias ao uso urbano)*" (p. 320). No caso das indústrias, o zoneamento deve conciliar, então, as funções típicas da organização industrial, configuradas em áreas de usos típicos, quais sejam: (a) *áreas industriais*; (b) *áreas auxiliares à produção industrial*; (c) *áreas de apoio à atividade industrial*; (d) *áreas administrativas*; (e) *áreas de apoio administrativo*; (f) *áreas de reserva*.

O zoneamento é o documento principal do PDE, mas articulado a ele devem estar as diretrizes reguladoras do processo de ocupação. Tais diretrizes emanam algumas do PDG, outras das especificidades do local, outras ainda de legislações aplicáveis àquela área, e se consubstanciam em requisitos de projeto a serem entendidos e seguidos por profissionais de todas as especialidades da engenharia, durante o projeto das instalações, e da operação, durante a fase operacional da unidade. Assim, o PDE deve ter uma estrutura que permita a descrição detalhada de conceitos, objetivos e procedimentos, contendo minimamente as seguintes partes:

- **Disposições Gerais**

Nesta parte são definidos: finalidade do PDE, atividades que devem se sujeitar às suas disposições, etc., com o fim de definir com clareza a importância e relevância do documento e a que se destina.

- **Definições Gerais**

Aqui são feitas a clarificação de conceitos e definições de termos e expressões técnicas. Como se destina a ser um documento interdisciplinar, devem ser eliminadas as possibilidades de

---

porisso a referência a eventual inadequação da comparação. No entanto, preferimos pensar nos Planos Diretores Municipais nos termos daquilo que deveriam ser e, assim, a analogia se justifica. No capítulo 5 (Urbanismo Industrial), algumas questões correlatas serão discutidas com mais profundidade.

<sup>13</sup> Ver o capítulo 5, onde há uma melhor clarificação das relações entre iniciativa empresarial, interesse público e desenvolvimento sustentado.

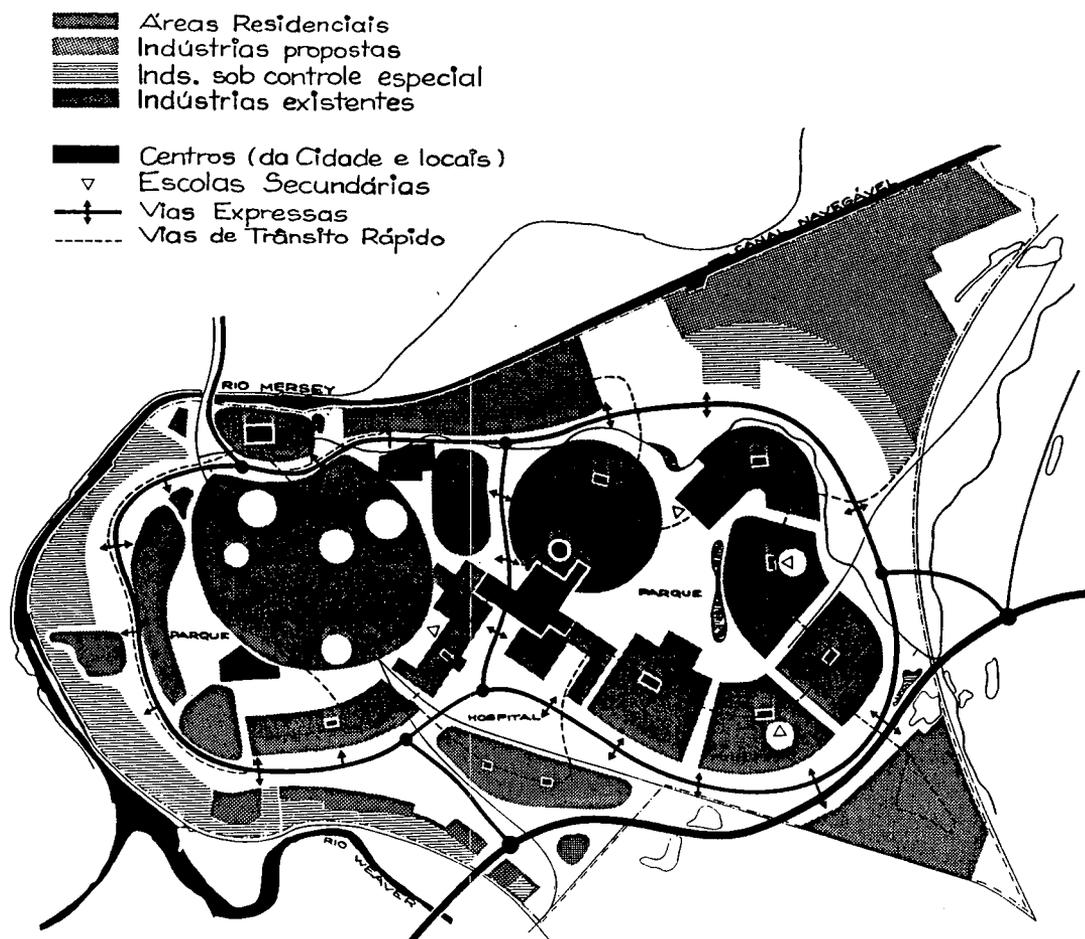


Figura 21: Um Exemplo de Zoneamento ao Nível da Cidade  
 (Reproduzido de FERRARI, 1979)

ambiguidades, estabelecendo-se um nivelamento de informações entre as várias especialidades.

- **Plano de Zoneamento**

Deve ser composto de duas partes: (a) *definição e caracterização das áreas de usos típicos*; (b) *planta de zoneamento*. O plano de zoneamento deve evoluir, com o desenvolvimento do projeto (notadamente ao tempo da definição dos arranjos básicos no estudo do processo industrial, capítulo 4, passos 7 e 12), para arranjos mais descritivos, incorporando informações relacionadas com fluxos, volumes espaciais, topografia do terreno, etc. (ver figura 22);

- **Condicionantes de Ocupação**

Aqui devem ser explicitados, com toda clareza, as condicionantes para a ocupação: (a) *do complexo como um todo*; (b) *de cada uma das áreas zoneadas em particular*. As condicionantes de ocupação englobam tanto questões relacionadas com as opções específicas de projeto da empresa quanto disposições oriundas dos planos diretores e códigos de obras municipais; as opções de projeto da empresa devem se incorporar de maneira coordenada a estes regulamentos oficiais<sup>14</sup>.

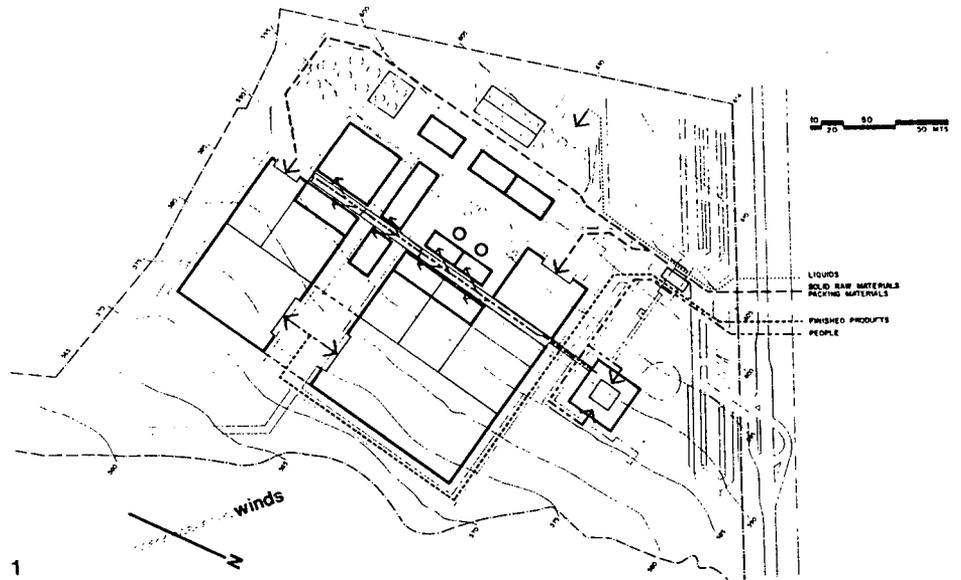
- **Disposições Transitórias**

Nesta parte devem ser indicadas as eventuais medidas de adaptação dinâmica à realidade, processos de reavaliação, etc.

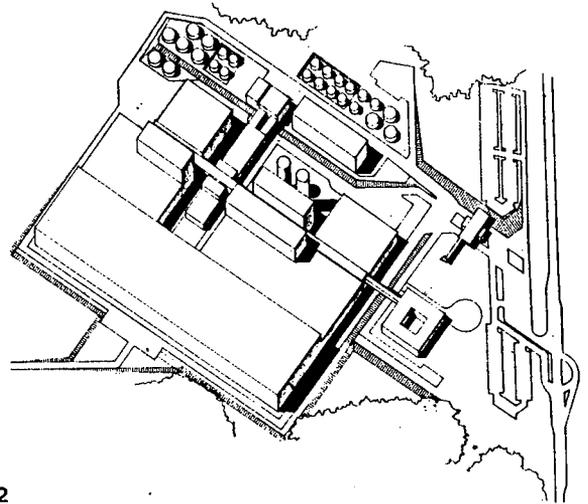
O PDE facilita enormemente uma das atividades-chave no desenvolvimento de projetos com alto grau de interdisciplinaridade, como é o caso das fábricas: a *resolução de interfaces*. Por envolver diversas disciplinas, cada uma com requisitos, metodologias e culturas próprias, o projeto industrial, e mesmo o processo de concepção dos espaços físicos industriais, precisam ser dotados de instrumentos que permitam a tomada de decisões a partir de uma base comum de entendimento; base esta na qual todas as particularidades de cada uma daquelas disciplinas sejam colocadas lado a lado e analisadas à luz de informações niveladas, prioridades bem definidas e, também, a partir de uma visão integral do conjunto.

---

<sup>14</sup> Planos Diretores regulam o processo de ocupação das cidades, dividindo-a em áreas de utilização específicas. Códigos de Obras regulam a ocupação destas áreas, pela definição de algumas restrições dirigidas ao disciplinamento das intervenções físicas (por exemplo: definição de recuos mínimos, taxas de ocupação, índices de aproveitamento do terreno, alturas máximas, etc.).

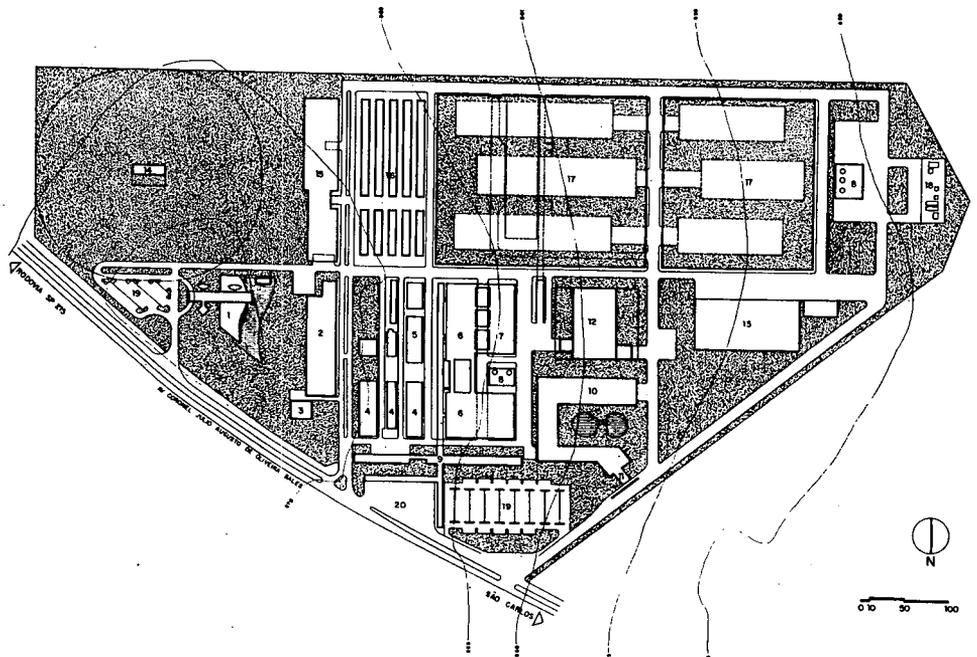


1



2

1. Centro administrativo
2. Fábrica de verniz
3. Laboratório
4. Preparo de matéria-prima
5. Serraria
6. Minas
7. Depósito de materiais
8. Casa de caldeiras
9. Portaria de pessoal e vestiários
10. Centro social
11. Portaria de cargas
12. Depósito
13. Oficinas de manutenção
14. Depósito de nitrocelulose
15. Gráfica
16. Secagem de madeira
17. Unidades de produção
18. Tratamento de afluentes
19. Estacionamento de automóveis
20. Estacionamento de ônibus



**Figura 22: Exemplos de Arranjos Gerais de Complexos Industriais**  
(Reproduzido da Revista PROJETO, n. 121/Maio 1989, p. 63 e 65)

### 3.5. Planos Diretores e Processo de Concepção da Fábrica

No item anterior, quase tudo o que poderia-se dizer dos planos diretores, foi dito. Como *instrumentos de gerenciamento*, permitem o manejo de critérios coerentes de maneira dinâmica, dada sua proximidade com a função planejamento. Como *instrumentos de projeto*, definem diretrizes de concepção de novos empreendimentos plenamente conciliadas com as estratégias empresariais e com o conjunto de requisitos oriundos dos vários setores da empresa (como base para a engenharia concorrente e o enfoque voltado para o ciclo de vida do empreendimento).

Como visto no capítulo 2, o *processo de concepção dos espaços físicos* industriais se situa, metodologicamente, ao longo das fases de *pré-investimento* e de *investimento* de um projeto industrial. O PDG, composto por questões estratégicas genéricas e diretrizes a serem seguidas indistintamente por todas as unidades da empresa, aparece como condicionante do processo de concepção já nas etapas de definição da viabilidade, continuando a alimentar o processo até o seu final; é um documento já existente. Já o PDE, incluindo as especificidades locais do empreendimento, é delineado na fase de investimento, na etapa do projeto preliminar (que, como vimos, é uma etapa de consolidação das informações da fase de pré-investimento, direcionadas ao desenvolvimento dos projetos básico e executivo), e conformado no início da etapa do projeto básico. Ao longo do processo de concepção física da unidade, o PDG influencia fortemente o projeto em suas etapas iniciais; a partir da consolidação de uma alternativa e da definição das suas características, passa a ser o PDE o maior orientador, por ser ele uma intermediação detalhada entre o que regula o PDG e as especificidades do empreendimento em questão.

As maneiras através das quais o PDG e os PDE's exercem sua função são, primeiro, *orientando e monitorando o desenvolvimento das atividades das disciplinas de projeto durante a concepção dos espaços físicos industriais* e, segundo, *preservando critérios e diretrizes para futuras intervenções físicas*. As disciplinas de projeto (*engenharia de processos industriais, urbanismo industrial e arquitetura industrial*) desenvolvem suas etapas de trabalho a partir das condicionantes definidas pelos planos diretores e a eles se reportam nas resoluções de interfaces e conflitos entre uma especialidade e outra. O papel dos planos diretores é dominante, mas deve ser considerada a possibilidade, ou antes a necessidade, de que sejam eventualmente revisados (por mudanças estratégicas da empresa ou por efeito de melhorias, boas idéias e aperfeiçoamentos de conceitos, oriundos todos das etapas de projeto); há de existir uma dinâmica que viabilize o fluxo de informações nos dois sentidos. Essa dinâmica deve ultrapassar a linha que determina o fim do projeto, fazendo com que os planos diretores, após servirem como balizadores do processo de concepção da unidade industrial, continuem existindo, se transformando em

documentos orientadores de reformulações físicas durante a fase operacional da indústria.

Conformados os planos diretores, na forma como explicitado neste capítulo, cabe-nos agora detalhar as três disciplinas do processo de concepção dos espaços físicos industriais: engenharia de processos industriais, urbanismo industrial e arquitetura industrial. Os três capítulos que seguem tratarão de cada uma delas separadamente, por razões didáticas e metodológicas, mas a ênfase será sempre para a abordagem concorrente.

## PARTE III

---

### Concepção e Projeto

Esta parte destina-se ao detalhamento das três disciplinas de projeto definidas na parte II, capítulo 3: *engenharia de processos industriais* (estudo do processo produtivo), *urbanismo industrial* (estudo da inserção e urbanização dos complexos industriais) e *arquitetura industrial* (estudo dos edifícios industriais). Estas três disciplinas, tratadas aqui separadamente por razões metodológicas, devem ser desenvolvidas paralela e concorrentemente, num processo de contínua integração. Devem ser, também, continuamente balizadas pelas condicionantes definidas nos planos diretores. Apesar de serem desenvolvidas, conforme definido na parte II (capítulo 3), ao longo de algumas das etapas das fases de pré-investimento e de investimento do projeto industrial, não há regras precisas quanto ao andamento que cada uma deve ter em relação à outra; as ações ligadas ao urbanismo podem preceder, por vezes, os passos de trabalho do estudo do processo ou vice-versa. As características de cada empreendimento definem a sincronia entre os três desenvolvimentos. Como orientação geral, no entanto, pode-se dizer que, usualmente, o *estudo do processo* deve concentrar maiores esforços no início do projeto (fase de pré-investimento e etapas iniciais da fase de investimento), recrudescendo gradativamente. O *urbanismo* mantém-se com carga de trabalho constante durante todas as fases e etapas de trabalho, dada a sua diversidade e abrangência. A *arquitetura industrial*, centralizada no estudo dos edifícios industriais, possui carga de trabalho distribuída de forma inversa em relação ao estudo do processo: pequena no início e grande nas etapas finais (etapas da fase de investimento).

## **CAPÍTULO 4**

---

### **O ESTUDO DO PROCESSO INDUSTRIAL A Engenharia de Processos Industriais**

O processo produtivo está para o empreendimento industrial, assim como o modo de viver da sociedade está para os empreendimentos urbanos (residências, shopping-centers, templos, centros comerciais, etc.); enquanto nestes a vida cotidiana das pessoas e da sociedade é que define os requisitos de projeto (programa de necessidades), naquele o processo produtivo é que assume este papel. A partir do processo e da sua organização, como se pode ver na figura 23, é que se chega à conformação do empreendimento industrial em relação ao seu dimensionamento, às interrelações funcionais vinculadas à produção, a um lay-out geral orientador dos demais projetos e a um programa de necessidades (estes dois últimos articulados diretamente aos planos diretores geral e específico, conforme explicitado adiante).

#### **4.1. Passo 1: Definição de Condicionantes (Requisitos de Projeto)**

Os requisitos de projeto para o estudo do processo industrial possuem uma amplitude e significância que se confundem com a própria relevância do empreendimento para a empresa industrial e para a sociedade. Por envolver questões que vão da definição de uma tecnologia específica até o detalhamento das linhas de produção, fornecendo todos os dados para o dimensionamento físico e operacional da planta industrial, o estudo do processo exige definições relacionadas com um amplo espectro de fatores intra-empresariais. O conteúdo dos passos de trabalho descritos a seguir clarificam a complexidade e abrangência deste estudo.

#### **4.2. Passo 2: Seleção da Tecnologia**

##### **4.2.1. O Conceito de Tecnologia**

*Tecnologia* e *processo produtivo* são dois conceitos-chave no âmbito de um projeto industrial. Apesar do fato de que com alguma frequência sejam tratados como sinônimos, possuem, cada um, especificidades que os colocam como problemas de ordem diferenciada. Tais especificidades podem ser melhor entendidas a partir da análise dos textos que seguem.

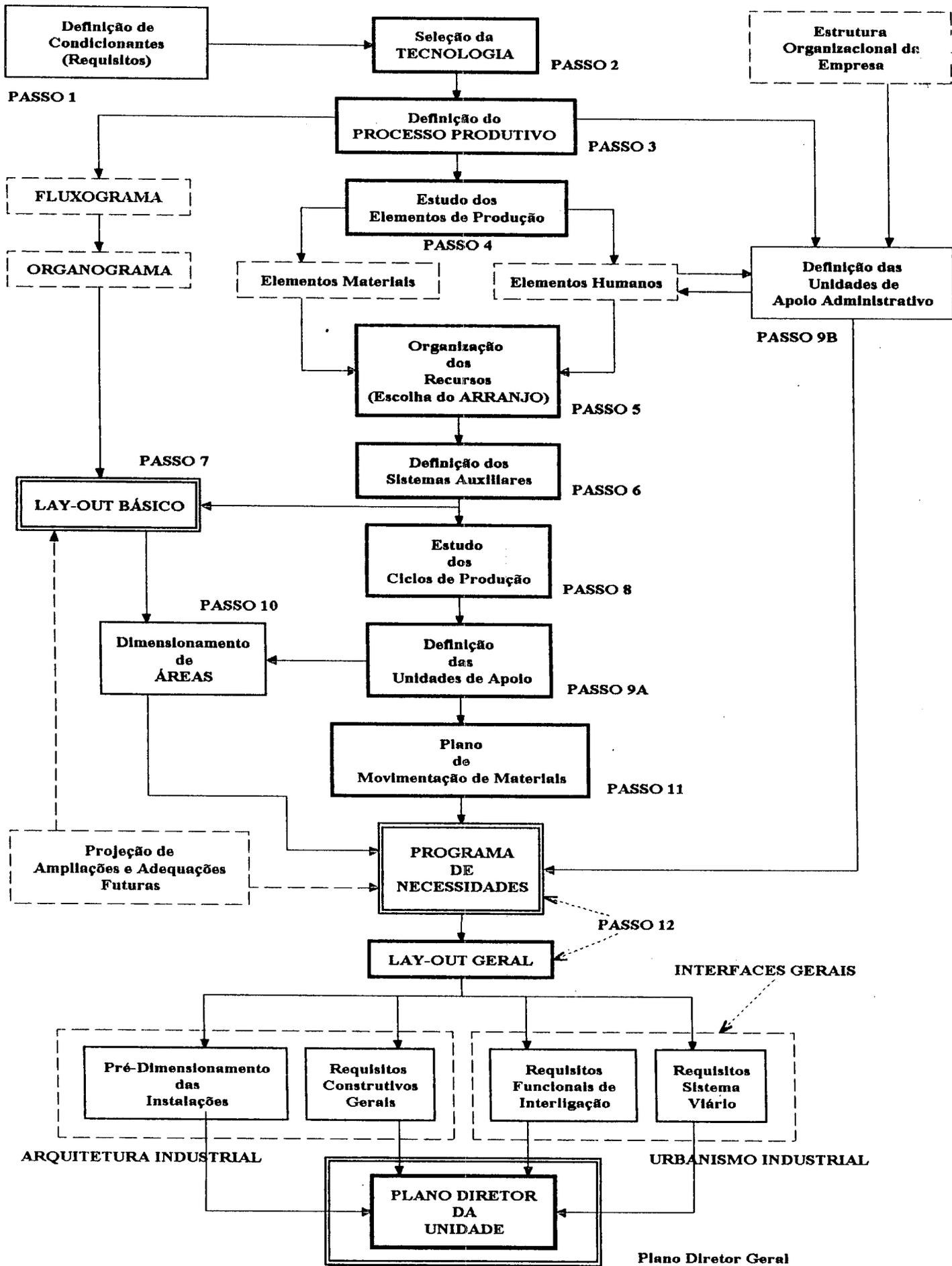


Figura 23: O Estudo do Processo Industrial

" A tecnologia é, portanto, muito mais do que ferramentas e artistas, máquinas e processos. Ela põe em evidência o trabalho humano, as tentativas do homem para satisfazer seus desejos mediante a ação humana sobre os objetos físicos. (...) Devemos utilizar o termo desejos em vez de necessidades humanas, porque os desejos humanos vão além das necessidades básicas de alimentação, vestuário e habitação." <sup>1</sup>

" O domínio do conjunto ordenado de conhecimentos que constitui a tecnologia permite a elaboração das instruções necessárias à produção de bens e serviços. Ocorre que a palavra tecnologia vem sendo empregada para designar tais instruções e não os conhecimentos que as geraram. Confundem-se expressões materiais e parciais do conhecimento (plantas, manuais, especificações, etc.) com o próprio conhecimento. Chega-se ao cúmulo de ainda se acreditar que quando uma empresa multinacional coloca em funcionamento aqui o último modelo de máquina (importada) de fazer pregos, o país está dotado da mais alta tecnologia de fazer pregos." <sup>2</sup>

Dos conceitos expostos conclui-se que a tecnologia precede e engloba o processo produtivo. A **tecnologia**, como conjunto de princípios científicos, define a base conceitual de um sistema produtivo, configurando padrões de relacionamento entre homens e máquinas, determinando níveis de aplicação de capital e mão-de-obra e delineando os contornos de um processo de dependência ou independência estratégica; em razão disso, os estudos relacionados com a tecnologia geralmente giram em torno ou do grau de intensidade do capital em oposição à extensão da orientação para o trabalho num projeto particular ou na discussão das relações de dependência tecnológica. Já **processo produtivo** possui uma conotação mais objetiva, dado que se consubstancia na tradução de uma filosofia tecnológica em um sequenciamento operacional destinado a definir operações para a produção de um dado produto; neste sentido, os estudos relacionados com o processo produtivo se destinam à definição de fluxogramas de produção, à quantificação de insumos, à caracterização da mão-de-obra, etc. **Podemos dizer que a partir da definição de uma certa opção tecnológica, podem ser definidos vários processos produtivos que a viabilizam.**

Assim, cabe à empresa promotora de um projeto industrial, primeiramente, uma opção tecnológica. E esta opção tecnológica possui importância estratégica em função de que ela define uma relação entre capital e mão-de-obra, define um nível de

<sup>1</sup> KRANBERG apud GAMA (1986), p. 12.

<sup>2</sup> LONGO apud GAMA (1986), p. 20.

dependência em relação a outras empresas, determina um padrão de relacionamento com o meio que a rodeia, enfim, influencia fortemente e de maneira abrangente as características do empreendimento industrial como um todo. Tal abrangência, ao longo do tempo, conduziu o problema tecnologia para o âmbito de muitas disciplinas, transformando-o em assunto para sociólogos, economistas, antropólogos, engenheiros, etc. Os enfoques descritos a seguir permitem uma visualização mais clara do alcance de uma opção tecnológica.

SCHNEIDER (1983) coloca a questão no âmbito das relações sociais, ressaltando o papel da tecnologia industrial na transformação das características sociais de uma comunidade. Segundo ele, a tecnologia, enquanto vetor do processo de industrialização, determina o aparecimento de desequilíbrios de difícil superação, relacionados principalmente com:

- *as disparidades culturais*: "O industrialismo cria grandes disparidades na riqueza, na segurança, no padrão de vida. Os donos da indústria, a gerência e os operários especializados e não-especializados tendem a desenvolver culturas separadas, padrões de vida distintos e interesses distintos, quando não contrários." <sup>3</sup>;
- *as necessidades de recursos humanos externos*: a industrialização, quando vinculada a uma determinada opção tecnológica, pode, a partir de um certo estágio de desenvolvimento, demandar a busca de mão-de-obra fora da comunidade. A justaposição de diferentes culturas, etnias e credos, segundo o autor, abala a unidade da antiga comunidade, gerando divergências em valores, hábitos, tradições, podendo gerar relações dominadas por incompreensões e desconfianças mútuas <sup>4</sup>;

Em BARBIERI (1989), a tecnologia é vista no cenário das dependências econômicas, com ênfase na análise da adequação entre tecnologia e estágio de desenvolvimento:

*"Nos países do terceiro mundo, a tecnologia industrial em grande parte foi introduzida com a instalação de filiais de empresas multinacionais. É fato notório que as filiais de multinacionais produzem muito pouca tecnologia nos países onde estão instaladas, mantendo-se permanentemente dependentes de suas matrizes. Via de regra, essas filiais apenas realizam algum desenvolvimento periférico, no sentido de adaptar o produto ou processo às*

<sup>3</sup> SCHNEIDER (1983), p. 304.

<sup>4</sup> SCHNEIDER (1983), p. 305.

*condições locais, tais como o tamanho do mercado, peculiaridades da demanda do local, características das matérias-primas, qualidade da mão-de-obra, etc. (...) Esta centralização das atividades de P&D, mais que uma questão de especialização ou ganho de escala pela concentração de esforços em poucos lugares, é uma estratégia voltada para dominar amplos mercados com riscos e custos mínimos" (p.35).*

#### **4.2.2. Tecnologias Apropriadas**

Apesar do fato de que a escolha de uma tecnologia específica influencia marcadamente as características e o sucesso de um empreendimento industrial, a realidade é que os processos decisórios organizacionais, relacionados com a definição da opção tecnológica, são afetados não apenas por fatores e variáveis de caráter racional, objetivo, mas também por aspectos não racionais, subjetivos, desempenhando o acaso um papel importante na maioria das vezes<sup>5</sup>.

Por trás da casualidade, do empirismo, muitas vezes se esconde o fato de que, em países como o Brasil, a cultura da importação de tecnologias prontas, previamente conformadas (consubstanciadas, principalmente, nos famosos pacotes *turn-Keys* e encaradas como sinônimos de rápido desenvolvimento, imediata aplicabilidade e retornos sobre o investimento em curto e médio prazo), é ainda hoje dominante. No entanto, os resultados desta postura se reverterem, ao longo do tempo, em excessivas *dependências tecnológicas* (e por consequência econômicas e estratégicas) e experiências insatisfatórias vinculadas à *inadequação destas tecnologias* importadas em relação às características e peculiaridades do país.

A questão tecnologia, para uma empresa industrial, deve ser vista no âmbito daquilo que ela define como sua missão e daquilo que ela almeja como empreendimento. Neste sentido, os efeitos de uma opção tecnológica devem ser considerados de maneira ampla na tomada de decisão. Tais efeitos se relacionam aos seguintes aspectos:

- *excessiva dependência externa*: para uma empresa industrial (como para o país) não é aconselhável depender totalmente de tecnologia externa. A excessiva dependência fragiliza a posição estratégica da empresa, subordinando-a às estratégias dos seus fornecedores (tais fornecedores podem querer passar a explorar o mesmo ramo, aproveitando o mercado já criado, impor restrições ao uso e suprimento de tecnologia, visando obter vantagens, etc.);

<sup>5</sup> ABDALLA e ROCHA (1989), descrevem o processo decisório relacionado com a escolha de tecnologias no Brasil, a partir de pesquisas realizadas com empresas de médio porte; constatam, na pesquisa, o alto grau de empirismo e falta de critérios objetivos no processo.

- **introdução de tecnologia intensiva em capital:** em países pouco desenvolvidos, a escassez de capital e a existência de mão-de-obra farta, mas com baixos níveis de qualificação, pode transformar uma opção tecnológica capital intensiva em inadequada;
- **alterações culturais:** a adoção de certas tecnologias podem repercutir em alterações, nem sempre favoráveis, nos costumes da comunidade e de sua população, conduzindo até à perda de suas características culturais;
- **degradação do meio-ambiente** (no sentido amplo já referido e que será melhor definido no capítulo 5);
- **distorções sócio-econômico-culturais:** determinadas opções tecnológicas podem repercutir na ampliação de problemas estruturais do país ou região (por exemplo: acentuar concentração de rendas, ampliar a produção de produtos luxuosos em países nos quais grande parte da população apenas subsiste, contribuir para a redução da autonomia do país em questões de seu domínio, etc.).

Os problemas relacionados com a adequação de tecnologias a situações e circunstâncias específicas, motivaram o desenvolvimento do conceito de **tecnologia apropriada**. Conforme BARBIERI, o termo **tecnologia apropriada** está ligado a uma diversidade de concepções tecnológica que apresentariam uma ou mais das seguintes características<sup>6</sup>:

- baixo investimento por posto de trabalho;
- baixo capital investido por unidade produzida;
- baixo custo do produto final;
- simplicidade organizacional;
- alto grau de adaptabilidade ao ambiente social e cultural;
- economia no uso de recursos naturais (mínima utilização de recursos não renováveis);
- grande potencial de geração de empregos;
- mínima interferência ecológica;
- auto-suficiência regional e sub-regional;
- eliminação da exploração e da alienação dos indivíduos.

A partir das considerações feitas, cabe analisar o papel das tecnologias no âmbito das estratégias empresariais. Como a opção tecnológica determina o perfil do

<sup>6</sup> Estas características estão baseadas na enumeração feita por BARBIERI (1989), p. 39, a partir dos trabalhos de JEQUIER & BLANC e DICKSON.

empreendimento industrial em muitos dos seus aspectos, pode ela determinar também o sucesso de estratégias pré-definidas. Partindo de tudo o que foi abordado até agora neste trabalho, relacionado com uma visão ampla das relações entre indústria e sociedade, cumpre à empresa aferir a adequabilidade da tecnologia às características do meio em que se insere (meio empresarial, meio social, meio econômico, etc.); e este objetivo só é alcançado pela análise interdisciplinar do problema, pela integração dos vários setores da empresa e projetistas da instalação industrial ao processo de seleção. Naturalmente, a questão tecnológica, que se resolve integralmente em duas etapas (*seleção de tecnologia*, agora abordada, e *seleção de processo produtivo*, assunto do próximo passo), possui em cada uma destas etapas, dominâncias diferentes. Nesta primeira, seleção de tecnologia, a questão é mais conceitual, estratégica, sendo desenvolvida mais próxima da alta administração; na segunda, seleção do processo produtivo, a questão é mais técnica, desenvolvida mais sob o domínio da equipe de projeto.

### **4.3. Passo 3: Definição do Processo Produtivo**

O *processo produtivo* materializa a opção tecnológica feita pela empresa, compondo a massa de dados que serve efetivamente de base para a configuração física da fábrica. Se a seleção da tecnologia se destina à definição conceitual do sistema produtivo, *a seleção do processo produtivo serve ao gradativo detalhamento das fases, operações, equipamentos, mão-de-obra e insumos envolvidos na fabricação de um dado produto*. Busca-se aqui a escolha de um processo *adequado à opção tecnológica* feita pela empresa, *compatível com as características do produto e quantidades a produzir e conciliado com os requisitos estratégicos* pré-definidos.

#### **4.3.1. A Pesquisa dos Processos Produtivos**

Não é fácil estabelecer regras gerais para a seleção de um processo produtivo. Há situações nas quais (a) *a participação no projeto de um consultor ou especialista em processos produtivos* ligados ao tipo estudado de indústria, é inevitável; tais consultores, no entanto, são difíceis de serem achados (se existirem) em função da enorme diversidade de processos industriais existentes. Nos casos em que (b) *a empresa promotora do projeto conhece bem seu negócio e possui pessoal capacitado nos processos que utiliza*, a integração destas pessoas à equipe de projeto substitui o consultor. Nos casos em que (c) *não há consultores disponíveis e a empresa não conhece o processo*, há de se desenvolver um trabalho integrado de pesquisa que pode ser composto por:

- **compilação de bibliografia técnica:** num primeiro momento, pesquisar a existência de livros, artigos e quaisquer outras fontes versando sobre o assunto. A partir da compilação da bibliografia, estudá-la de modo dirigido à formação de uma visão crítica e à formulação de critérios e conclusões;
- **verificação de indústrias similares:** analisar, se possível, unidades industriais similares em operação, criticando-as, identificando pontos fracos e fortes do processo (primeiro genericamente e depois especificamente na forma como implantado na unidade verificada). Assim, os critérios formados com a compilação da bibliografia se enriquecem e ganham consistência;
- **contatos com fornecedores:** a partir das duas atividades anteriores, o conhecimento adquirido já permitirá a identificação de fornecedores de máquinas e equipamentos e a análise das alternativas e propostas que serão oferecidas.

Independentemente da situação em que se enquadra o projeto industrial em desenvolvimento (se *a*, *b* ou *c*), os trabalhos de seleção do processo produtivo devem ser desenvolvidos de maneira a incorporarem os requisitos definidos pela estratégia empresarial e pela opção tecnológica escolhida.

#### 4.3.2. Os Tipos de Processos Produtivos <sup>7</sup>

A grande diversidade de processos produtivos industriais existentes não facilita muito a definição de classificações. No entanto, pode-se identificar dois grandes grupos: (a) *processos dominados por equipamentos*; (b) *processos dominados por sistemas*.

- **Processos Dominados por Equipamentos**

Este grupo envolve os processos nos quais o manuseio e processamento de matérias-primas e produtos (semi-acabados e acabados) se dão através de um ou de poucos equipamentos principais. Os demais componentes da instalação são auxiliares ao equipamento principal.

- **Processos Dominados por Sistemas**

Este grupo envolve os processos nos quais o manuseio e processamento de matérias-primas e produtos (semi-acabados e acabados) dão-se através de um grande conjunto de equipamentos.

---

<sup>7</sup> A classificação adotada neste item segue a definida na publicação do IBP (1986), p. 12.

Os limites entre um tipo e outro nem sempre são claros, havendo casos em que uma unidade industrial possui características dos dois processos, simultaneamente; da mesma forma, podem existir unidades com partes definidas como dominadas por equipamentos e partes definidas como dominadas por sistemas.

Os processos dominados por equipamentos geralmente são de propriedade ou domínio dos fabricantes dos equipamentos principais (por exemplo, centrais de geração de energia elétrica). Já os processos dominados por sistemas estão mais no âmbito de empresas detentoras de conhecimento tecnológico ou empresas de engenharia (por exemplo, unidades de beneficiamento de minérios).

#### **4.3.3. Os Elementos do Estudo do Processo Produtivo**

Para a concepção física da unidade industrial, a definição do processo produtivo, como passo de trabalho, deve detalhar neste momento: (a) *organogramas e fluxogramas do processo* (representações esquemáticas do processo); (b) *elementos do sistema de produção* (materiais e humanos).

- **Organogramas e Fluxogramas do Processo**

Da mesma forma que é desaconselhável o estabelecimento de regras muito objetivas para as etapas iniciais de concepção de um projeto (em função de poderem limitar o processo criativo), também não são recomendáveis regras muito definidas quanto à elaboração de esquemas representativos do processo produtivo; como os fluxogramas e organogramas servem a objetivos muito variados dentro de um projeto industrial, devem ser tratados como elementos individualizados, dirigidos a necessidades. De modo geral, estes esquemas se destinam à representação gráfica das operações de fabricação (principais e secundárias), seu seqüenciamento e interrelacionamento; neste sentido, são as primeiras representações gráficas da conformação física da fábrica. Os três tipos de esquemas gráficos mais usuais são: (a) *organogramas*; (b) *fluxogramas de processo*; (c) *fluxogramas gráficos*. Os organogramas (ver figura 24) são mais simples, mais genéricos, compostos por quadros que podem representar tanto operações principais quanto todo um setor da planta industrial; é um instrumento útil nas fases iniciais do estudo do processo, já que nos quadros podem estar incorporados resultados de estudos econômicos ou outros dados significativos. Os fluxogramas de processo e fluxogramas gráficos diferem pouco um do outro; ambos representam detalhadamente o processo, identificando fluxos e operações. Os fluxogramas gráficos, no entanto, procuram representações mais próximas da realidade, fornecendo visualizações esquemáticas ao nível dos equipamentos;

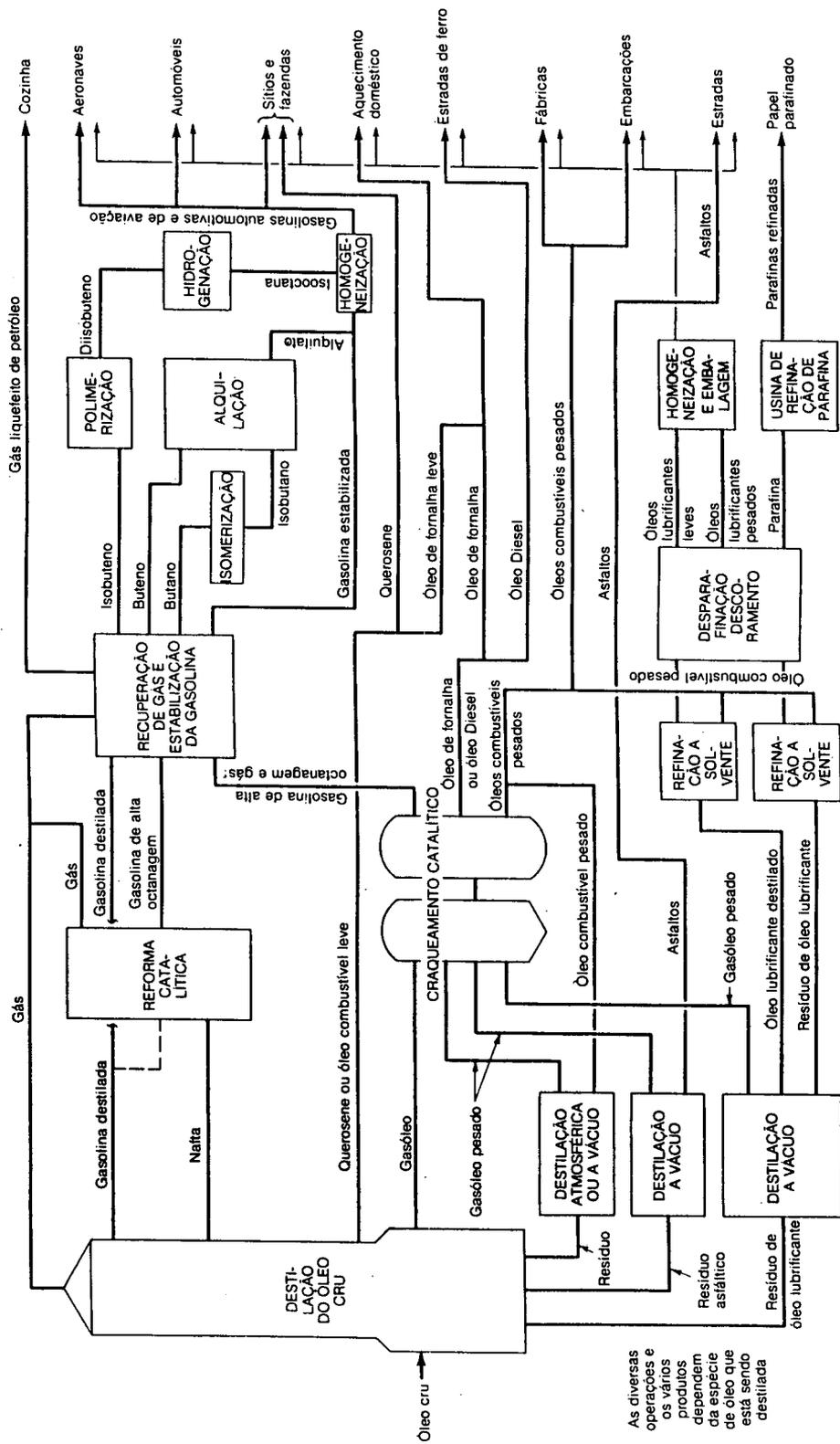


Figura 24: Exemplo de Organograma de Processo Industrial (Reproduzido de SHREVE e BRINK, 1980)

As diversas operações e os vários produtos dependem da espécie de óleo que está sendo destilada

neste sentido, são representações adequadas para etapas de trabalho interdisciplinar, dado que possibilitam facilidade de compreensão para pessoas oriundas de outros setores (administração, marketing, etc.). A figura 25 mostra um exemplo de fluxograma gráfico.

- **Elementos do Sistema de Produção**

Recursos de produção são aqueles necessários à operação do processo produtivo e dividem-se em dois grupos: (a) *elementos humanos*; (b) *elementos materiais*. Em relação aos elementos humanos, devem ser definidas as funções de cada pessoa no processo produtivo e analisadas as relações destas pessoas com tal processo; estes dados, posteriormente, serão fundamentais para a conformação dos postos de trabalho e dos edifícios industriais. Os elementos materiais se dividem em dois sub-grupos: (b.1) *máquinas e equipamentos vinculados diretamente ao processo*; (b.2) *máquinas e equipamentos vinculados indiretamente ao processo* (estes geralmente são móveis, destinados à manutenção ou a reparação das linhas de produção e, apesar de não influírem muito no lay-out da unidade, precisam de espaços para serem armazenados). Os dados relativos aos elementos materiais, posteriormente, serão importantes para definição final de espaços necessários, características especiais das edificações (pisos resistentes, pés-direitos especiais, etc.), etc.

A partir da definição do processo produtivo, dos organogramas e fluxogramas que o esquematizam e dos elementos materiais e humanos necessários à sua operação, o projeto possui elementos suficientes para esboçar um plano inicial de organização da unidade industrial (*arranjo industrial básico*), tarefa esta que será executada pelos passos 4, 5 e 6.

#### **4.4. Passo 4: Estudo dos Elementos do Sistema de Produção**

##### **4.4.1. A Alocação de Funções entre Homens e Máquinas**

Após a definição inicial dos elementos do sistema de produção, deve-se proceder a uma análise detalhada dos mesmos a fim de ajustá-los agora não apenas a necessidades diretamente vinculadas ao processo produtivo, mas também às imposições das limitações e potencialidades de máquinas e homens. Neste momento do projeto é importante considerar, na definição dos elementos materiais e humanos, ou mais especificamente na *definição das tarefas de máquinas e homens*, a realidade de que máquinas executam melhor determinados tipos de tarefas e que homens executam melhor outros tipos de tarefas.

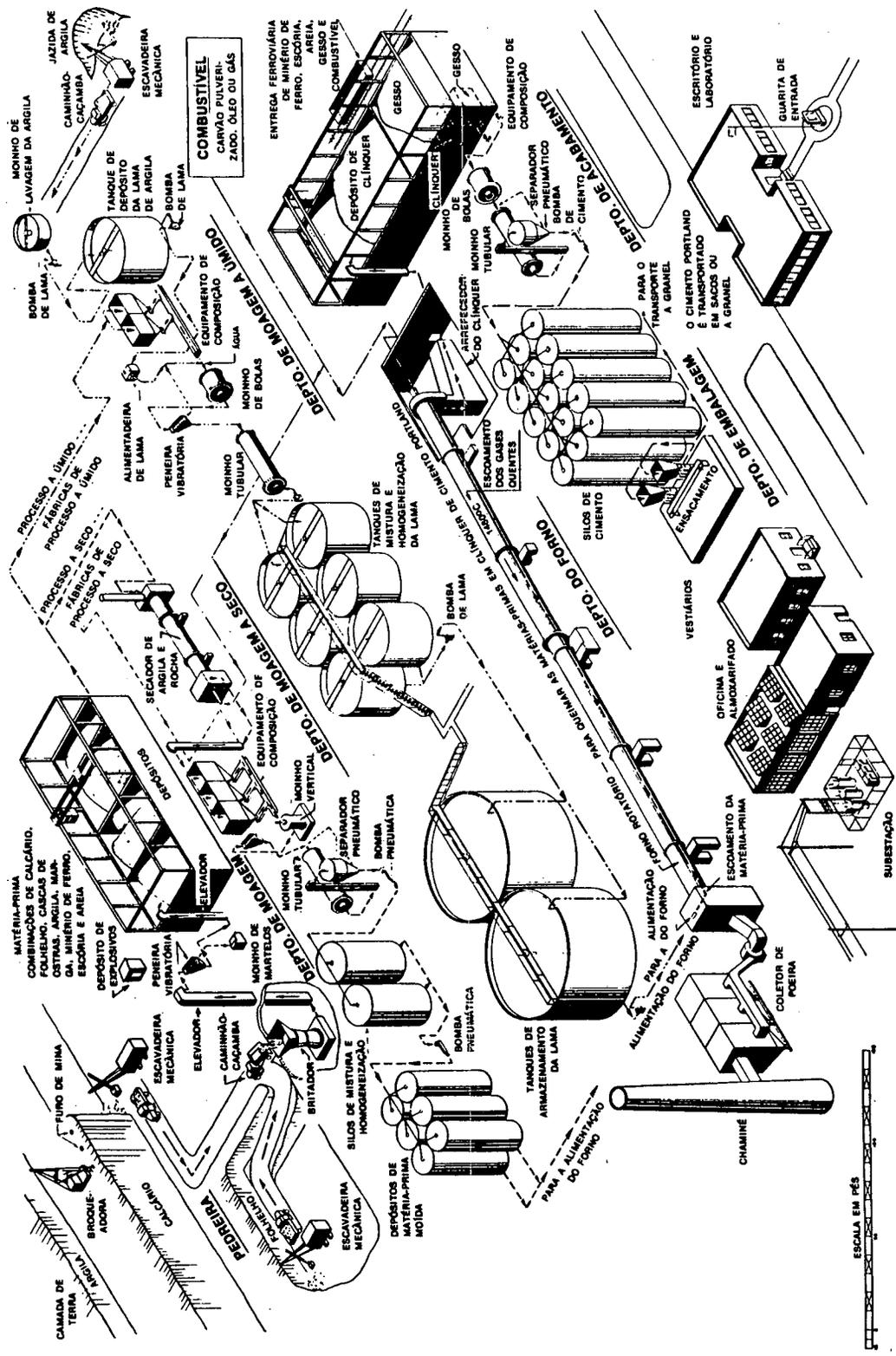


Figura 25: Exemplo de Fluxograma Gráfico de Processo de Processo a Seco e Úmido de Fabricação do Cimento Portland (Reproduzido de SHREVE e BRINK, 1980)

A questão da *alocação de funções entre homens e máquinas* é um assunto ligado à ergonomia e que tradicionalmente está incorporado às metodologias de desenvolvimento de produtos com o objetivo de definir quais funções parciais do produto industrial devem ser executadas pelo próprio produto e quais devem ser realizadas pelo homem. Esta definição parte da consideração das habilidades específicas de máquinas e homens. No quadro 1 estão confrontadas capacidades de homens e máquinas para realização de algumas funções técnicas; quadros como esse são uma importante ajuda nesta etapa do projeto.

<b>HOMENS</b>	<b>MÁQUINAS</b>
Sensíveis a extensa variedade de estímulos.	Executam operações rotineiras, repetitivas ou muito precisas.
Percebem modelos e fazem generalizações a partir deles.	Reagem rapidamente a sinais de controle.
Detectam sinais em ambientes com elevado nível de ruído.	Exercem grandes forças de maneira regular e precisa.
Guardam grande quantidade de informações por longo período e são capazes de recordar fatos relevantes em momentos apropriados.	Armazenam e resgatam grandes quantidades de informação em curtos períodos de tempo.
Fazem julgamentos em eventos que não estejam perfeitamente definidos.	Executam cálculos complexos com rapidez e exatidão.
Improvisam e executam ações flexíveis.	Sensíveis a estímulos que estão fora da faixa de sensibilidade do homem (infravermelho, ondas de rádio, etc.).
Reagem a eventos improváveis.	Executam diversas atividades simultaneamente.
Podem resolver problemas com originalidade.	Executam processos dedutivos.
Executam manipulações delicadas, diante de eventos inesperados.	Repetem operações rápidas, contínuas e precisas de modo invariável e por longo tempo.
Podem agir mesmo sobrecarregados.	Operam em ambientes hostis ao homem.
Raciocinam indutivamente.	Insensíveis a fatores estranhos.

Quadro 1: Habilidades de Homens e Máquinas

(Fonte: WOODSON e CONOVER apud SELL, em notas de aula).

Segundo SELL (1989), a distribuição de funções entre homem e sistema é influenciada pelos seguintes fatores:

- a sensibilidade, a precisão e a segurança requeridas para o sistema;
- a confiabilidade desejada do sistema em relação à tarefa;
- a habilidade do operador e do pessoal da manutenção preventiva e corretiva necessárias para lidar com o sistema;
- os custos para a realização das funções.

#### **4.4.2. A Combinação de Soluções**

A partir das considerações do item anterior, devem ser geradas alternativas com diferentes combinações de alocação de tarefas entre homens e máquinas. Estas alternativas iniciais devem então ser analisadas de maneira a se verificar, primeiro, quais representam combinações tecnicamente possíveis e, segundo, quais são ergonomicamente adequadas. Ainda segundo SELL, "(...) *deve-se escolher apenas aquelas soluções nas quais a pessoa terá uma função interessante, com conteúdo adequado às suas capacidades e habilidades físicas e psíquicas. A segurança e salubridade devem ser igualmente garantidas*".

KANTOWITZ e SORKIN (1987) definem maneiras diferenciadas de abordagem para a alocação de funções em sistemas homem-máquina. Dentre elas, destacaremos aqui duas: (a) *Deixe a Máquina Fazê-lo* ("Let the Machine do IT"); (b) *Um Enfoque Balanceado* ("A Balanced Approach").

- **Deixe a Máquina Fazê-lo**

Nesta abordagem o procedimento é delegar à máquina tantas funções quantas ela possa executar, baseando-se no fato de que a confiabilidade de máquinas pode ser incrementada com custos menores que a confiabilidade de pessoas. Neste enfoque as tarefas delegadas às pessoas são as que sobraram da alocação inicial às máquinas. O problema principal associado com esta abordagem é o de que certamente estas funções remanescentes formarão um conjunto descontínuo, destituído de conteúdo, conformando atividades desinteressantes para as pessoas, pela não utilização de suas habilidades; da mesma forma, este conjunto remanescente pode delinear atividades agressivas e inadequadas para o trabalho humano.

- **Um Enfoque Balanceado**

No enfoque balanceado a alocação de funções é dividida em categorias (vinculadas à realidade da dinâmica de projeto): (a) *alocação derivada de decisões da alta administração*

(determinadas decisões de alocação já vêm definidas ao projetista por imposições da administração da empresa; tais imposições geralmente se referem à idéia de que a automatização é sempre benéfica); (b) *alocação derivada das características e requisitos da tecnologia adotada* (a tecnologia escolhida geralmente induz a determinadas alocações; por exemplo, citam os autores, não é desejável que a decisão por um ataque nuclear seja delegada à máquina); (c) *alocação derivada de procedimentos sistemáticos* (seria apenas nesta fase que o projetista teria liberdade de alocar funções a máquinas e pessoas). Estas três categorias, seguidas na seqüência em que aparecem, não rejeitam o uso das listas de habilidades relativas, mas questionam a sua aplicabilidade imediata, preferencial.

À margem das considerações definidas por diferentes abordagens, o ideal é que a alocação de funções viabilize um *relacionamento harmônico entre pessoas e máquinas*. Como visto no capítulo 1, uma empresa industrial deve buscar a satisfação das pessoas e a convivência harmônica com a sociedade; uma providência inicial neste sentido seria a de conformar funções adequadas e com conteúdo para o trabalho humano. Tais funções devem comportar um sequenciamento de tarefas interligadas, definidas na base de causa-efeito, que propiciem ao trabalhador uma visão compreensível do seu trabalho e das conseqüências e interfaces que ele tem com o sistema geral. Quando uma pessoa entende seu trabalho ao nível de relacioná-lo com o geral e valorizá-lo como função (por saber exatamente o que faz), passa a ser mais que um operador, podendo contribuir para o controle e aperfeiçoamento do processo. A viabilização de uma abordagem deste tipo pode se dar através de três etapas: (a) *alocação inicial de funções entre homens e máquinas*; (b) *verificação do conjunto de funções delegadas ao homem*; no caso de que este conjunto represente uma série de funções desconexas, descontínuas e sem conteúdo, então, (c) *rever funções inicialmente delegadas às máquinas, passando-as para os homens, na medida necessária à conformação de um conjunto de atividades humanas coerentes* (enriquecimento da tarefa).

#### 4.4.3. Os Perigos da Automatização

O estudo dos elementos do sistema de produção não pode ser finalizado sem algumas considerações sobre a automatização, geralmente considerada, por projetistas pouco familiarizados com fatores humanos e sem uma visão mais ampla das interrelações de um projeto industrial, como inatamente benéfica e sempre preferível. KANTOWITZ e SORKIN (1987) listam cinco problemas usuais relacionados com a automatização:

- novos sistemas automatizados raramente cumprem integralmente todos os benefícios previstos;
- falhas em equipamentos automatizados levam a problemas de credibilidade;
- necessidades de treinamento aumentam com a automatização. O operador deve ser capaz de operar o sistema em dois modos: automático e manual;
- projetistas geralmente falham na antecipação de problemas que os sistemas automatizados criarão, dado que estão sempre mais preocupados em focalizar suas atenções nos benefícios do novo sistema;
- a automatização transforma as pessoas antes em elementos de monitoração do sistema que ativos controladores (contribuindo para a alienação e monotonia).

Estas considerações não visam a marginalização da automatização, mas a sua observação a partir da ótica integrada defendida ao longo deste trabalho. A idéia de que a automatização representa, por si só, incrementos de produtividade e de lucro e a passagem para um estágio superior de fabricação e competitividade, nem sempre é correta. HARMON e PETERSON, ao abordarem a obsessão pela automatização que tomou conta das empresas ocidentais nos últimos anos, por conta da idéia de que o sucesso das empresas orientais se originava do maciço investimento em tecnologia, ressaltam que o verdadeiro motivo deste sucesso se relaciona com o aumento de demanda (doméstica e de exportação); as unidades automatizadas foram implantadas com o objetivo de atender a estas novas demandas, mas apenas quando a capacidade das unidades antigas tinha se esgotado. Ainda, a implantação destas novas unidades não significou a desativação das antigas: "*(...) Profissionais da indústria trabalhando no Japão, por exemplo, vêem muitas fábricas velhas com equipamentos amiúde mais antigos que os das típicas fábricas ocidentais. Observam também algumas fábricas ultranovas, com o mais moderno em termos de tecnologia industrial. (...)*"<sup>8</sup>

#### **4.5. Passo 5: Organização dos Elementos do Sistema de Produção (Escolha do Tipo de Arranjo Industrial)**

Feitas a identificação dos elementos do sistema de produção e dos seus papéis no âmbito do processo produtivo, deve-se tratar então de começar a organizá-los espacialmente, pela adoção de um ou mais dos tipos de arranjo industrial existentes. Os arranjos industriais são basicamente tipos diferenciados de organização de fábrica e se consubstanciam em maneiras específicas de agrupar processos, operações e

---

<sup>8</sup> Ver HARMON e PETERSON (1991), prefácio.

máquinas. Apesar de existir hoje grande número de tipos de arranjo industrial, destinados a subsidiar filosofias produtivas diferenciadas, quase todos representam pequenas variações ou combinações de quatro tipos principais: (a) *arranjo físico posicional* (ou por posição fixada); (b) *arranjo físico funcional* (ou por processo); (c) *arranjo físico linear* (ou por produto); a estes três tipos clássicos definidos por MUTHER<sup>9</sup>, soma-se hoje um quarto, relacionado com os conceitos atuais de fabricação flexível: (d) *arranjo físico celular*. Os arranjos clássicos (a, b e c) estão esquematizados na figura 26; o arranjo celular (c) será melhor explicitado no item 4.5.4.

#### **4.5.1. Arranjo Físico Posicional (ou por Posição Fixada)**

É um tipo de arranjo adotado quando existem condições que inviabilizam a movimentação do produto que será fabricado (pelo seu porte, por exemplo), obrigando máquinas e homens a se deslocarem até ele. Conforme MUTHER (1978), "*Todas as operações são feitas com o material (no caso de moldagem ou tratamento) ou componente principal (no caso de montagem) permanecendo fixo num determinado local.*" (p.13)

Este tipo de arranjo possui aplicações bastante limitadas nos dias de hoje, restringindo-se a um número reduzido de aplicações, dado que se adequa mais a processos de caráter artesanal. O desenvolvimento dos processos produtivos fez crescer a sofisticação, porte e complexidade das máquinas e equipamentos industriais, tornando mais fácil levar os materiais até eles. No entanto, ainda existem exemplos: construção de navios e grandes equipamentos (turbinas de geração de energia elétrica).

#### **4.5.2. Arranjo Físico Funcional (ou por Processo)**

O arranjo funcional ou por processo destina-se ao agrupamento de operações do mesmo tipo em áreas específicas. Assim, todas as operações de soldagem são feitas em uma área, todas as de estampagem em outra, todas as de laminação em outra ainda. Conforme MUTHER (1978), "*Todas as operações (processos) do mesmo tipo são feitas na mesma área; máquinas ou operações de montagem semelhantes são reunidas. Ou seja, o material se movimenta através das áreas ou departamentos.*" (p.13)

Neste tipo de arranjo a produção não é seqüencial, não segue uma linha. Pelo contrário, se viabiliza pelo transporte do material de um setor para outro, segundo as operações que precisam ser executadas. É utilizado quando os volumes de fabricação de cada produto não justificam a implantação de uma linha específica de produção,

---

<sup>9</sup> Ver MUTHER (1978), p. 13.

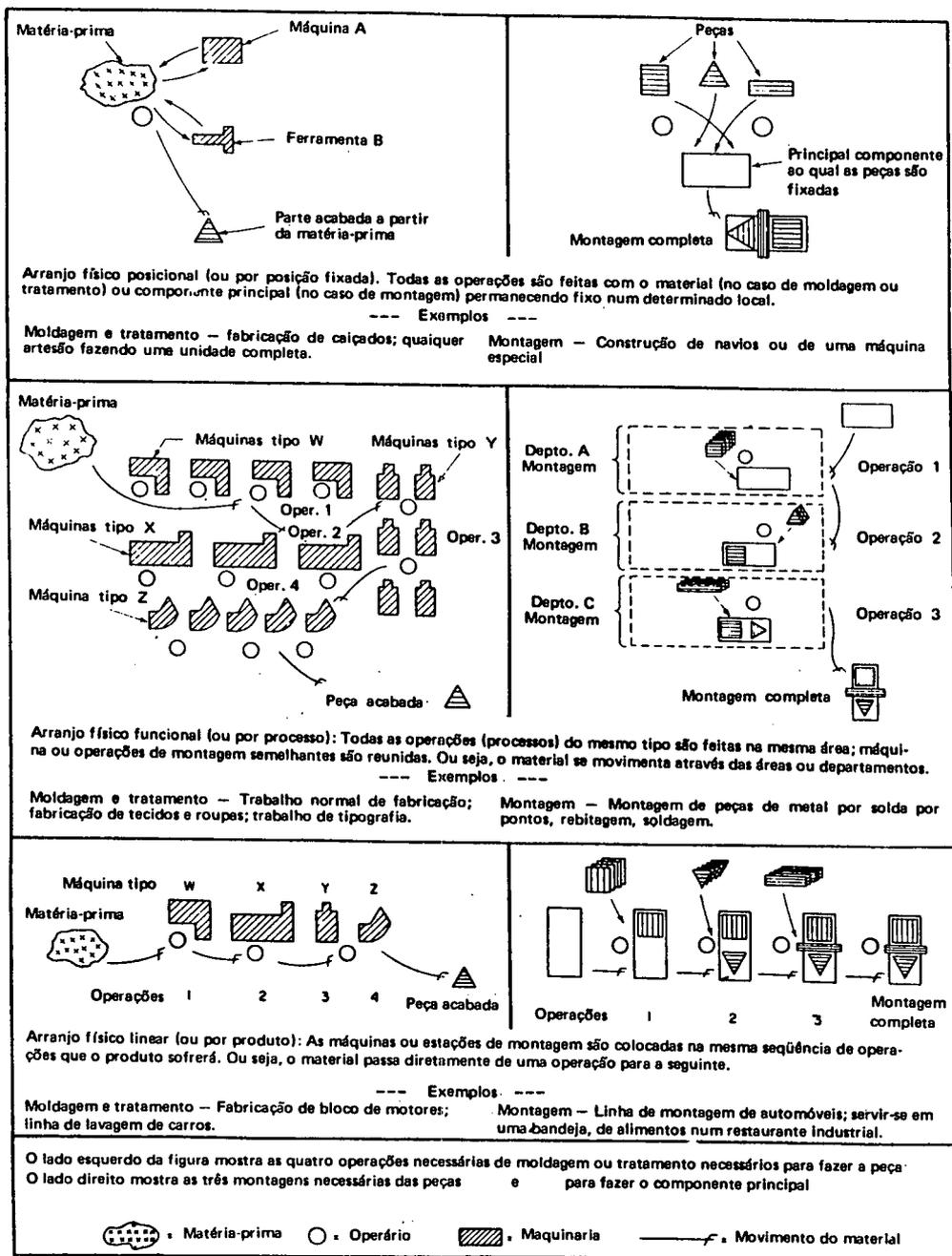


Figura 26: Os Três Tipos Clássicos de Arranjo Industrial (Reproduzido de MUTHER, 1978)

ou seja, quando frequentemente estão sendo fabricados produtos específicos, para os quais não se define uma série muito longa. Exemplo: fabricação de tecidos e roupas.

No arranjo funcional, as máquinas devem ter caráter mais polivalente, dado que devem executar várias operações em vários produtos diferentes. Neste sentido, o nível de flexibilidade é grande.

#### **4.5.3. Arranjo Físico Linear (ou por Produto)**

No arranjo linear ou por produto os elementos do sistema de produção se ordenam segundo o seqüenciamento do processo de fabricação do produto. Segundo MUTHER (1978), "*As máquinas ou estações de montagem são colocadas na mesma seqüência de operações que o produto sofrerá. Ou seja, o material passa diretamente de uma operação para a seguinte.*" (p.13)

Neste tipo de arranjo, somente um único produto é fabricado em uma determinada área. O produto deve ser padronizado e fabricado em grandes quantidades, a fim de justificar a implantação de toda uma linha de produção só para ele. Na linha de produção, o material evolui rapidamente; a matéria-prima chega ao ponto inicial e é processada com um mínimo de estocagem intermediárias e manuseio de materiais. É uma produção contínua. Os maiores exemplos deste tipo de arranjo são as linhas de montagem de automóveis.

O arranjo linear, por ser composto por máquinas que tendem a ser mais especializadas (a fim de maximizar produtividade), possui um nível de flexibilidade bastante reduzido.

#### **4.5.4. Arranjo Físico Celular**

Os dois arranjos anteriores, funcional e linear, podem ser caracterizados como *orientados à produção*. O arranjo celular, por sua vez, faz parte de um conjunto novo de possibilidades, *orientadas ao produto*; tais novas possibilidades, conhecidas por um grande número de nomes (tais como: tecnologia de grupo, fabricação flexível, manufatura celular, etc.), têm ganho grande ênfase e aplicabilidade nos dias de hoje.

A fabricação celular, segundo ROLSTADAS, baseia-se em dois fundamentos principais:

- o agrupamento de partes do produto a ser fabricado em *famílias* com requisitos e características similares;

- o agrupamento de máquinas em *células* capazes de completar (ou pelo menos quase completar) a fabricação de uma ou mais famílias de partes.<sup>10</sup>

As células de manufatura podem ser vistas como uma *combinação entre características do arranjo funcional e do arranjo linear*. Cada célula é uma *linha de produção* e possibilita tempos curtos de produção; ao mesmo tempo, no entanto, suas máquinas são universais, mantendo *alto o nível de flexibilidade* da unidade.

No arranjo celular, cada célula possui todos os meios necessários à produção integral da família de partes a ela destinada. Neste sentido, devem ser dotadas de: (a) *máquinas e equipamentos*; (b) *mecanismos de manuseio e transporte de materiais*; (c) *mecanismos de armazenagem*. Assim, a célula incorpora, em menor escala, todos os elementos necessários à produção de maior porte. A figura 27 mostra a configuração típica dos arranjos celulares, a conformação em "U", adotada como a preferencial por muitos especialistas pelas possibilidades que oferece, entre outras coisas, de otimização do uso de mão-de-obra.

Na verdade, as células de manufatura estão inseridas no âmbito de uma filosofia produtiva de maior abrangência. Tal filosofia repercute, entre outras coisas, em: (a) *requisitos especiais para o projeto do produto* (a necessidade de conformar o produto em famílias de partes determina uma certa modularização, um certo conceito de projeto); (b) *enriquecimento do papel do trabalhador* (como está inserido em uma célula na qual um produto ou parte identificável do produto é integralmente produzida, através de um conjunto de tarefas com conteúdo e consistência, ele tende a valorizar seu trabalho, estabelecer visões críticas do mesmo, cooperar com o aperfeiçoamento do processo e com a resolução de eventuais dificuldades de pessoas que trabalham ao seu redor); (c) *reformulações na organização da produção* (a idéia da manufatura celular é fazer a fábrica ficar, durante o processo de produção, com uma situação semelhante à do relacionamento entre fornecedor e cliente; cada célula é, ao mesmo tempo, cliente de uma e fornecedor de outra). A visualização das características de organização geral do arranjo celular são mostradas na figura 28, a partir da sua comparação com um arranjo funcional.

#### **4.5.5. A Escolha do Tipo de Arranjo**

A opção por um dos tipos de arranjo deve considerar vários aspectos relacionados com a organização industrial. ABDU e DUTTA (1990) relacionam seis fatores principais para a opção:

---

<sup>10</sup> Ver ROLSTADAS (1987), p. 2 e 3.

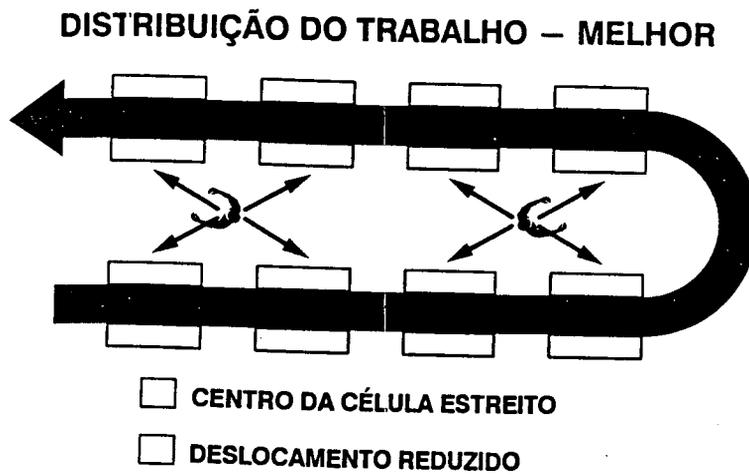
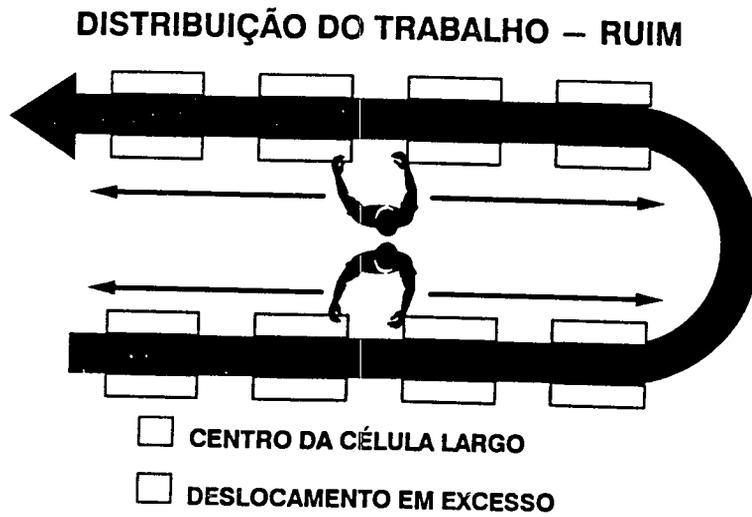


Figura 27: O Arranjo Celular (Conformação Típica em "U")  
(Reproduzido de HARMON e PETERSON, 1991)

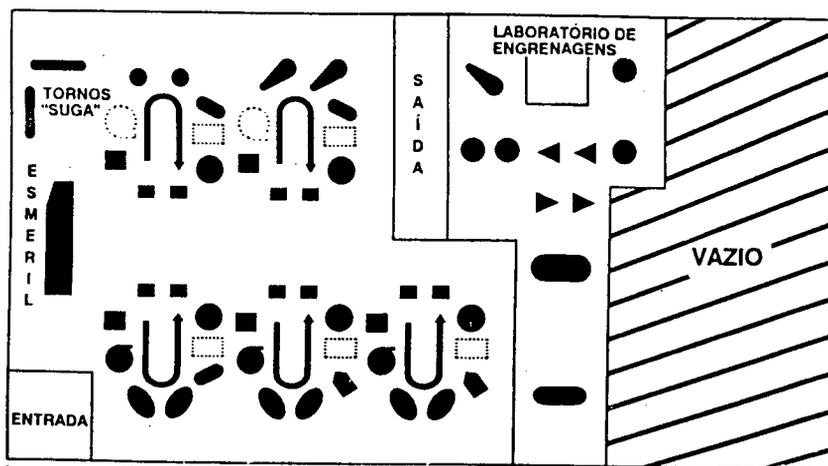
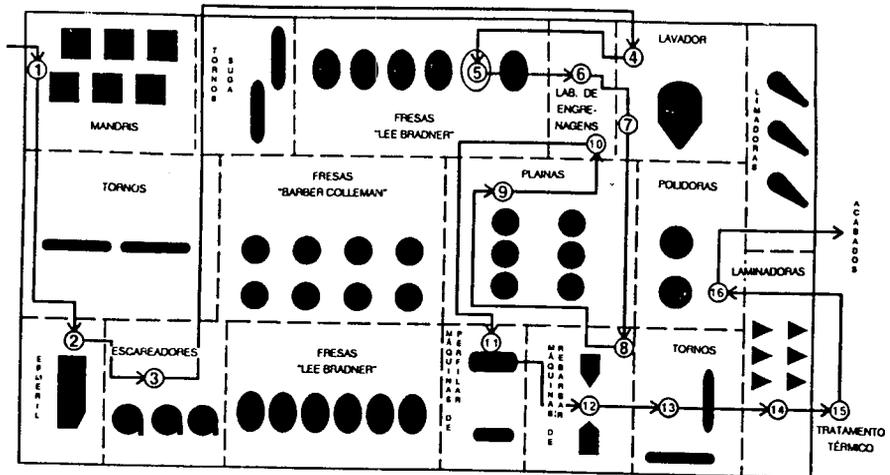


Figura 28: Reorganização de Arranjo Industrial (Funcional para Celular)  
 (Reproduzido de HARMON e PETERSON, 1991)

- variedade e quantidade de produtos a produzir;
- grau de flexibilidade;
- nível de automação;
- características do sistema de manuseio e transporte de materiais;
- ritmo da produção;
- requisitos de segurança.

Dentre todos estes fatores, o primeiro deles, a *variedade e quantidade de produtos a produzir*, é o mais determinante. Para a definição do arranjo mais adequado a partir destes dois parâmetros, pode-se usar a análise do diagrama P-Q de MUTHER, o qual permite a visualização do mix de produtos da empresa relacionado com os volumes de produção de cada um destes produtos. O diagrama P-Q (produto-quantidade) é resultante da ordenação de produtos e quantidades na forma, primeiro, de um gráfico ABC e, depois, na forma de uma curva hiperbólica, como representado na figura 29. O formato da curva resultante determina então o tipo de arranjo (ou arranjos) a ser adotado. Para a análise, devem ser observadas as regras listadas a seguir.

**Em relação à figura 29:**

- os itens (produtos) da *área M* pedem técnicas de produção em massa, ou seja, *arranjo linear* (são itens de grande movimentação dentro da unidade industrial);
- os itens (produtos) da *área J* pedem técnicas de produção por lotes, ou seja, *arranjo funcional ou arranjo posicional* (são itens de baixa movimentação dentro da unidade industrial);
- os itens (produtos) da *área entre M e J* pedem técnicas de produção com características intermediárias entre as duas anteriores, ou seja, *arranjo celular*;

**Em relação à figura 30:**

- quando a curva hiperbólica do diagrama P-Q se apresenta *suave*, deve-se adotar somente *um tipo de arranjo* para a fabricação de todos os produtos;
- quando a curva hiperbólica do diagrama P-Q se apresenta *brusca*, deve-se *dividir a área de produção e adotar arranjos diferenciados*.

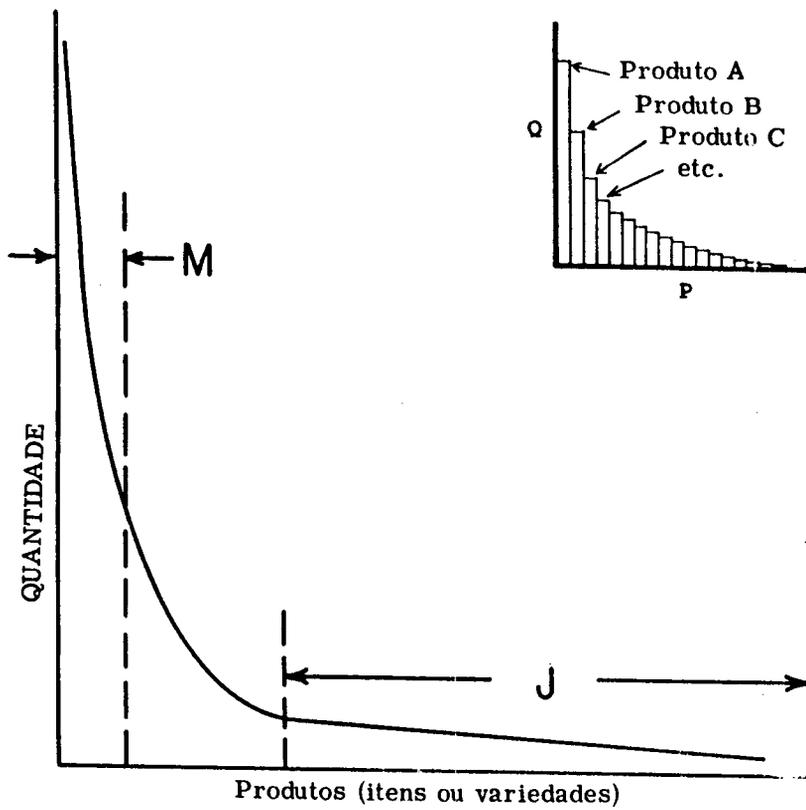


Figura 29: O Diagrama P-Q (Produto-Quantidade)  
(Reproduzido de MUTHER, 1978)

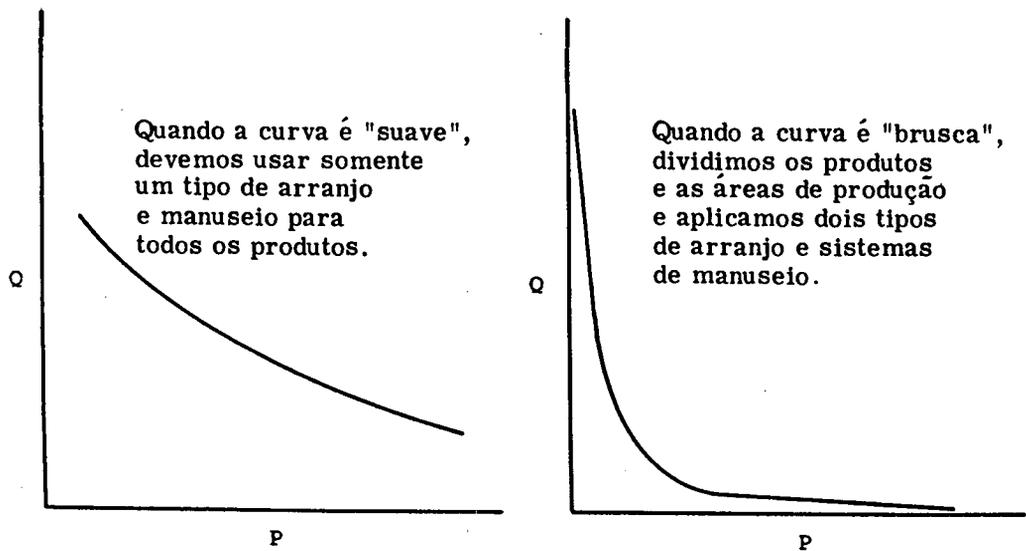


Figura 30: O Comportamento da Curva no Diagrama P-Q  
(Reproduzido de MUTHER, 1978)

Outra maneira de analisar a adequabilidade dos arranjos físicos a situações específicas é partir do *conhecimento das vantagens e desvantagens* (potencialidades e limitações) de cada um e relacioná-las com as características das situações existentes. O quadro 2 apresenta uma enumeração de vantagens e desvantagens dos três arranjos mais usuais (funcional, linear e celular), que servem de exemplo.

Cabe ressaltar, por fim, que há hoje uma proliferação muito grande de novos termos, fazendo referência a novos tipos de arranjo; estes novos arranjos são, na verdade, variações dos arranjos acima vistos ou concepções novas apenas no sentido de que incorporam níveis crescentes de automação.

#### **4.6. Passo 6: Definição das Unidades Auxiliares**

As unidades auxiliares compreendem todos os sistemas vinculados indiretamente ao processo produtivo e destinados, primeiro, à *alimentação operacional das máquinas e equipamentos* e, segundo, à *manutenção do processo em condições de segura operação*. A quantidade de sistemas destinados às funções acima é praticamente enumerável. Há hoje uma variabilidade de opções muito grande tanto em termos conceituais quanto em porte, tornando a especificação dos mesmos uma tarefa complexa e crítica dentro de um projeto industrial.

##### **4.6.1. A Especificação dos Sistemas Auxiliares**

Metodologicamente, pode-se considerar o problema da definição dos sistemas auxiliares como composto por três etapas distintas: (a) *definição qualitativa*; (b) *definição quantitativa*; (c) *definição conceitual*.

- **Definição Qualitativa**

Na definição qualitativa, a partir das necessidades do processo industrial definido, das características dos elementos materiais do sistema de produção (máquinas e equipamentos) e das normas de segurança<sup>11</sup>, definem-se os tipos de sistemas auxiliares necessários (sem entrar em considerações de dimensionamento, modularização, etc.); cabe lembrar que alguns sistemas auxiliares podem também gerar a necessidade de outros sistemas auxiliares.

---

<sup>11</sup> Ver normas de Segurança e Medicina do Trabalho (lei 6514/77 e Normas Regulamentadoras aprovadas pela portaria 3214/78).

**ARRANJO LINEAR**

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Linhas de produção simples, lógicas, diretas.	Quebras em máquinas param a linha.
Tempo de produção por unidade é pequeno.	Mudanças no produto tornam a linha obsoleta.
Requisitos mínimos de manuseio de materiais.	Supervisão geral é necessária.
Pouca habilidade requerida para a mão-de-obra.	Usualmente requerem os maiores investimentos em termos de equipamentos.
Controle simplificado da produção.	

**ARRANJO CELULAR**

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Alto índice de utilização de equipamentos, pelo agrupamento de partes (do produto).	Grande habilidade requerida para a mão-de-obra, dado que precisa realizar várias operações.
Menores distâncias, comparado com o arranjo funcional.	Depende criticamente do controle da produção, balanceando os fluxos entre as células.
Podem melhorar o ambiente, pelo enriquecimento da tarefa e clima de trabalho na equipe.	Supervisão geral é necessária.
Possue qualidades dos arranjos funcional e linear, sendo composição dos dois.	Possue desvantagens associadas aos arranjos funcional e linear.
Incentiva a utilização de equipamentos universais.	Não permite utilização de equipamentos não-universais.

**ARRANJO FUNCIONAL**

<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Grande índice de utilização dos equipamentos.	Alto volume de movimentação de materiais.
Equipamentos universais são requeridos.	Controle de produção complexo.
Alta flexibilidade na alocação de pessoal e equipamento.	Longos tempos de produção.
Baixo investimento em equipamentos.	Alto nível de habilidade requerido para a mão-de-obra, a fim de viabilizar a alta diversidade de tarefas.
Supervisão especializada é possível.	
Diversidade de tarefas para as pessoas.	

Quadro 2: Vantagens e Desvantagens dos Arranjos Industriais

- **Definição Quantitativa**

Na definição quantitativa, também a partir das necessidades do processo e dos elementos de produção, definem-se então o porte destas unidades auxiliares (através da quantidade de alimentação necessária).

- **Definição Conceitual**

Na definição conceitual define-se a filosofia de implantação; sistemas auxiliares podem ser concebidos ou como unidades centralizadas, atendendo a todo o complexo industrial, ou como unidades segmentadas, próximas dos centros principais de consumo. A opção por uma ou outra filosofia depende de muitos fatores, às vezes imprevisíveis, mas usualmente relacionados à: (a) *previsões de ampliação* (possibilidades de crescimento podem levar a empresa a optar por sistemas centralizados com capacidade suficiente para atender à unidades futuras; ou então, a optar por sistemas modularizados de pequena capacidade, adicionados na medida das necessidades); (b) *características da planta industrial* (a organização geral da planta pode dificultar a implantação de redes de alimentação muito extensas ou excessivamente sujeitas a perdas de carga, conduzindo a sistemas segmentados); (c) *características do mercado fornecedor* (muitas vezes restrições de mercado deixam à disposição poucas alternativas, quando não apenas uma, obrigando a adoção do conceito imposto pelo fornecedor).

Cabe lembrar que o projeto destes sistemas auxiliares é regulado, em grande parte, por normas nacionais (ABNT) e internacionais (DIN, EN, ASTM, etc.), que precisam ser obedecidas por obrigatoriedade legal e em nome da preservação de critérios mínimos de segurança. Da mesma forma, a localização das unidades auxiliares e o caminhamento das suas linhas de alimentação devem obedecer às imposições de organização geral impostas pelos planos diretores (PDG e PDE); planos estes que já devem ter incorporado na sua definição de diretrizes e plano de zoneamento, várias das condicionantes e imposições impostas pelas normas referidas.

#### **4.6.2. Os Tipos de Unidades Auxiliares**

Os tipos de unidades auxiliares, como já foi dito, existem em grande número, dadas as diferentes necessidades da indústria. Os mais usuais estão listados abaixo e devem ser encarados não como unidades localizadas, mas como sistemas interligados ao processo produtivo através de linhas de alimentação; linhas estas que devem ser implantadas a partir de critérios de fácil acesso para operação e manutenção,

segurança operacional, não interferência na organização do processo produtivo e fácil convivência com expansões e reformulações da planta.

- *centrais de ar comprimido e vácuo;*
- *centrais de ar condicionado;*
- *centrais de gases industriais* (acetileno, oxigênio, nitrogênio, etc.);
- *centrais de geração de vapor;*
- *estação de tratamento de água;*
- *estação de tratamento de efluentes* (esgotos sanitários e efluentes industriais contaminados);
- *reservatórios de água* (industrial, desmineralizada, etc.);
- *reservatórios de combustível;*
- *subestação elétrica* (fornecimento de energia elétrica em voltagens e correntes diferenciadas) e *sub-sistemas relacionados*: iluminação (normal e emergência), telefonia, geradores de emergência, alarme, aterramentos, etc.;
- *torres de resfriamento;*
- *sistema de combate a incêndio;*

Na definição das linhas de alimentação destes sistemas (interligação entre a central e os pontos de consumo) deve ser considerado o fato de que o espaço industrial é tridimensional, possibilitando a implantação destas linhas no *subsolo* (através de canaletas ou galerias), ao *nível do chão* (sobre pipe-racks) ou *aéreas* (sobre bandeijamentos ou estruturas de suporte). Cada uma destas opções possui custos diferenciados, mas servem como alternativas para a resolução de interferências entre linhas de alimentação e outros elementos da planta industrial. De modo geral, as canaletas e galerias são opções mais caras, seguidas pelas linhas aéreas e depois pelas ao nível do chão; esta última, no entanto, é a que mais dificuldades impõe ao projetista, pela grande quantidade de interferências que gera. Nesta etapa, no entanto, não é ainda importante o detalhamento das soluções, mas uma conformação esquemática dos percursos das linhas, visando a execução do passo de trabalho seguinte (a definição do arranjo industrial básico).

#### **4.7. Passo 7: Definição do Arranjo Industrial Básico**

Ao longo do estudo do processo produtivo, dois passos de trabalho se destacam, por serem momentos de agrupamento e compatibilização de informações e porque a partir deles a unidade industrial em projeto começa a ser efetivamente esboçada. Estes dois passos são a *definição do arranjo industrial básico* (assunto deste item) e a *definição do arranjo geral básico* (assunto do passo 12, item 4.12). A diferença entre os dois está na abrangência, como o próprios nomes indicam, e no

grau de detalhamento. Enquanto o arranjo industrial básico trata de organizar fisicamente a unidade industrial a partir apenas dos elementos diretamente ligados ao processo industrial, estudados nos passos 1 a 6, o arranjo geral básico se refere à ordenação física de todas as unidades e sistemas (industriais, auxiliares, de apoio industrial, administrativas, de apoio administrativo), estudados do passo 1 ao 11. Os dois arranjos são chamados básicos porque estão embutidos ambos na etapa de projeto básico do empreendimento e, por isso, sujeitos ainda a reformulações e compatibilizações típicas do projeto executivo (restritas geralmente à resolução de interfaces e não a questões conceituais). A existência, antes da definição do arranjo geral básico, de um arranjo industrial básico, cumpre a necessidade de se equacionar inicialmente a questão tecnológica (dado que dela dependem muitos dos passos de trabalho seguintes). Por fim, uma última questão: ao tempo da definição do arranjo industrial básico, há grandes possibilidades de que a empresa ainda não tenha se decidido por um terreno em particular (isto é até mesmo preferível); o arranjo geral básico, no entanto, deve ser feito com o terreno já definido.

#### 4.7.1. Os Objetivos do Arranjo

O arranjo da unidade industrial reflete condicionantes de dois tipos: (a) *aquelas vinculadas às características do processo produtivo escolhido*; (b) *aquelas vinculadas aos planos diretores*, que por extensão, são as que definem a intenção estratégica e a filosofia da empresa para seus espaços físicos. No entanto, existem alguns princípios gerais que podem ser tomados como referências, porque se relacionam com características desejáveis para qualquer unidade industrial. MACHLINE et alii (1987) fornece uma lista destes princípios que serve aos objetivos deste trabalho<sup>12</sup>:

- *princípio da flexibilidade*;
- *princípio do fluxo contínuo*;
- *princípio da capacidade de expansão*;
- *princípio da área mínima ocupada*;
- *princípio da segurança máxima*;
- *princípio do inventário mínimo*;
- *princípio do investimento mínimo por unidade produzida*;
- *princípio da plena utilização da mão-de-obra*;
- *princípio da integração dos fatores* (produto, matérias-primas, máquinas, manuseio e transporte, limpeza, processo, homem, supervisão, armazenagem, manutenção, etc.).

Estes princípios não devem ser tomados como objetivos a serem perseguidos cegamente. Como foi dito, são referências a serem consideradas no caso de não

<sup>12</sup> Ver MACHLINE et alii (1987), p.393.

conflitarem com as condicionantes determinadas pelos planos diretores (PDG e PDE); na busca pela definição de uma unidade produtiva organizada a partir de espaços amplos, bem organizados, com circulações mais espaçosas e melhor definidas, os planos diretores podem estar conflitando com um dos princípios, o da área mínima ocupada.

#### 4.7.2. A Confecção do Arranjo

Existe, hoje, um grande número de métodos destinados à execução de arranjos físicos a partir de enfoques sistemáticos, matemáticos, otimizantes, com utilização ou não de computadores, etc. Não é objetivo deste trabalho descrevê-los, primeiro porque estão já suficientemente detalhados em vasta bibliografia e, segundo, porque no âmbito da abordagem aqui defendida, tais métodos se configuram mais como *técnicas ou instrumentos de apoio* para a confecção e avaliação de arranjos; a consideração de todos os fatores relacionados à concepção do espaço físico industrial, no sentido amplo e integrado aqui perseguido, se viabiliza por um processo gradativo de síntese de condicionantes objetivas, mensuráveis, com condicionantes de difícil equacionamento matemático (e, por vezes, aparentemente incoerentes com a busca imediata de lucro, de produtividade). No entanto, como dito, tais métodos são importantes como instrumentos de apoio; entre eles destacam-se:

- *Método dos Elos*<sup>13</sup>: baseia-se na determinação de todas as interrelações possíveis entre as várias unidades do arranjo físico, estabelecendo uma priorização na localização de cada uma delas; parte da premissa de que merecem prioridade na localização as unidades operacionais sujeitas a um maior fluxo de tráfego.
- *Método dos Momentos*<sup>14</sup>: objetiva a definição de alternativas de arranjo a partir de uma hierarquização baseada na economia de transportes.
- *Métodos Otimizantes*<sup>15</sup>: OLIVERIO (1985), faz referência à aplicação da teoria das filas, programação linear e programação dinâmica no sentido da otimização da utilização dos recursos produtivos e do apoio à análise do problema arranjo pela sua decomposição em problemas parciais.

---

<sup>13</sup> Ver VALLE (1975), p. 69.

<sup>14</sup> Ver VALLE (1975), p. 76.

<sup>15</sup> Ver OLIVERIO (1985), p. 289.

- **Sistema SLP (Systematic Layout Planning)**<sup>16</sup>: o sistema de MUTHER é, seguramente, o mais referenciado dos métodos de confecção de arranjos físicos. Baseia-se no trabalho sobre cinco dados básicos<sup>17</sup>, estruturados em torno de um seqüenciamento de etapas, conforme esquematizadas na figura 31. De todos os métodos disponíveis, é o que mais se aproxima de um enfoque integrado e o que mais incorpora a dinâmica de um empreendimento industrial.

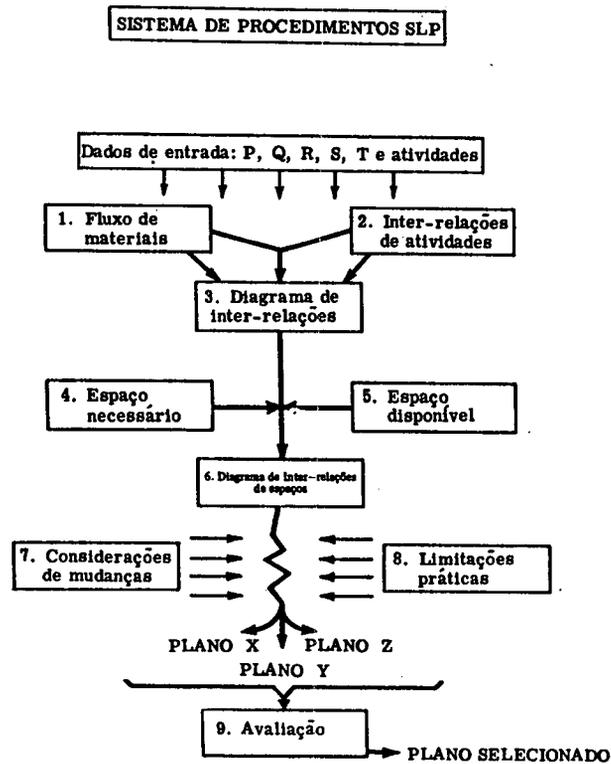


Figura 31: O Sistema SLP de RICHARD MUTHER (Reproduzido de MUTHER, 1978)

Seguindo a linha da utilização dos computadores na resolução dos problemas de arranjo físico, muita coisa tem sido desenvolvida principalmente no campo dos *sistemas especialistas*. Os chamados *expert systems* oferecem grandes possibilidades de pesquisa e aplicabilidade nesta área, por permitirem o

<sup>16</sup> Ver MUTHER (1978).

<sup>17</sup> Os dados básicos para a confecção de arranjos físicos, segundo MUTHER (1978), são:

- P: O que será produzido? (produto, material)
- Q: Em que quantidades cada item será produzido? (quantidade, volume)
- R: Como serão produzidos? (roteiro, processo)
- S: Em que serviços se apoiará a produção? (serviços de suporte)
- T: Quando serão produzidos os itens? (ritmo, tempo)

processamento de fatores qualitativos. Seguem dois exemplos encontrados na bibliografia. HERAGU e KUSIAK (1990) descrevem um sistema chamado de KBML (knowledge-based system for machine layout) que procura, através da combinação de enfoques relacionados com otimização e sistemas especialistas, resolver problemas de localização de máquinas a partir de fatores qualitativos e quantitativos. ABDON e DUTTA (1990) desenvolveram um sistema especialista destinado à definição de arranjos industriais a partir da consideração de combinações específicas de sistemas de fabricação e sistemas de manuseio e transporte de materiais; a base de conhecimento do sistema incorpora dados relacionados com seis fatores: variedade e quantidade de produtos, graus de flexibilidade, nível de automação, sistemas de manuseio de materiais, ritmo da produção e segurança no âmbito do processo.<sup>18</sup>

A definição do arranjo industrial básico deve partir da compatibilização entre os *fluxogramas de produção definidos no passo 3 (item 4.3)* e o(s) *tipo(s) de arranjo escolhido(s) no passo 5 (item 4.5)*, organizados a partir de uma *estrutura de fluxo consistente (ver figuras 32 e 33)* e segundo os *princípios definidos no item 4.7.1* e as *condicionantes explicitadas nos planos diretores*. Deve-se considerar, como foi dito no item anterior, o fato de que determinados objetivos definidos nos planos diretores podem se contrapor aos princípios do item 4.7.1; tais conflitos, por serem difíceis de serem traduzidos matematicamente, limitam a abordagem dos arranjos através dos métodos acima referenciados, transformando-os mais em técnicas de apoio à decisão em momentos específicos.

#### **4.8. Passo 8: Estudo dos Ciclos de Produção**

A partir da organização básica da planta industrial, pela definição do arranjo industrial básico a partir dos elementos do sistema de produção, deve-se partir para uma análise mais detalhada do funcionamento, da operação, da técnica de produção vinculada ao processo produtivo escolhido. Se a empresa já tem experiência com o tipo de processo, a tarefa é bastante simples; basta observar as unidades com o mesmo tipo de processo em funcionamento. Quando não há esta experiência, deve-se procurar observar, se possível, fábricas parecidas; se não for possível, o processo deve ser estudado teoricamente, pela análise das máquinas e equipamentos e suas relações.

Esta atividade serve ao propósito de que seja incorporada à análise uma visão dinâmica do processo produtivo, a fim de que a equipe de projeto (e os representantes dos vários setores da empresa que também a integram, principalmente os ligados à produção) se familiarize com as particularidades operacionais e possa considerá-las

<sup>18</sup> Merece aqui referência o artigo de LANSDOWN e ROAST (1987), que discute com objetividade as limitações e potencialidades dos sistemas especialistas nas atividades de apoio ao projeto.

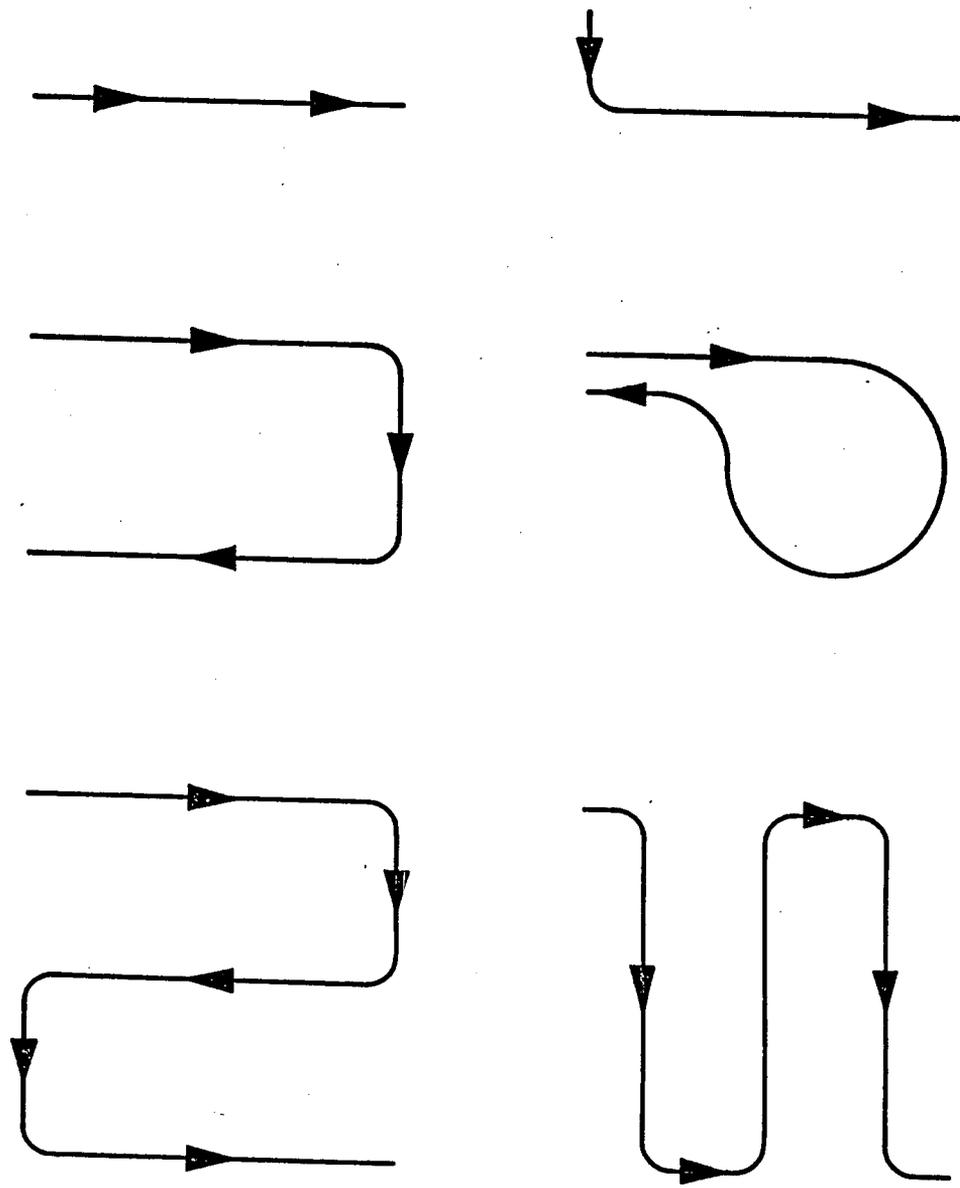


Figura 32: Os Tipos de Fluxo Industrial no Plano Horizontal  
 (Adaptado de HEREDIA, 1981 e OLIVERIO, 1985)

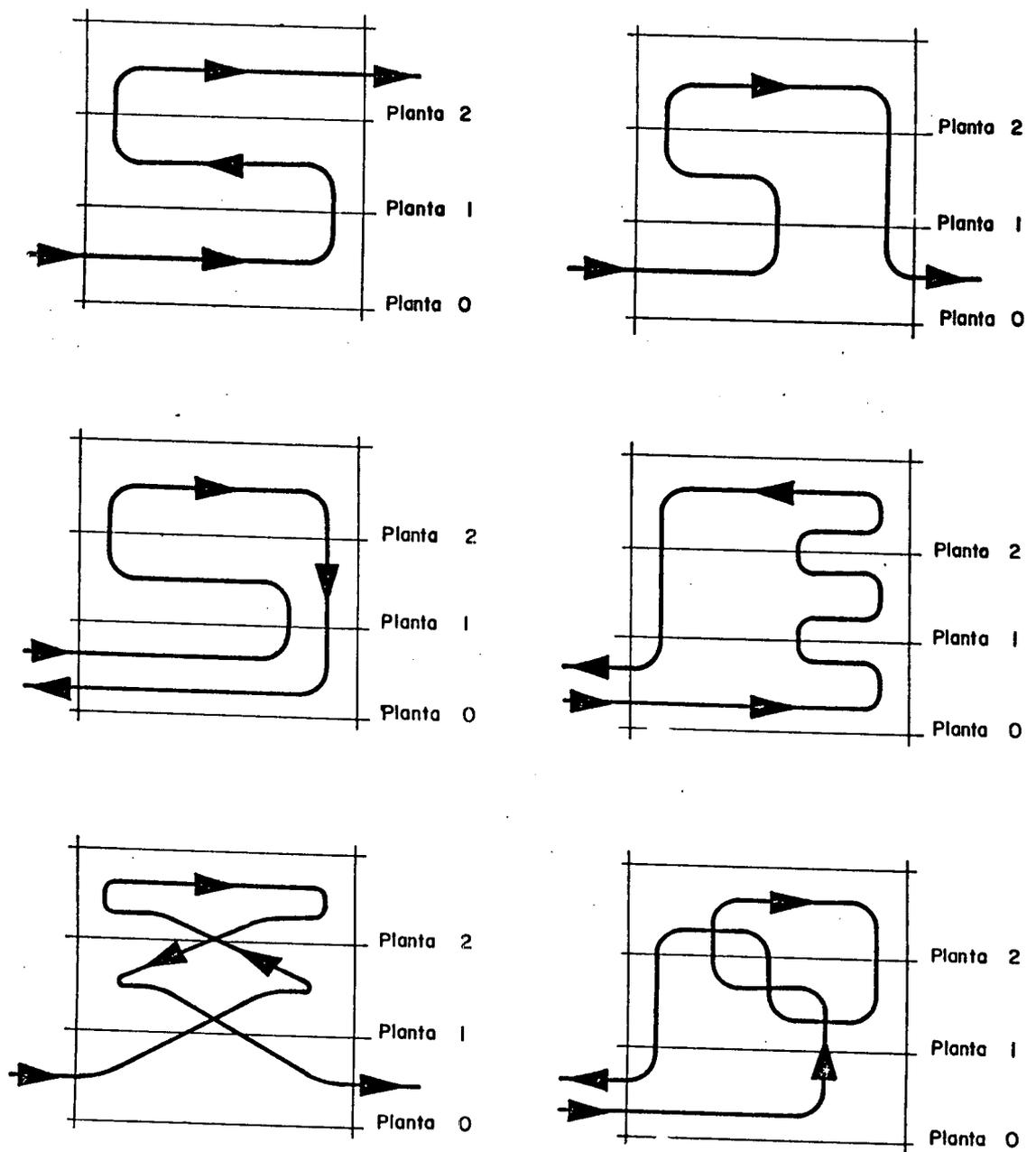


Figura 33: Os Tipos de Fluxo Industrial no Plano Vertical  
 (Adaptado de HEREDIA, 1981 e OLIVERIO, 1985)

no desenvolvimento do projeto da unidade industrial (através do estudo de melhorias, reformulações conceituais, etc.). *Esta visão dinâmica do processo está vinculada ao conhecimento dos seus ciclos de fabricação.*

O *ciclo de fabricação* representa o conjunto de operações responsáveis pela transformação de uma dada matéria-prima em um produto acabado. Esta matéria-prima, no entanto, pode ser um produto semi-acabado já produzido anteriormente através de um outro ciclo de fabricação dentro da empresa; da mesma forma, o produto final de um ciclo pode ser um semi-acabado destinado a servir de matéria-prima para outro ciclo. O conhecimento desta dinâmica é fundamental porque:

- verifica se os tipos de arranjo escolhidos (passo 5, item 4.6.5) atendem a esta dinâmica;
- avalia a adequabilidade da disposição de máquinas e equipamentos dentro dos arranjos escolhidos;
- define os meios que devem estar disponíveis em cada ponto do arranjo (meios de manuseio de materiais, sistemas auxiliares de alimentação, etc.);
- determina a necessidade de áreas de estocagem (de matérias-primas, semi-acabados, etc.) ao longo do processo produtivo;
- identifica, com mais precisão, a característica de cada atividade humana ao longo do processo.

O estudo dos ciclos de fabricação deve incorporar, tanto quanto isso possa ser possível nesta etapa do projeto, considerações relacionadas com o planejamento, programação e controle da produção (PCP). Como vimos no capítulo 3 (item 3.3), os diferentes sistemas de PCP demandam estruturas físicas diferenciadas, dado que definem, para toda a fábrica, fluxos de informações (ordens de produção e de compra) e de materiais (matérias-primas, semi-acabados, acabados) que terminam por estabelecer todas as relações intra-empresa (ver figura 34). Outra forma através da qual os sistemas de PCP influenciam a organização física se relaciona com as suas interfaces com os sistemas de produção:

- na *produção sob encomenda*, não há estoques prévios nem de matérias-primas e nem de produtos acabados; a produção é planejada apenas depois de recebido o pedido ou encomenda (neste caso, as necessidades de almoxarifados e depósitos é bastante reduzida e o nível de flexibilidade da instalação deve ser alto);
- na *produção por lotes*, os estoques de matérias-primas e produtos acabados são planejados em função de cada lote; a produção, do mesmo modo, é planejada em função de cada lote (neste caso, as necessidades de almoxarifados e depósitos são maiores que na

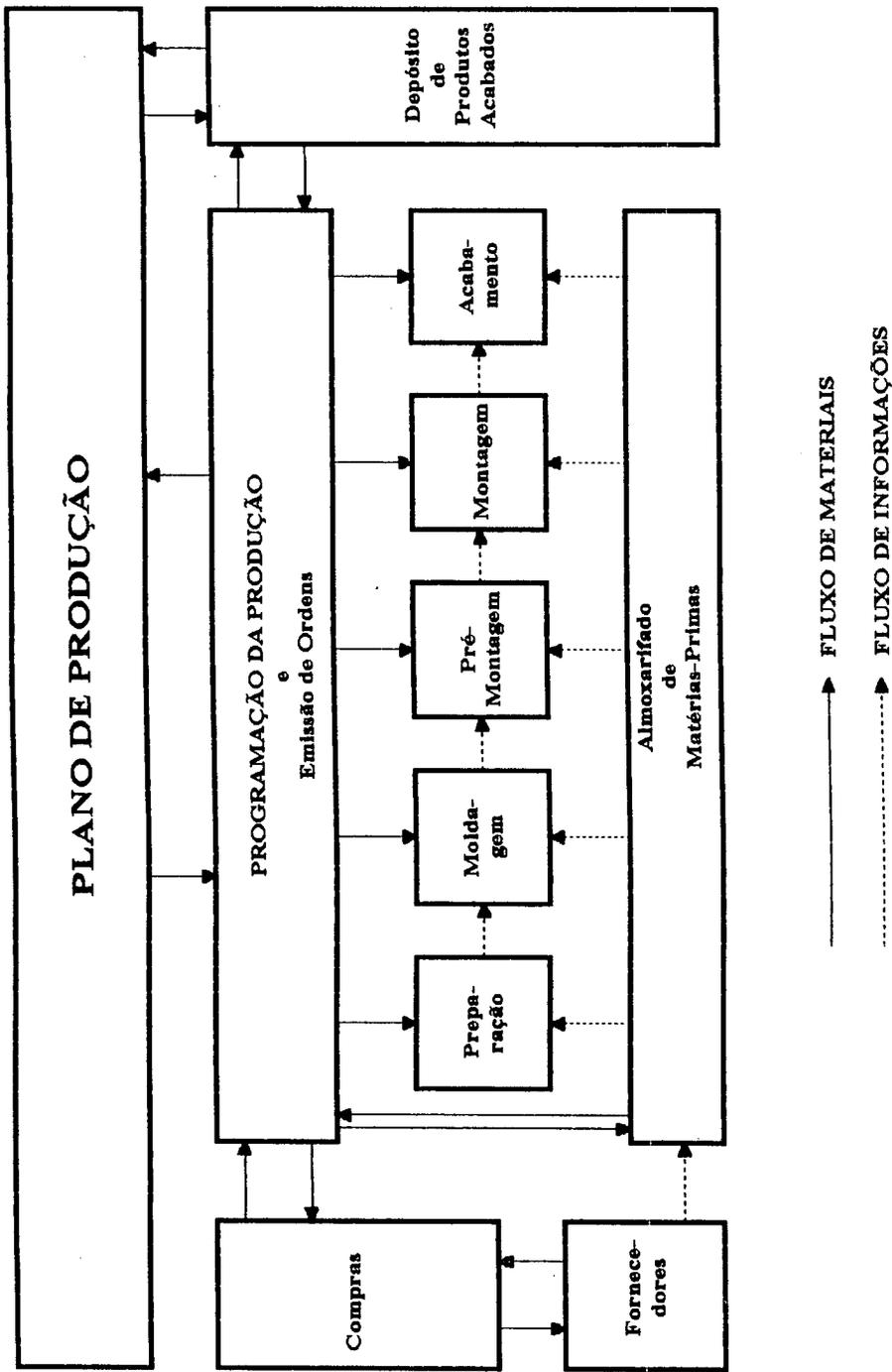


Figura 34: Os Fluxos de Informação e de Materiais definidos pela Programação da Produção (Adaptado de CHIAVENATO, 1990)

produção por encomenda, o nível de flexibilidade é alto e o tipo de arranjo industrial é normalmente o funcional);

- na *produção contínua*, os estoques de matérias-primas e produtos acabados são programados com antecedência; a produção, do mesmo modo, também é feita com antecedência (o nível de flexibilidade geralmente é baixo e o tipo de arranjo industrial é, normalmente, o linear).

Além dos sistemas anteriormente referidos, estão se viabilizando hoje sistemas mistos, que permitem a produção em massa de pequenos lotes de produtos. Com ações de redução do tempo e custo de reparação da máquina, passa a ser viável a produção de pequenos lotes. Conforme CORRÊA (1993):

*"Quanto menos relevantes os custos de preparação, menos relevantes as economias de escala e portanto a produção de lotes pequenos se torna praticamente tão econômica quanto a de lotes grandes. Isto faz com que se possam produzir quantidades menores (por produto) de grande variedade de diferentes produtos a custos comparáveis aos de produzir grandes quantidades (por produto) de um ou poucos tipos diferentes de produtos. Isto tudo providos os necessários níveis de capacidade e versatilidade dos equipamentos"* (p.26).

Como deve ter ficado claro, então, o conhecimento da dinâmica do processo produtivo determina aspectos importantes da organização física, estabelecendo relações funcionais, níveis de flexibilidade, adequação de arranjos específicos, etc. Todas estas informações são fundamentais para a gradativa conformação do empreendimento em função de que dão movimento, vida e dinâmica ao arranjo industrial básico (passo 7, item 4.7), permitindo integrá-lo a um conjunto maior de fatores intra-empresariais.

#### **4.9. Passo 9: Definição das Unidades de Apoio Industrial, Administrativas e de Apoio Administrativo**

Nesta etapa acontece, paralelamente, a definição dos três tipos restantes de unidades físicas funcionais de uma planta industrial: unidades de apoio industrial, unidades administrativas e unidades de apoio administrativo. Tais unidades possuem uma variabilidade muito grande de indústria para indústria, mas geralmente incluem:

- **unidades de apoio industrial:** depósitos de matérias-primas e produtos acabados, oficinas de manutenção, laboratórios;
- **unidades administrativas:** edifícios administrativos, portarias, etc.;
- **unidades de apoio administrativo:** refeitórios, vestiários, ambulatórios, centros de lazer, etc.

Estas unidades são definidas a partir de dados de caráter diferenciado. As unidades de apoio industrial nascem das condicionantes do próprio processo produtivo (requisitos de manutenção impostos pelas máquinas e equipamentos, características do sistema de produção, etc.). Já as unidades administrativas e de apoio administrativo são resultantes mais das características organizacionais da empresa e da maneira como ela entende a questão ambiente de trabalho e as relações empresa-empregado.

#### **4.10. Passo 10: Dimensionamento de Áreas**

A determinação da área total necessária para uma instalação industrial depende do agrupamento de dados relacionados a cada um dos grupos de unidades físicas definidas para a planta industrial. Estes grupos, como já visto, são cinco: **unidades industriais, de apoio industrial, auxiliares, administrativas e de apoio administrativo**. Ao longo do estudo do processo produtivo, cada um destes grupos é definido ao nível da enumeração das áreas em que se subdivirá; tais áreas são unidades delimitadas fisicamente ou organizacionalmente e que poderão, posteriormente, tornarem-se unidades isoladas (edifícios ou áreas físicas expostas ao tempo) ou partes de unidades maiores (partes de edifícios ou áreas físicas expostas ao tempo). Nesta etapa do projeto, todas estas áreas devem ser preliminarmente dimensionadas (pré-dimensionadas), a fim de possibilitarem a definição do **arranjo geral básico** (no passo 11) e permitirem o detalhamento do complexo industrial pelas disciplinas **urbanismo industrial** e **arquitetura industrial** (capítulos 5 e 6).

O dimensionamento de cada grupo de unidades dá-se por meio de dados e conceitos diferenciados. As **unidades industriais** (vinculadas diretamente ao processo produtivo), são quantificadas a partir dos espaços efetivamente ocupados pelas máquinas, equipamentos ou postos de trabalho, pelos espaços necessários para acesso operacional e pelas vias gerais de circulação. As **unidades de apoio industrial**, dada a sua diversidade (podem ser almoxarifados, oficinas ou laboratórios), são dimensionadas a partir de vários critérios diferenciados, ligados às especificidades de cada uma delas e à carga de produção da fábrica. As **unidades auxiliares** (vinculadas indiretamente ao processo produtivo), por serem normalmente sistemas autônomos fornecidos integralmente por um fornecedor (sistemas de ar

condicionado, sistemas de tratamento de água, etc.), são dimensionados a partir de requisitos determinados por este fornecedor. As *unidades administrativas* (edifícios ou áreas administrativas), se resolvem por critérios semelhantes aos de quaisquer outros tipos de edifícios de escritórios, vinculados ou não a uma planta industrial. As *unidades de apoio administrativo* também englobam grande diversidade (refeitórios, ambulatórios, vestiários, instalações para o lazer, etc.), mas seu dimensionamento também se dá através de critérios gerais, não relacionados necessariamente com o fato de estarem vinculados a uma fábrica. Além destes cinco tipos de unidades definidos, existe um sexto a ser considerado e que é traduzido pelo conjunto de áreas destinadas à circulação e interligação entre todas as unidades da planta industrial: são os *espaços externos*; os espaços externos, além de comportarem o sistema viário, englobam também todas as linhas de alimentação dos sistemas (interligação entre centrais e pontos de consumo).

*O pré-dimensionamento executado nesta etapa deve ser dirigido à definição das áreas mínimas necessárias para cada uma das unidades.* Partindo-se do critério da área mínima, estabelece-se um *programa de necessidades mínimo*; esta referência mínima é importante porque fornece à equipe de projeto a noção exata daquilo que é *estritamente necessário*, funcionalmente. Posteriormente, no desenvolvimento dos projetos destas unidades, poderão ser adotados outros critérios de dimensionamento (por exemplo, a empresa pode desejar fornecer a seus empregados maior conforto e segurança, ampliando os espaços de trabalho e as instalações ligadas ao lazer); no entanto, nestas composições posteriores estarão formalizados limites mínimos a serem observados. A seguir, o processo de pré-dimensionamento de cada grupo de unidades é descrito.

#### **4.10.1. Dimensionamento das Unidades Industriais**

As unidades industriais comportam o(s) processo(s) produtivo(s) e, em função disso, são dimensionadas a partir das configurações físicas e requisitos de máquinas, equipamentos, postos de trabalho e sistemas de manuseio e transporte de materiais. Um dimensionamento confiável, no entanto, *deve partir não apenas do somatório dos dimensionamentos de cada um dos elementos acima referidos; pelo contrário, deve partir de uma visão de conjunto, integrada, na qual as interrelações fiquem evidenciadas e os fluxos clarificados.* Máquinas, equipamentos e postos de trabalho devem estar articulados por circulações dimensionadas a partir das características do sistema de manuseio e transporte de materiais. Os acessos para as ações de reparação de máquina, manutenção e operação, devem ser previstos. Da mesma forma, devem ser considerados os aspectos organizacionais, de controle e supervisão. Como na visão sistêmica, a área total não se restringe à simples soma das partes.

Em função de tais exigências, o dimensionamento das unidades industriais envolve um trabalho interdisciplinar, integrado, e não se resolve pela mera quantificação de espaços ocupados pelo maquinário. Existem, no entanto, alguns métodos simplificados que podem balizar o dimensionamento de unidades industriais, fornecendo algumas referências básicas iniciais. Um destes métodos, o Método de Guerchet, por ser referenciado por um bom número de autores<sup>19</sup>, será aqui descrito.

O *método de GUERCHET* considera que a superfície total (S) de uma unidade industrial é a soma de três componentes: (a) *superfície estática (Se)*; (b) *superfície de gravitação (Sg)*; (c) *superfície de evolução (Sev)*. Assim,

$$S = Se + Sg + Sev$$

A *superfície estática (Se)* é a superfície efetivamente necessária ao posicionamento do elemento principal de produção: máquina, equipamento ou posto de trabalho. É obtida pelas medidas diretas do elemento, ou por dados de catálogo do fabricante. A *superfície de gravitação (Sg)* é a área de gravitação para circulação do operador junto à máquina, incluindo ainda as áreas ocupadas por matérias-primas e peças em processamento ao seu redor; é obtida da expressão  $Sg = Se \times N$ , onde N é o número de lados da máquina ou posto de trabalho que dão acesso ao operador (a superfície de gravitação, nestes termos, se aplica a equipamentos de porte médio ou menores; para os de grande porte deve ser definida caso a caso). A *superfície de evolução (Sev)* é a superfície a ser utilizada para a movimentação e acesso ao centro de produção, sendo obtida pela expressão:  $Sev = (Se + Sg) \times K$  (a superfície de evolução corresponde à soma das áreas para acesso do operador, acesso para manutenção e acesso para meios de transporte); K é um valor específico, definido a partir da função e finalidade da instalação, sendo preferivelmente obtido de instalações já existentes. A lista abaixo estabelece alguns valores de K para casos particulares:

- *mecânica pesada com utilização de pontes-rolantes para o manuseio de materiais*: 0,05 a 0,15;
- *linhas de montagem com movimentação por transportador mecânico*: 0,10 a 0,25;
- *fiação*: 0,05 a 0,25;
- *tecelagem*: 0,50 a 1,00;
- *indústria mecânica de precisão*: 0,75 a 1,00;
- *joalheria, relojoaria*: 0,75 a 1,00;
- *indústria mecânica leve*: 1,50 a 2,00;
- *indústria mecânica em geral (oficinas)*: 2,00 a 3,00.

<sup>19</sup> Ver OLIVERIO (1985), p. 277 e VALLE (1975), p. 85.

Um outro modo de estabelecer idéias gerais de dimensionamento é adotar índices disponíveis em literaturas técnicas ou definidos por experiências práticas; tais índices, no entanto, têm função mais orientativa. Como exemplos, VALLE (1975) diz que a relação entre a área ocupada por equipamentos e a área total da planta industrial varia entre 1:3 e 1:6 (variação esta devida ao tipo de indústria, aos tipos de equipamentos e ao tipo de arranjo físico); OLIVERIO (1985) faz referência a padrões adotados por manuais americanos, que definem genericamente a área total da fábrica como sendo cinco vezes a soma total das áreas cobertas (visando transportes, expansões, comunicação com o exterior, etc.).

Deve-se, por fim, enfatizar o caráter de suporte dos métodos e índices (alguns dos quais acima referenciados). O dimensionamento das unidades industriais, como foi dito no início deste item, deve ser definido a partir de uma visão ampla e interdisciplinar do problema.

#### **4.10.2 Dimensionamento das Unidades de Apoio industrial**

Para o grupo das unidades de apoio industrial, o dimensionamento se faz a partir das características de cada instalação, dado que incorporam uma diversidade muito grande de especificidades. Os exemplos a seguir ilustram esta diversidade.

No caso de *oficinas de manutenção*, a abordagem é a mesma definida para as unidades industriais (item anterior), dado que também são unidades produtivas, só que em menor escala.

Para os *almoxarifados e depósitos*, o dimensionamento está diretamente relacionado com: (a) as características do produto a armazenar; (b) o sistema de armazenagem adotado (manual, mecanizado, automatizado); (c) o nível de estoques desejado, determinado pelo planejamento da produção.

Já os *laboratórios* podem estar destinados, dentro de uma fábrica, à análise e controle de uma gama bastante variada de elementos. Por exemplo, podem funcionar no sentido de verificar as condições físico-químicas dos insumos de produção (matérias-primas, água, combustíveis, etc.) ou diretamente vinculados ao processo produtivo, formulando composições químicas vinculadas ao produto. Os laboratórios podem, ainda, estar ligados ao controle e monitoramento dos efluentes contaminados da fábrica. Enfim, os laboratórios possuem uma diversidade de funções e de porte que obrigam uma análise caso a caso, junto aos especialistas no assunto.

#### **4.10.3 Dimensionamento das Unidades Auxiliares**

As *unidades auxiliares* destinam-se a alimentar o processo produtivo, dotando-o de todas as utilidades necessárias ao seu funcionamento. Neste sentido

engloba todas as instalações definidas no passo 6 (item 4.6). As unidades auxiliares geralmente representam sistemas integralmente fornecidos, cada um, por um só fornecedor, cabendo a este fornecedor a entrega de manuais de operação, bem como a definição das características e requisitos de implantação destes sistemas. Áreas de acesso para manutenção e operação e distâncias mínimas de segurança entre as centrais são aspectos que devem ser levantados para a definição do dimensionamento. Assim, dimensionar as unidades auxiliares significa trabalhar de maneira coordenada com os seus fabricantes/fornecedores.

#### **4.10.4 Dimensionamento das Unidades Administrativas**

As *unidades administrativas* são basicamente *áreas de escritórios destinadas a comportar as funções administrativas da empresa*. Tais funções administrativas diferem muito pouco das atividades de escritório ligadas a outros empreendimentos industriais, fazendo com que os critérios de dimensionamento sejam os mesmos. Tais critérios de dimensionamento são independentes das características do processo (a não ser naquilo que se relaciona com sua influência na definição do contingente de pessoas na planta industrial) e se consubstanciam em relações funcionais e dimensionais definidas no âmbito das filosofias organizacionais, das questões ligadas à organização e métodos, da arquitetura de escritórios, etc., fugindo ao enfoque e objetivo deste trabalho. Pode-se dizer, no entanto, que o seu dimensionamento basicamente se dá pela definição de índices de ocupação (metros quadrados/pessoa) diferenciados para cada tipo de função (técnica, administrativa, etc.); tais índices de ocupação são definidos também, a partir do conceito espacial adotado (se planta livre, se subdivido por divisórias, etc.). Por fim vale lembrar que, acoplados às áreas administrativas, podem estar várias instalações de apoio, tais como auditórios, copas de serviço, arquivos de documentos, bibliotecas, etc.

#### **4.10.5 Dimensionamento das Unidades de Apoio Administrativo**

Tudo o que foi dito para as áreas administrativas vale para as unidades de apoio administrativo. Refeitórios, áreas de lazer e ambulatorios possuem critérios próprios de dimensionamento e concepção (alguns até definidos em normas) que os tornam funcionalmente iguais ou muito similares em qualquer situação, e que foge aos objetivos deste trabalho detalhá-los. Apenas como ilustração, os refeitórios costumam ser dimensionados a partir do número de refeições fornecidas e da composição de cardápio definida (cardápios dirigidos a trabalhadores braçais diferem muito dos dirigidos a trabalhadores de escritório, por exemplo); um refeitório pode trabalhar em turnos, pode estar preparado para fornecer refeições de vários tipos (lanches, refeições completas, etc.) e em várias horas diferentes.

#### 4.11. Passo 11: Definição do Plano de Movimentação de Materiais

Depois da definição dos fluxos, operações e instalações envolvidas com o processamento industrial, deve ser esboçado, com o grau de detalhamento maior possível, o plano de movimentação de materiais. Grande parte das atividades industriais exigem o transporte de matérias-primas, produtos e máquinas (devido à manutenção ou remanejamento de arranjo) em proporções inadequadas ao manuseio humano, demandando a instalação de equipamentos especialmente destinados a esta função. Dada a importância que assumem no âmbito operacional e funcional das instalações físicas industriais, estes equipamentos devem ser cuidadosamente estudados com o fim de que possam executar sua função sem interferências. Usualmente, os sistemas de movimentação objetivam:

- *redução do esforço humano;*
- *movimentação mais segura, sem acidentes e danos;*
- *redução do custo de movimentação de materiais;*
- *aumento da produção e capacidade de estocagem* (podem ser viabilizadas alternativas de estocagem em grandes alturas, por exemplo);
- *redução de área* (como tais equipamentos podem ser posicionados sobre as áreas produtivas, permitem a redução de distâncias e das dimensões em planta da instalação).

Há hoje uma quantidade muito grande de alternativas para a especificação de sistemas de movimentação industrial. De modo geral, no entanto, a escolha deve considerar:

- *características físicas e ambientais da instalação;*
- *características do material a ser transportado* (conformação físico-dimENSIONAL, peso, porte, etc.);
- *exigências especiais de movimento;*
- *exigências gerais de fluxo;*
- *capacidade do sistema* (equipamento).

Segundo MOURA (1982), existem cinco tipos básicos de equipamentos de movimentação de materiais:

- *veículos industriais:* carrinhos industriais, empilhadeiras, poliguindastes, etc.;
- *equipamentos de elevação e transporte:* pontes rolantes, guindastes, elevadores, talhas, etc.;

- *transportadores contínuos*: correias transportadoras, rampas ou calhas, etc.;
- *recipientes e unitizadores*: caixas, caçambas, paletes, containers, etc.;
- *estruturas de estocagem*: silos, tanques, estanterias, estruturas porta-paletes, etc.

Cada um destes sistemas possui características e exigências diferenciadas, mas sempre de grande relevância para o projeto das instalações físicas, dado que a eles podem estar vinculadas:

- *necessidades especiais de dimensionamento estrutural dos edifícios*: pontes rolantes com grande capacidade de movimentação transferem grandes solicitações aos pilares, por exemplo;
- *necessidades especiais de dimensionamento espacial*: determinados sistemas exigem circulações mais espaçosas, como as empilhadeiras;
- *necessidades especiais de segurança*: o funcionamento de alguns destes sistemas pode gerar ações inseguras para pessoas e processo, associadas à movimentação de algumas de suas partes (guindastes, pontes rolantes, talhas).

Por todas as razões expostas, o plano de movimentação de materiais deve ser já neste ponto delineado, a fim de que seja efetivamente considerado na confecção do *arranjo geral industrial* (próximo passo).

#### **4.12. Passo 12: Definição do Programa de Necessidades e Arranjo Geral Básico**

O passo final do estudo do processo produtivo deve ser o do agrupamento de todas as condicionantes, características e especificações feitas ao longo dos onze passos anteriores. Esta grande ordenação de dados se destina a fornecer todos os subsídios para o desenvolvimento do projeto detalhado da planta industrial, executado pelas disciplinas urbanismo industrial e arquitetura industrial. Tais dados, nesta etapa, devem ser agrupados em dois documentos diferenciados: (a) *o programa de necessidades*; (b) *o arranjo geral básico*.

O *programa de necessidades* descreve as características que o empreendimento deve incorporar ao longo das etapas posteriores, definindo requisitos obrigatórios e desejáveis de projeto. Deve ser composto pelas seguintes informações:

- *pré-dimensionamento das instalações componentes;*
- *requisitos construtivos relacionados com o processo;*
- *interrelações funcionais obrigatórias, desejáveis e indesejáveis;*
- *condicionantes operacionais e de manutenção relacionadas com a dinâmica do processo.*

O *arranjo geral básico* já foi discutido no item 4.7 (quando foi abordado conjuntamente com o arranjo industrial básico), mas vale lembrar que se consubstancia no arranjo geral de todas as instalações/unidades envolvidas sobre o terreno (que neste ponto já deve ter sido escolhido). É um plano mestre que serve de base para o desenvolvimento dos projetos e para a definição do *arranjo definitivo do empreendimento*; esta definição do arranjo geral definitivo se dará a partir do cruzamento do *arranjo geral básico*, que incorpora as questões vinculadas ao processo e dimensionamento da planta, com o *plano de zoneamento do plano diretor específico* (PDE), que trata de questões mais amplas e de relacionamento da empresa com o meio externo.

#### **4.13. Interfaces Gerais**

As interfaces do estudo do processo industrial dão-se, como explicitado no início deste capítulo, com todos os componentes do projeto industrial, podendo ser caracterizado como uma *ligação* entre as etapas que mexem com *informações estratégicas, conceituais, não fisicamente traduzíveis* (estudos de posicionamento, viabilidade, etc.), e as etapas que manipulam *informações projetuais, especificatórias, fisicamente traduzíveis* (projetos básico e executivo, construção). Por esta razão, ocupam posição central e conformadora no processo de concepção dos espaços físicos industriais. Sua efetividade se relaciona com a correta manipulação das informações a ele destinadas (conceituais, estratégicas) e com a sua perfeita tradução em condicionantes de projeto (objetivas, específicas) para as etapas seguintes.

## CAPÍTULO 5

### A INSERÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO INDUSTRIAL O Urbanismo Industrial

Segundo o dicionário AURÉLIO, *urbanismo* "(...) é o estudo sistematizado e interdisciplinar das cidades e da questão urbana, e que inclui o conjunto de medidas técnicas, econômicas e sociais necessárias ao desenvolvimento racional e humano delas". Por extensão e analogia podemos dizer que o *urbanismo industrial* representa o mesmo em relação à indústria. Da mesma forma que o urbanismo se relaciona com o conjunto de conhecimentos necessários para o estudo da criação e desenvolvimento das cidades, o urbanismo industrial pode ser caracterizado como o conjunto de conhecimentos necessários ao estudo da criação e desenvolvimento de zonas e complexos industriais.

Dentro de tais limites, o urbanismo industrial abrange preocupações de duas ordens. A primeira delas relacionada com a *implantação da indústria dentro de uma determinada região ou unidade geográfica*, configurada na atividade hoje conhecida como *localização industrial*; neste nível, os estudos dão-se em duas escalas diferenciadas, abordando a *macro e a micro-localização*, e geralmente se dão paralelamente aos estudos de viabilidade do empreendimento ou, no máximo, nas etapas bem preliminares da fase de projeto. A segunda delas, mais próxima da atividade produtiva propriamente dita, relaciona-se com a *configuração e detalhamento da unidade*; neste nível, os estudos dão-se paralelamente ao detalhamento das linhas de produção, dos edifícios e dos serviços de apoio, servindo como um articulador geral dos recursos físicos. Pode-se dizer, então, que o primeiro conjunto de preocupações se refere à definição de uma localização a *nível regional* (região do país, estado ou parcela geográfica com características comuns) e *nível local* (cidade ou parcela geográfica da cidade); já o segundo se relaciona com a *definição do terreno* a ser utilizado e com o *detalhamento urbanístico* da área escolhida (disposição das instalações no terreno, definição de sistema viário, interfaces com as linhas de infra-estrutura do local, relações entre as conformações físicas da fábrica e do entorno, etc.).

Tais delimitações não trazem muita coisa nova quando tratadas de maneira compartimentada ou isolada. Na verdade, a disciplina *urbanismo industrial* deve constituir-se em um sistema de múltiplos elementos interrelacionados e integrados entre si, dirigidos à harmonização de ações ligadas ao desenvolvimento industrial, *tanto naquilo que interessa à empresa como empreendedora quanto naquilo que*

*interessa ao poder público como promotor do bem comum.* Seu perfil delineia-se a partir de um enfoque sistêmico, baseado no estudo das relações entre as unidades produtivas e o meio no qual se inserem. E que meio é este ? Primariamente, o meio que confere finalidade ao sistema urbanismo industrial é a própria *sociedade*. Assim, *qualquer estudo ou projeto vinculado ao urbanismo industrial deve estar dirigido pela busca da harmonização com aquilo que demanda ou caracteriza a sociedade.*

No caso da implantação de uma indústria, esta busca pela harmonização entre iniciativa empresarial e sociedade deve dar-se a partir da consideração do complexo de relações que se estabelecem entre ambos. Uma das formas de considerar este complexo de relações é definindo os contornos do empreendimento a partir da análise das *características de seu entorno*. Olhando o problema do ponto de vista empresarial, esta consideração do entorno possui inúmeras motivações ligadas ao sucesso do empreendimento. Primeiramente, a sociedade está crescentemente se conscientizando da importância do *controle ambiental* e da *preservação de suas características culturais*, passando a valorizar muito as iniciativas empresariais que, na prática, se comprometem com a questão de preservação destes elementos. Outra motivação é a da viabilização de um *crescimento ordenado, auto-sustentado*, só possível a partir de uma visualização mais ampla do entorno; neste sentido, a definição de estratégias compatibilizadas com o *planejamento institucional formal* da região favorecem a *utilização racional dos recursos* e a *diversificação da estrutura econômica local*, fatores estes que levam à dinamização e ao crescimento regional, retornando para a empresa industrial na forma do fortalecimento de demandas e da imagem, enfim, *vantagens competitivas*.

Esta parte do trabalho está dedicada à estruturação do urbanismo industrial como um conjunto de estudos integrados a uma visão mais abrangente de entorno e meio-ambiente, conforme explicitado adiante.

## **5.1. Localização, Inserção e Estratégia**

Ao longo dos anos, as questões relacionadas com a implantação de uma fábrica em um determinado local estiveram sempre muito ligadas às *teorias clássicas positivistas de localização industrial*. Tais teorias abordavam o problema de definir um local para a indústria, a partir de um *equacionamento geométrico-matemático* que visava, em última análise, a *otimização de um número limitado de fatores de produção*. Dentro de uma ótica eminentemente econômica, a análise se resumia em compor alternativas de localização que apresentassem *composições de custos de produção minimizados*.

O tempo passou, o mundo mudou, e hoje a dominância das teorias econômicas de localização está sendo corroída pela sua própria incapacidade de incorporar a complexidade crescente do problema. Há hoje, no mundo, uma visão diferente de espaço e ambiente, que traz para o âmbito da análise da localização industrial novas exigências, novas condicionantes, novos requisitos de projeto. Não basta mais apenas definir onde *localizar*, é preciso também saber como *inserir* adequadamente o empreendimento. Da mesma forma que a atividade empresarial teve de se dinamizar, abandonando o planejamento de longo prazo e adotando posturas dinâmicas, estratégicas, também a análise da localização deve transitar no sentido de se incorporar a esta evolução.

O primeiro passo, para isso, é assumir que vivemos em um mundo que, por circunstâncias diversas, passou a preocupar-se crescentemente com os *impactos ambientais*, considerados não apenas enquanto agressões ao meio biogeoquímico, mas também como agressões ao meio sócio-econômico (ver figura 35). A idéia de meio-ambiente hoje, está ligada não apenas a uma ecologia ambiental, mas também a uma ecologia das relações sociais e a uma ecologia da subjetividade humana<sup>1</sup>. No âmbito de um empreendimento industrial, cabe considerar tal realidade na busca do crescimento auto-sustentável, ou seja, na busca de um relacionamento harmônico entre indústria e meio; relacionamento no qual a empresa industrial passa de agente meramente extrativista em relação aos recursos locais e regionais para um co-partícipe de um processo de preservação e renovação destes recursos.

São tais aspectos que, conjuntamente com a insuficiência da abordagem das teorias clássicas, sugerem a utilização não da palavra *localização* mas da palavra *inserção* para caracterizar o processo mais amplo de selecionar um local e nele implantar uma unidade produtiva. *As teorias localizacionais, por isolarem o problema, voltando as costas para qualquer idéia de entorno, passam a ter validade mais como técnicas de apoio ao processo do que como instrumentos efetivos de análise.*

---

<sup>1</sup> GUATTARI (1991) defende a existência de três ecologias (do meio-ambiente, das relações sociais e da subjetividade humana), quando analisa a progressiva degradação do mundo em que vivemos. "As formações políticas e as instâncias executivas parecem totalmente incapazes de apreender essa problemática no conjunto de suas implicações. Apesar de estarem começando a tomar uma consciência parcial dos perigos mais evidentes que ameaçam o meio-ambiente natural de nossas sociedades, elas geralmente se contentam em abordar o campo dos danos industriais e, ainda assim, unicamente numa perspectiva tecnocrática, ao passo que só uma articulação ético-política - a que chamo ecosofia - entre os três registros ecológicos (o do meio-ambiente, o das relações sociais e o da subjetividade humana) é que poderia esclarecer convenientemente tais questões" (p.8).

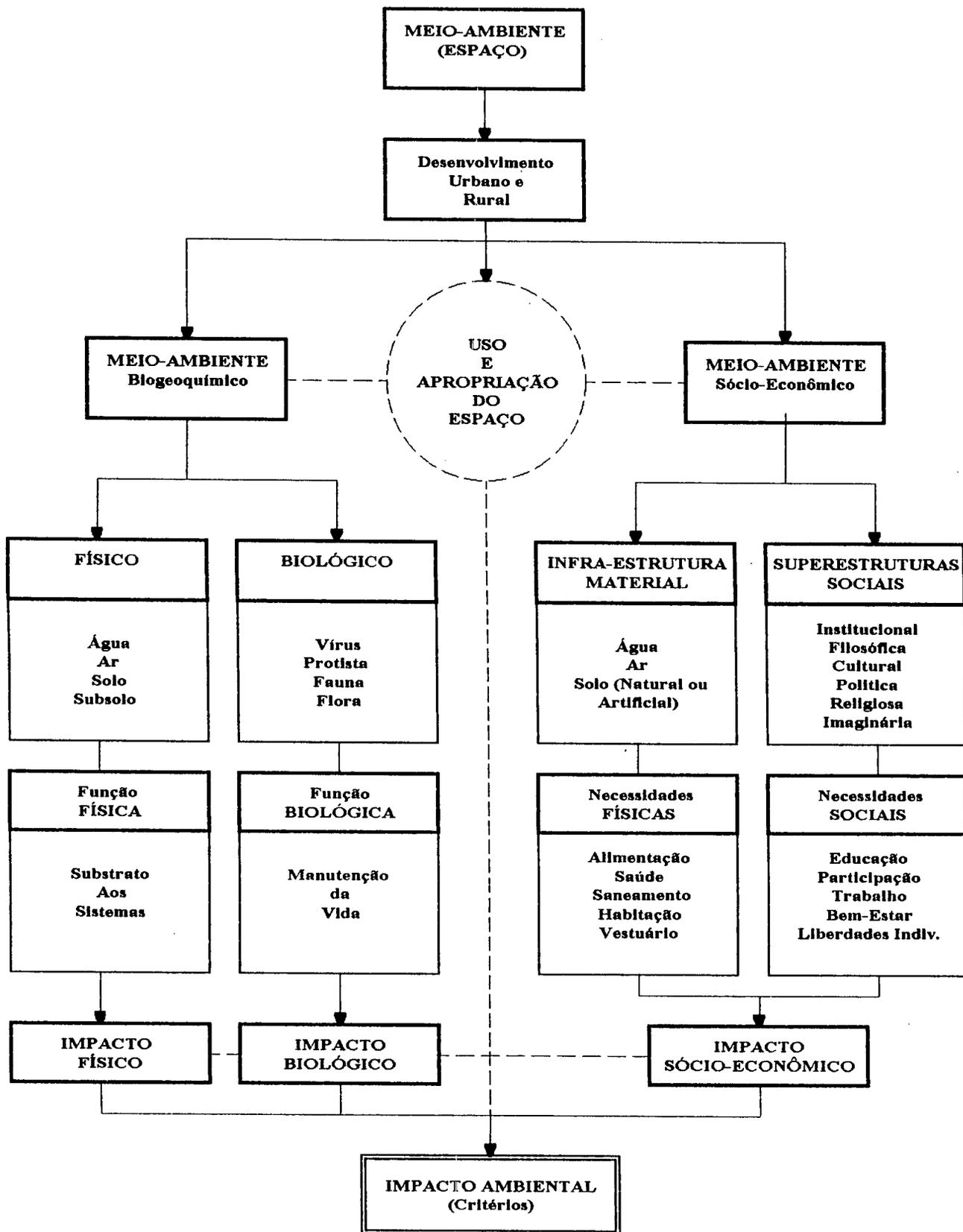


Figura 35: A Abrangência do Conceito de Meio-Ambiente (Adaptado de ROHDE, 1992)

## 5.2. Uma Visão Geral do Estudo

Os estudos e decisões relacionados com o urbanismo industrial, ao longo de um projeto industrial, assumem características que se conciliam com um largo espectro de situações. Inicialmente, são abordadas questões estratégicas, de caráter conceitual e de intenso relacionamento com as políticas institucionais de desenvolvimento e com o planejamento regional; nesta fase o planejamento logístico da empresa se coaduna com o planejamento territorial, fazendo com que as estratégias da empresa se compatibilizem com os programas de desenvolvimento regionais. Durante o desenvolvimento do projeto industrial as questões urbanísticas gradativamente deixam o campo conceitual, transitam para a materialização do empreendimento e, ao final, se restringem ao detalhamento urbanístico do complexo, quando interagem intensamente com o processo produtivo e as demais instalações físicas. Pode-se dizer então que o urbanismo industrial possui uma fase inicial de intensa proximidade com o que demanda a alta administração (usualmente a partir de suas estratégias e do plano diretor geral) e que ao final esta proximidade se transfere para os setores operacionais; as questões iniciais se relacionam com a vida da empresa a médio e longo prazo e as finais com a vida da empresa a curto prazo.

A partir das considerações até aqui desenvolvidas, pode-se dizer que o problema da inserção de uma unidade industrial é resolvido a partir de um grande processo de intermediação entre *condicionantes objetivas* (os fatores de localização das teorias clássicas), *condicionantes estratégicas empresariais* (ligadas ao planejamento logístico e desenvolvimento sustentado), *condicionantes estratégicas institucionais* (políticas e planos de desenvolvimento regional) e *condicionantes ambientais de caráter físico-sócio-econômico-cultural* (que afetam predominantemente o processo como um todo). Esta grande conciliação de condicionantes está esquematizada na figura 36. Pela observação da figura pode-se perceber que o urbanismo industrial não foi aqui organizado como um seqüenciamento de passos, na forma como o foi o estudo do processo industrial (figura 23) e como o será a arquitetura industrial (figura 40); isto deve-se ao fato de que a complexidade e abrangência do urbanismo industrial ficam melhor caracterizados por meio de uma grande conciliação de fatores intra e extra-empresa. Os passos de trabalho definidos a seguir servem mais ao propósito de delimitar escalas de abordagem, do que estabelecer uma cronologia.

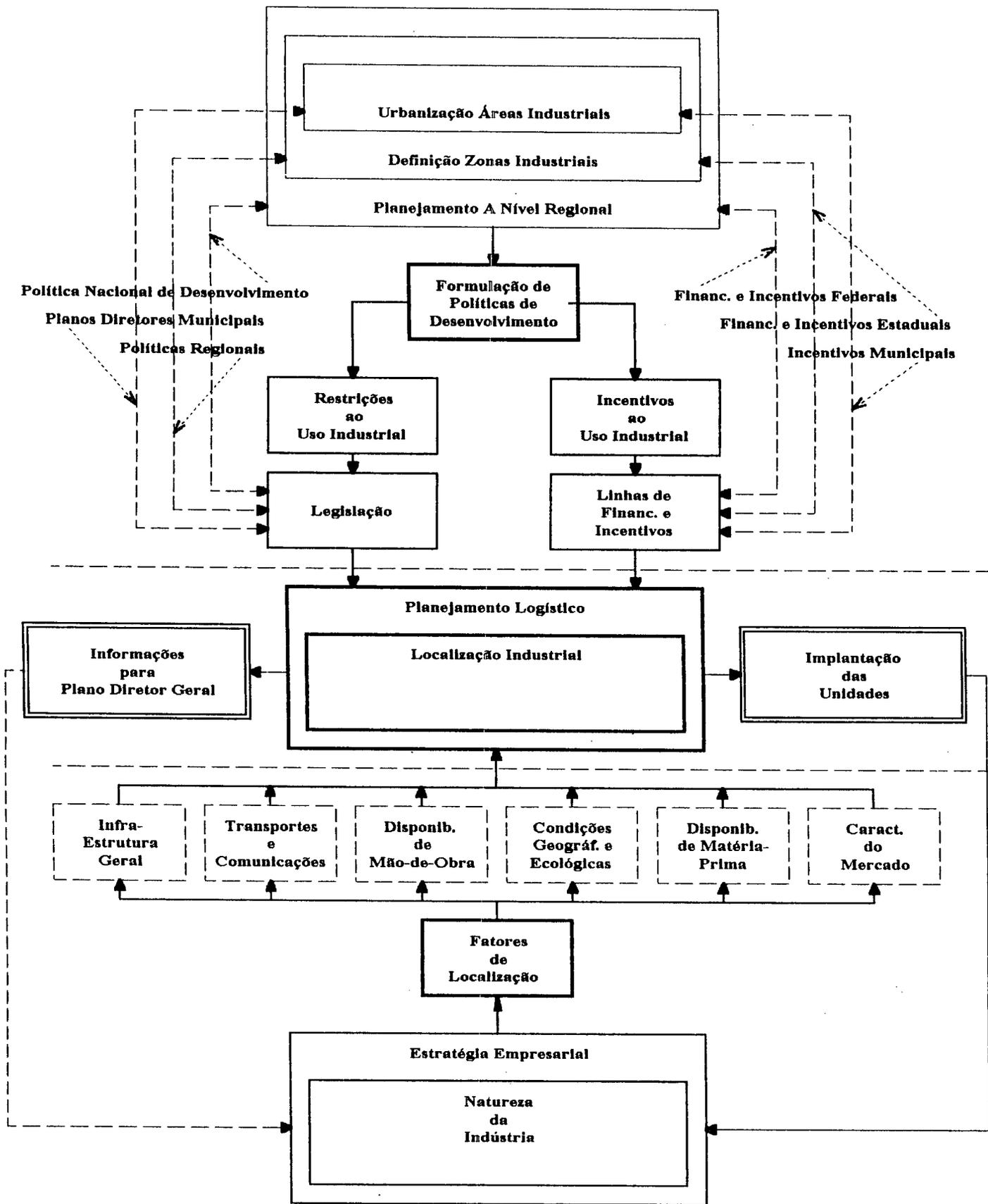


Figura 36: A Conciliação de Condicionantes do Urbanismo Industrial

### **5.3. Passo 1: Definição de Condicionantes (Requisitos de Projeto)**

Dada a amplitude da questão urbanismo industrial, que envolve etapas com diferenciados níveis de envolvimento e detalhamento, a definição de suas condicionantes deve ser feita também segundo níveis diferenciados.

Para os *passos 2 (macro-localização)* e *3 (micro-localização)*, tais condicionantes devem se estruturar a partir da abordagem e classificação definidas no item anterior, ou seja, organizadas de forma a incorporar ao projeto do empreendimento a complexidade da inserção industrial. Assim, subdividem-se em:

- *condicionantes objetivas*: aqui designando os fatores de localização clássicos e a abordagem geométrico-dimensional das teorias positivistas (utilizadas como apoio ao processo);
- *condicionantes estratégicas empresariais*: as intenções da empresa olhadas no âmbito da sua organização física interna e no âmbito da viabilização de relacionamentos harmônicos e desenvolvimento sustentado;
- *condicionantes estratégicas institucionais*: as intenções do poder público no âmbito de interesse comum, do equilíbrio e justiça sociais;
- *condicionantes de caráter físico-sócio-econômico-cultural*: características do meio naturalmente constituído e socialmente conformado, impondo restrições e requisitos à ocupação do espaço.

Para o *passo 4 (urbanização dos complexos industriais)*, as condicionantes relacionam-se a uma escala menor, de caráter operacional, vinculadas a requisitos definidos principalmente pelo processo industrial e destinados à organização e ao detalhamento construtivo do espaço físico externo das áreas industriais. Tais condicionantes se relacionam com:

- *características físicas do terreno e entorno* (topografia, vegetação, subsolo, etc.);
- *características do entorno em termos de seu patrimônio ambiental e cultural*;
- *características do entorno em termos do seu sistema viário e infra-estrutura*;

- *imposições de legislações* (tanto relacionadas com a ocupação espacial da cidade quanto com o manuseio de determinadas tecnologias);
- *características das edificações e instalações a serem implantadas;*
- *condições gerais de implantação das edificações e sistemas auxiliares* (interrelações funcionais definidas pelo processo industrial e pela estrutura organizacional da empresa);
- *características dos planos de manutenção e operação da planta industrial;*
- *operacionalização geral:* definição de condicionantes operacionais gerais relacionadas com o funcionamento da planta (envolve critérios de acesso às instalações, interrelação entre as unidades industriais, administrativas, etc.);
- *meio-ambiente:* definição da postura da empresa diante das necessidades de proteção ao meio-ambiente, de viabilização de um crescimento sustentado e da concretização de um relacionamento harmônico com a sociedade.
- *especificação geral de sistemas, materiais e procedimentos construtivos:* usualmente empresas com muitas unidades descentralizadas lançam mão de um *caderno geral de encargos* (ver item 3.3, *condicionantes de manutenibilidade*) no qual estabelecem características gerais para a especificação de materiais, sistemas construtivos e procedimentos de execução (visando padronização ao nível de todas estas unidades).

O primeiro grupo de condicionantes (destinado a macro e micro-localização) deve ser em grande parte e naquilo que compete à empresa explicitado no plano diretor geral (PDG). O segundo grupo (destinado à urbanização das áreas), por sua vez, é contemplado no plano diretor específico da unidade industrial (PDE).

## 5.4. Passo 2: Planejamento A Nível Regional (Macro-Localização)

### 5.4.1. O Planejamento Regional e A Estratégia Empresarial

O *planejamento regional* representa um novo enfoque dos problemas do urbanismo; considera a região não como uma organização político-administrativa, mas sim como uma região natural constituída ou por razões geográficas ou por razões sócio-econômicas. Neste sentido representa uma contraposição ao planejamento de nível municipal, largamente utilizado como instrumento da planificação territorial e, por extensão, da planificação industrial. *Ao focar o problema a partir de um âmbito maior, o planejamento regional permite que se evite a anarquia das implantações industriais, evitando as descontinuidades de ocupação territorial, comuns de município para município.* O enfoque regional potencializa as políticas de desenvolvimento, viabilizando os equilíbrios regionais e potencializando os investimentos privados, dado que permite às suas indústrias uma localização que seja mais lógica, produtiva e articulada a visão de meio-ambiente mais ampla, nos termos já referenciados anteriormente.

Assim, a exemplo do planejamento estratégico no âmbito das empresas, o *planejamento regional permite substituir uma planificação estática por uma metodologia dinâmica* que, considerando o controle das tendências e do desenvolvimento econômico, político e social de cada região ou núcleo urbano, permite revisões periódicas dos planos e projetos de atuação urbanística a partir das mudanças produzidas. Tais revisões afetam inclusive os fatores tecnológicos que determinam a produção industrial (ver item 4.2), permitindo assim compatibilizar o desenvolvimento com o equilíbrio regional e, por extensão, com a eficácia do sistema sócio-econômico. Esta planificação dinâmica pode ser representada esquematicamente como na figura 37 e se consubstancia na reciprocidade existente entre a realidade e o plano, ou a realidade e seus respectivos planos. Como se pode ver, entre a realidade sob planejamento, sempre complexa e em contínua mudança, e o plano, estabelece-se uma reciprocidade de relações, de tal forma que o plano P1 elaborado num período t1 influirá na realidade R1, sendo responsável por muitas de suas mudanças até torná-la R2, num período t2; os desvios observados entre R2 e P1 (nova realidade e seu plano) através de operações de controle, avaliação, revisão e atualização levarão P1 a se tornar P2; esse plano P2 correspondente ao estado real do sistema R2 ajudará a provocar mudanças em R2 tornando-a, num período t3, P3. E assim o processo vai caminhando no tempo, realidade e plano reciprocamente se influenciando<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Ver FERRARI (1979), p.170-171.

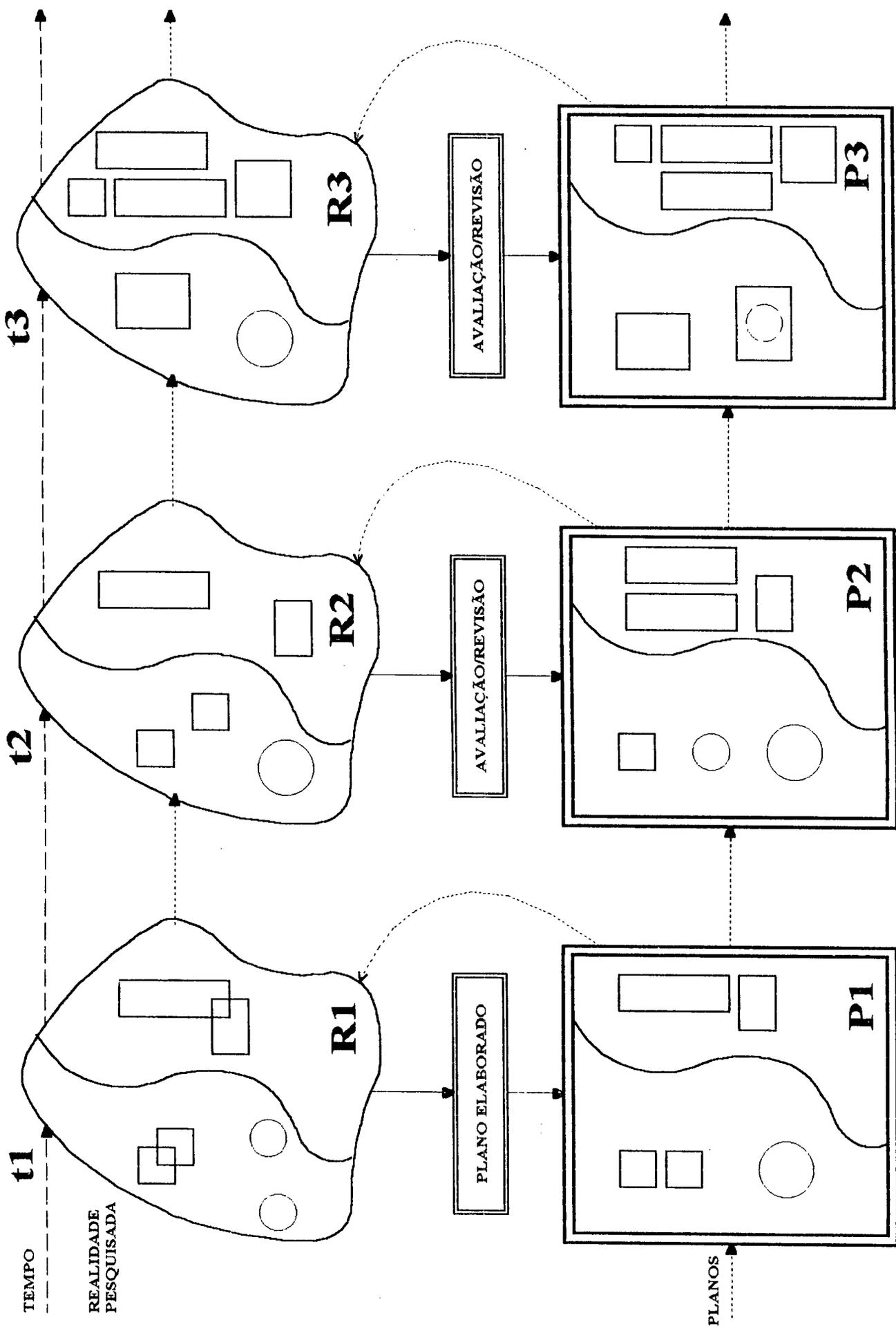


Figura 37: Reciprocidade entre Plano e Realidade no Processo de Planejamento (Adaptado de FERRARI, 1979)

Com o planejamento regional, segundo SANCHEZ (1978), visa-se a integração de duas classes distintas de objetivos: (a) *funcionais*; (b) *ideológicos*. Estes objetivos estão assim configurados:

- **Funcionais**

- (1) organizar e controlar de maneira eficaz a produção e consumo massivo de bens e serviços dentro da estrutura econômico-social existente;
- (2) prever as condições para o desenvolvimento econômico que sejam compatíveis com o desenvolvimento demográfico do binômio região-cidade.

- **Ideológicos**

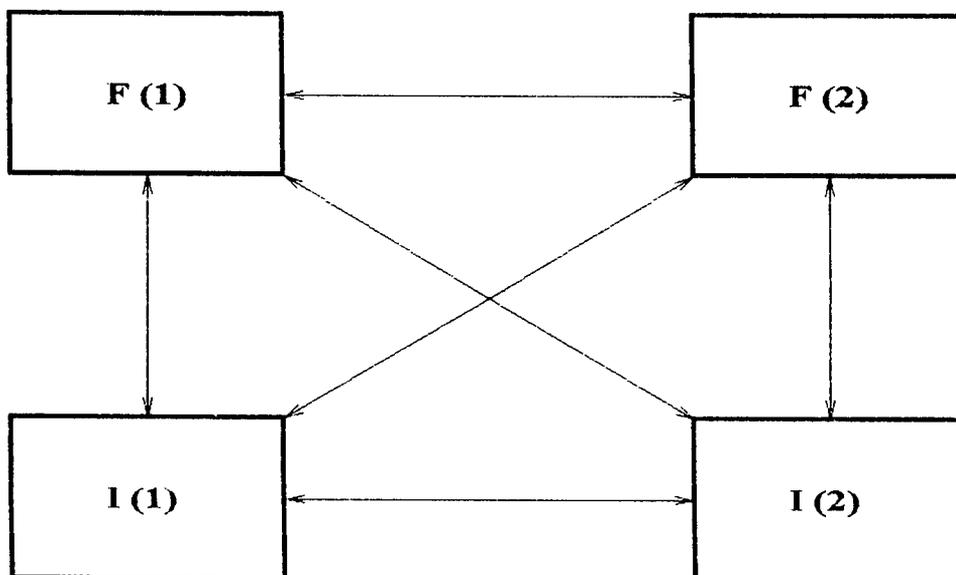
- (1) estabelecer uma racionalização dos mecanismos econômicos e políticos para assim evitar conflitos sociais de gravidade;
- (2) manter a ordem de valores estabelecidos pelo sistema político e suas estruturas.

Entre estes objetivos existem interações que estão esquematizadas na figura 38; tais interações são bidirecionais e devem ser objeto de investigação nas áreas da política, economia, sociologia, etc. O planejamento trata então de *conciliar os objetivos funcionais e ideológicos*, respeitando as individualidades mas colocando-as no *âmbito do bem comum*.

Tudo o que foi dito até este ponto serve ao propósito de subsidiar o que será dito a partir daqui. Do ponto de vista da empresa que promove um empreendimento industrial, as vantagens de conciliar o seu planejamento com as diretrizes do planejamento regional institucional, durante todas as fases do ciclo de vida de um projeto industrial, tornam-se evidentes. Todos os objetivos acima listados, funcionais e ideológicos, por objetivarem o *desenvolvimento equilibrado*, baseado na *exploração racional de recursos*, na *manutenção da estabilidade político-social-cultural* e no *equilíbrio regional*, fornecem à empresa *cenários estáveis adequados para a potencialização dos seus investimentos*; deve ser do interesse das empresas industriais a *preservação das suas fontes de insumos e mão-de-obra*, o *incremento dos seus mercados* e um *ambiente favorável ao desenvolvimento da sua área de negócios*. Todos estes interesses se articulam diretamente com os objetivos do desenvolvimento regional.

#### 5.4.2. A Definição da Macro-Localização

Segundo SCHMENNER (1980), a escolha do local para uma nova unidade industrial não deve ser delegada ao departamento financeiro da empresa ou a um consultor específico, dado que "(...) suas decisões podem ser totalmente



### **OBJETIVOS FUNCIONAIS**

**F (1): Produção e Consumo de Bens e Serviços**

**F (2): Condições para Desenvolvimento Econômico  
Compatíveis com Desenvolvimento  
Demográfico**

### **OBJETIVOS IDEOLÓGICOS**

**I (1): Racionalização de Mecanismos Econômicos  
e Políticos para Evitar Conflitos Sociais**

**I (2): Ordem de Valores do Sistema Político**

Figura 38: Objetivos Funcionais e Ideológicos do Planejamento Regional  
(Adaptado de SÁNCHEZ, 1978)

*incompatíveis com as necessidades da empresa para conseguir uma capacidade adicional, tendo em conta seu mix de produto e tecnologia, ou com importantes interações entre as fábricas".* E continua o autor, referindo-se à formulação de alternativas de localização a partir unicamente da otimização econômica: *"Partir diretamente da linha-limite pode inadvertidamente danificar um mosaico cuidadosamente construído de capacidade de fabricação, acrescentando custos operacionais muito superiores aos benefícios resultantes dos incentivos fiscais ou dos baixos salários".*

Estas citações contribuem com o propósito de clarificar a insuficiência das abordagens localizacionais centradas na avaliação de custos. Limitadas a uma composição de custos otimizados para uma série restrita de fatores produtivos, tais abordagens acabam por transformar o problema da localização em uma questão de competência das áreas econômico-financeiras, com os estudos se desenvolvendo à revelia de muitas das necessidades empresariais.

Custos são importantes, devem ser levantados e considerados, mas raramente são completos e quase sempre acabam por compor uma série de alternativas que não diferem significativamente umas das outras (pelo menos não com a magnitude necessária para que uma decisão final seja tomada a partir dela). De maneira geral, a partir de critérios meramente quantitativos, a empresa sempre acaba por ter à sua frente uma série de locais com praticamente a mesma estrutura de custos associados. Da mesma forma, estratégias empresariais não são moldadas sobre cenários estáticos, sobre condicionantes específicas (como explicitado no item anterior), sobre visões circunstanciais e localizadas; o caminho para o sucesso empresarial se baseia hoje na consideração de várias intangibilidades, difíceis de serem quantificadas numericamente ou simuladas pelas projeções econômicas.

O levantamento dos custos pode ser uma fase inicial da busca pela melhor localização. No entanto, deve ser seguida de uma análise criteriosa e interdisciplinar de fatores intangíveis e características qualitativas que podem contribuir para o sucesso competitivo da empresa. Uma análise pode ser racional, embora baseada em critérios qualitativos e em intangibilidades.

Fatores e critérios qualitativos e intangíveis são de várias ordens e não há como definir uma lista definitiva. No entanto, de modo geral, podem se relacionar a:

- *simbioses e antagonismos entre organizações* (ver nota 7, capítulo 3);
- *atitudes da força de trabalho;*
- *padrões de relacionamento entre indústria e comunidade;*
- *características estéticas e culturais da área* (como fator de atração para mão-de-obra especializada);

- *cenários futuros alternativos;*
- *características dos sistemas ecológicos regionais* (meio-ambiente, relações sociais, subjetividade humana), etc.

Neste nível as questões possuem importância estratégica, definindo padrões de competitividade e de relacionamento com o meio no qual se inserirá.

### **5.5. Passo 3: Planejamento a Nível Local (Micro-Localização)**

Nesta etapa, após a escolha da região (ou regiões), é definido o tipo de local para a implantação da unidade (ou unidades). Neste nível, as questões passam a ter importância mais funcional que estratégica. Em geral, quando se trata de situar uma indústria dentro de uma região, a primeira seleção de possíveis alternativas se faz em torno dos núcleos de população existentes, com a única exceção de se evitar as áreas já congestionadas industrialmente. Assim, considerando que a fábrica se instalará em torno de um núcleo urbano, podem ser consideradas, de maneira geral, quatro situações de implantação:

- *na área central do núcleo:* esta localização se justifica a partir *(a)* da necessidade de mão-de-obra bastante qualificada; *(b)* da excessiva dependência de serviços urbanos (por parte do processo); *(c)* da inexistência de transportes urbanos rápidos e eficazes;
- *nas áreas periféricas do núcleo:* definidas quando *(a)* não existe necessidade de mão-de-obra muito qualificada; *(b)* é importante evitar taxações importantes; *(c)* são necessários maiores espaços para futuras ampliações; *(d)* é importante a proximidade com a cidade mas com distanciamento das áreas mais ocupadas; *(e)* é importante possibilitar a implantação de moradias para trabalhadores nas proximidades da fábrica;
- *nas áreas agregadas ao núcleo, por efeito da metropolização:* definidas quando *(a)* é possível aproveitar alguma peculiaridade ou característica de comunidades agregadas aos núcleos urbanos; *(b)* incentivos à implantação em locais específicos são relevantes;
- *nas áreas exteriores ao núcleo urbano (rurais):* esta localização se justifica a partir *(a)* da necessidade de grandes espaços para ampliações e readequações futuras; *(b)* da não necessidade de mão-

de-obra qualificada; (c) da necessidade da utilização de processos excessivamente agressivos, poluentes ou perigosos.

A opção por um tipo de localização, depois da definição da região, apesar de não se revestir da importância estratégica reservada à macro-localização, deve preservar o rigor imposto pelo enfoque multidisciplinar defendido ao longo deste trabalho e realçado na abordagem ampla definida nos itens 5.1 e 5.2. Para cada um dos quatro tipos de localizações acima definidos, devem ser considerados, mesmo em escala diferenciada, os impactos ambientais associados (de caráter físico, cultural, social).

#### **5.6. Passo 4: Urbanização dos Complexos Industriais (Definição do Arranjo Geral Definitivo e Detalhamento das Áreas Externas Industriais)**

A urbanização consiste no estudo e detalhamento das áreas externas/abertas que compõem a planta industrial. A partir das condicionantes definidas no item 5.3, do arranjo da área (o arranjo geral básico definido no item 4.12), das características das interrelações entre todas as unidades e nas características do entorno (em termos da configuração de sistema viário e pontos de chegada de linhas de infra-estrutura), este passo de trabalho trata de dar conformação final a todos os espaços físicos abertos existentes.

O projeto de urbanização, nos limites definidos neste trabalho inclui as seguintes definições principais:

- *conformação geométrica e detalhamento construtivo do sistema viário*: considerando todos os raios de curva e dimensões adequados à circulação dos meios de transporte especificados, bem como a perfeita articulação com o sistema viário do entorno;
- *percursos e detalhamento construtivo das vias de suporte às linhas de alimentação* (linhas de condução de vapor, água, ar comprimido, etc., conduzidas por meio de canaletas, pipe-racks ou bandeijamentos): considerando suas interfaces com os demais elementos externos (ruas, pavimentações, muros, etc.);
- *posicionamento e especificação dos vários elementos externos* (postes de iluminação, hidrantes, caixas elétricas e de drenagem, etc.);

- **posicionamento e especificação dos elementos que definem os limites da propriedade** (cercas metálicas, muros, portões, etc.): devem considerar as restrições de acesso e o nível de segurança adequado;
- **projeto paisagístico**: pode ser definido a partir das características paisagísticas do local (quando relevantes), pode estar destinado à recomposição ambiental ou à atenuação de determinadas emissões da planta industrial (ruídos, gases, vapores de água, poeiras, etc.) ou pode ter funções apenas de composição estética (contribuindo para a imagem da empresa ou criando ambientes externos agradáveis). Dependendo do seu objetivo e grau de detalhamento, pode demandar a participação de especialistas;
- **projeto dos sistemas de drenagem**.

Como se vê, a urbanização envolve projetos de várias especialidades que precisam ser compatibilizados a fim de conviverem harmônicamente. A resolução das interfaces entre todos estes elementos deve ser feita de maneira cuidadosa, devendo-se evitar soluções improvisadas e adaptações que prejudiquem a funcionalidade do conjunto. O posicionamento de cada um dos elementos destes projetos deve se subordinar ao que define o **plano de zoneamento do plano diretor específico** (capítulo 3) e o **arranjo geral básico definido no estudo do processo industrial** (capítulo 4); não seria admissível, por exemplo, que fossem posicionados postes de iluminação em áreas reservadas para acesso operacional ou então que uma canaleta de linhas de alimentação ocupasse o espaço destinado a ampliação de uma edificação.

Outro aspecto a ser observado é o de que tanto quanto os edifícios, a configuração dos espaços abertos (definida pelos seus vários componentes) possuiu grande relevância na aparência final do complexo industrial. Da mesma forma, cabe a estes espaços abertos e a seus elementos, grande parte da responsabilidade pela perfeita inserção da planta industrial em um determinado meio; devem, por exemplo, ser detalhadamente consideradas as características do entorno no momento da definição do posicionamento de certas instalações (notadamente aquelas com emissões indesejáveis). **Todos os elementos e meios disponíveis devem ser utilizados não apenas no sentido das conveniências funcionais internas mas também no da compatibilização da função industrial com as funções e características do entorno.**

## **5.7. A Avaliação dos Impactos Ambientais**

A avaliação dos impactos ambientais é abordada em um item separado em função do fato de que ela não deve se realizar em um ponto específico e localizado do empreendimento. Pelo contrário, deve nortear as decisões e etapas de projeto ao longo de todo o seu desenvolvimento e envolver preocupações de ampla envolvimento.

### **5.7.1. A Evolução da Preocupação Ambiental**

A preocupação com as questões ambientais começaram na década de sessenta, nos países desenvolvidos, e no início relaciona-se apenas com a contaminação ambiental e com o esgotamento dos recursos naturais; posteriormente, estende-se ao equilíbrio ecológico, à paisagem e ao meio social. Ao longo das décadas posteriores estas preocupações estenderam-se pelo mundo, gerando discussões em escala global.

Hoje o mundo assiste a uma bipolarização de posições em relação à questão ambiental, protagonizada por um lado pela posição dos países desenvolvidos, defendendo a preservação dos recursos naturais e a manutenção de baixos níveis de contaminação, e de outro pelos países subdesenvolvidos, buscando o máximo aproveitamento dos recursos no sentido da satisfação das necessidades básicas da população. Esta bipolarização de posições se explica a partir dos enormes desequilíbrios existentes entre as realidades destes países.

A realidade atual é a de que os países, de uma forma geral, estão se dotando de legislações rigorosas e procurando encontrar meios eficientes de combater o rápido processo de degradação ambiental e de esgotamento de recursos naturais. OREA (1978), lista como causas determinantes para o atual estado de degradação ambiental no âmbito mundial:

- as teorias econômicas dos anos cinquenta, que defendiam a maximização do benefício monetário;
- o predomínio do interesse privado e de curto prazo sobre o interesse público e de longo prazo;
- a não inclusão de custos e benefícios sociais na avaliação de projetos e programas;
- a planificação e gestão fragmentária e setorial dos recursos naturais;
- o esquecimento ou não consideração do homem como um componente a mais do ecossistema.

### 5.7.2. A Legislação Ambiental<sup>3</sup>

Já há no Brasil uma legislação ambiental extensa, comparável em muitos aspectos às mais completas e modernas do mundo. Há hoje a obrigatoriedade da execução dos EPIAs (estudos prévios de impacto ambiental) e RIMAs (relatórios de impacto no meio-ambiente) para o licenciamento de quaisquer empreendimentos com potencial de danos para o meio-ambiente. Dentro deste universo, a resolução CONAMA 001/86 se constitui no documento base da legislação ambiental brasileira na medida em que: (a) possui maior abrangência em relação aos sistemas de licenciamento ambiental anteriormente existentes; (b) define uma visão global do meio-ambiente, que deve ser observada nos EPIAs; (c) define a necessidade de equipes multidisciplinares tanto para a execução do EPIA/RIMA como para a sua análise e julgamento; (d) define como responsabilidade do empreendedor e não do Estado a execução dos EPIAs e RIMAs, a não ser que o Estado seja o empreendedor; (e) inclui a obrigatoriedade de avaliação do impacto no meio sócio-econômico; (f) define a participação da sociedade civil no julgamento do empreendimento, através de audiências públicas. Duas questões, no entanto, devem ser ressaltadas. A primeira se refere ao fato de que os EPIAs/RIMAs devem ser encarados como instrumentos de planejamento, antes de meras formalidades ou justificativas para decisões já tomadas. A segunda se refere ao fato de que estes instrumentos, dados a sua complexidade, custo e abrangência, deveriam ser destinados a empreendimentos de grande porte, significativos do ponto de vista do impacto que causam; para empreendimentos menores, de menor impacto, exigências proporcionalmente menores deveriam ser definidas (desde que preservadas as exigências de consideração de uma visão abrangente de meio-ambiente).

O estudo de impacto ambiental, de acordo com a resolução CONAMA 001/86, deve ser composta, minimamente, das seguintes etapas:

- *diagnóstico ambiental da área de influência do projeto*, cobrindo os meios físico, biológico e sócio-econômico e os ecossistemas naturais;
- *análise dos impactos ambientais do projeto e suas alternativas*, através da identificação, previsão de magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes;

Os impactos devem ser discriminados quanto aos aspectos:

- *positivos e negativos;*
- *diretos e indiretos;*
- *imediatos e a longo prazo;*

---

<sup>3</sup> Este item está baseado em ASSUNÇÃO (1991), p. 61.

- *temporários e permanentes;*
- *grau de reversibilidade;*
- *propriedades cumulativas e sinérgicas;*
- *distribuição dos ônus e benefícios sociais;*
- *definição de medidas mitigadoras dos impactos negativos;*
- *definição de programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.*

A amplitude e complexidade das exigências acima listadas obriga os novos empreendimentos a considerar o aspecto ambiental de forma efetiva e de maneira interdisciplinar, já a partir dos estudos de viabilidade (e em igualdade de relevância com os demais aspectos técnicos e econômicos), dado que a não aprovação do projeto em etapas posteriores só tem um significado: tempo e recursos desperdiçados.

### **5.7.3. Instrumentos de Apoio à Avaliação de Impactos durante o Projeto Industrial**

A partir da exigência legal de consideração dos aspectos ambientais e da necessidade estratégica da empresa industrial de cultivar relacionamentos harmônicos, sustentados, com o meio no qual se insere, torna-se importante a definição de instrumentos que permitam o *constante monitoramento das variáveis de projeto relacionadas com impactos potenciais*. OREA (1978a) define uma classificação para os impactos ambientais, a partir das circunstâncias que os geram, que serve de suporte para a definição destas variáveis de projeto. Segundo ele, os impactos ambientais dão-se por uma ou várias das seguintes circunstâncias:

- *impactos de ocupação*: originados pela simples localização de uma atividade e relacionados com alterações do solo, da vegetação, das populações animais, etc.;
- *impactos produzidos pela emissão de agentes contaminantes*;
- *impactos de difusão*: caracterizados pela pressão exercida por uma determinada atividade sobre o seu entorno. Por exemplo, a implantação de uma indústria atrai outras mais, amplificando progressivamente os impactos;
- *desenvolvimentos urbanos e industriais*: alterando o equilíbrio do homem com seu meio, modificando paisagens, hábitos, aspectos culturais, etc.;
- *impactos relacionados com a extração de recursos naturais*.

Existe hoje uma grande quantidade de métodos e conjuntos de procedimentos destinados a instrumentar o monitoramento de variáveis de projeto associadas a impactos ambientais, a partir da amplitude definida pelas circunstâncias acima. Será feita, aqui, referência a dois deles: (a) *Guide for Environmental Screening* (elaborado pelo Serviço de Proteção Ambiental do Governo do Canadá); (b) *Método do Instituto Battelle Columbus*.

- **Guide for Environmental Screening<sup>4</sup>**

É um instrumento de extrema simplicidade mas de muita utilidade no sentido da visualização prévia do conjunto de impactos ambientais associados a um empreendimento, ao longo de todo o seu ciclo de vida. É composto, basicamente, de uma matriz que trata de interrelacionar as etapas de um projeto (preparação do local, construção, operação e manutenção, atividades futuras relacionadas) com quatro tipos de impacto potenciais (físico-químicos, ecológicos, estéticos e sociais). Organizada a matriz são estudados os impactos relacionados a cada atividade, através de sua *magnitude, duração e frequência, riscos, importância e possibilidades de mitigação*. Esta avaliação dá origem a uma outra, destinada a classificar cada impacto em uma das seguintes categorias: (a) *sem efeito significativo*; (b) *existem efeitos ambientais adversos mas não são significativos*; (c) *efeitos ambientais com significância desconhecida*; (d) *efeitos ambientais significantes*. Este instrumento, simples na forma, é extremamente útil no sentido de que permite uma visualização ampla e integrada do conjunto de impactos associados a um empreendimento. Ele poderia sofrer uma adaptação no sentido de definir uma graduação escalar, através da atribuição de pesos diferenciados para cada conjunto de impactos (físico-químicos, estéticos, sociais e ecológicos), segundo sua criticidade para cada situação específica.

- **Método de Battelle Columbus<sup>5</sup>**

Este método é utilizável para medir o impacto ambiental de qualquer ação e para avaliar propostas de planificação alternativas. Nele as incidências sobre o meio-ambiente estão divididas em quatro categorias: *ecologia, contaminação, estética e interesse humano*. Estas categorias se dividem em *dezoito componentes* e estes em *setenta e oito parâmetros*. O método se hierarquiza em quatro níveis, conforme mostra a figura 39. Os parâmetros (nível 3) são os elementos principais e representam aspectos significativos do meio, e são mensurados pelas *medidas* (nível 4) que são os dados do meio

<sup>4</sup> Ver documento do Federal Environmental Assessment Review Office do Governo do Canadá (1977).

<sup>5</sup> Ver OREA (1978b), p. 42.

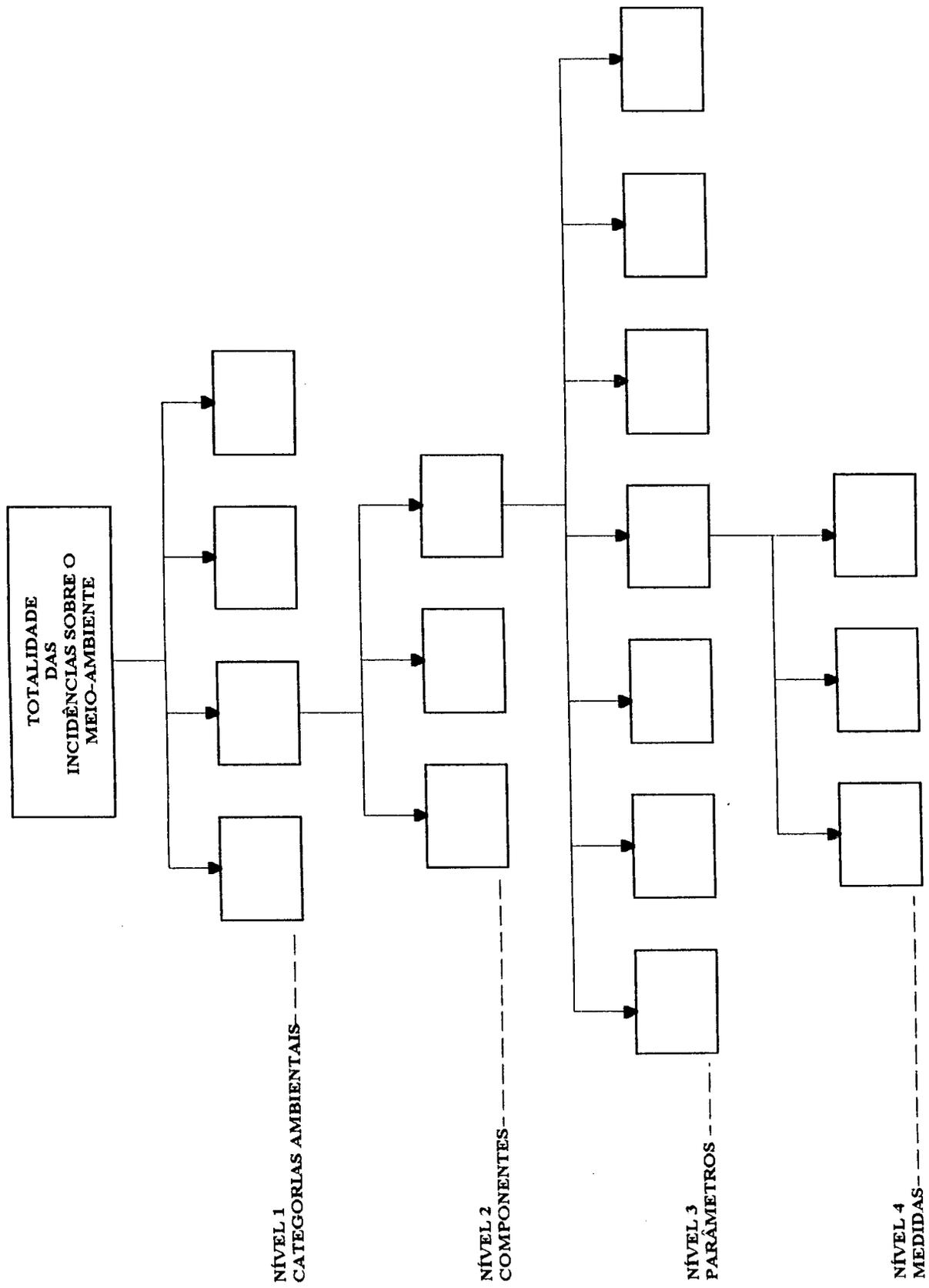


Figura 39: Os Níveis de Abordagem da Metodologia de Batelle Columbus (Adaptado de OREA, 1978b)

necessários para obter aquela medida. Como as unidades destas medidas são expressas por unidades heterogêneas, deve-se homogeneizá-las, transformando-as em *unidades de qualidade ambiental* que variam entre 0 e 1 (o 0 indica qualidade mínima e o 1 qualidade ótima). A seguir, todos os parâmetros devem ser ponderados segundo sua importância relativa, ou seja, sua contribuição para a qualidade ambiental do sistema. Estes *coeficientes de ponderação*, expressos em unidades de importância, se calculam pela repartição, entre eles, do valor 1000. Multiplicando-se a *qualidade ambiental de cada parâmetro* por seu peso relativo, se obtêm todos os parâmetros medidos em *unidades de incidência ambiental*. A qualidade ambiental de cada parâmetro varia entre 0 e 1, de modo que a qualidade máxima do sistema em conjunto é de 1000 unidades de incidência ambiental. Para estimar o impacto de uma ação basta calcular a qualidade ambiental expressa em unidades de incidência antes e depois do projeto e medir a diferença. Obtém-se, assim, o impacto que sofrerá cada parâmetro, podendo ser negativo ou positivo (com valores negativos para alguns parâmetros, deve-se balanceá-los com o conjunto de parâmetros positivos, tentando alcançar uma composição satisfatória). A comparação entre várias alternativas de projeto se faz a partir da confrontação dos valores alcançados para cada uma delas.

Instrumentos como estes descritos acima facilitam a descrição dos impactos ambientais em termos não da sua significância isolada, mas da sua confrontação qualitativa e eventualmente quantitativa com o conjunto de impactos identificados.

## 5.8. Interfaces Gerais

As definições dos estudos e projetos vinculados ao urbanismo industrial relacionam-se dinamicamente com todo o universo do processo de concepção do espaço físico industrial. Em relação ao *processo*, define o berço sobre o qual todos os sistemas/instalações serão dispostos. Em relação à *arquitetura industrial*, define os pontos de interface dos edificios industriais com o conjunto de unidades da planta. Em relação às *estratégias empresariais* define uma localização que seja viável do ponto de vista econômico e do ponto de vista das inúmeras intangibilidades que levam a vantagens competitivas. Em relação à *organização física* do complexo industrial, tratam da harmonização geral de seus vários elementos.

## **CAPÍTULO 6**

### **O ESTUDO DOS EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS A Arquitetura Industrial**

---

Apesar de existirem alguns tipos de indústria nos quais os edifícios industriais possuem pequena importância, ou mesmo não existam, *a situação normal é que existam e que desempenhem função importante na organização fabril*. Olhados não apenas como cascas ou invólucros genéricos de um processo produtivo qualquer, os edifícios podem se integrar intensamente aos objetivos empresariais, na medida em que a visão de empresa incorpore a complexidade de interrelações hoje definidas entre atividade industrial e sociedade. Numa época em que os conceitos da produção seriada em massa passam a ser questionados e as exigências de mercado conduzem no sentido da viabilização da produção de pequenos lotes de um grande número de produtos, denotando requisitos não mais ligados apenas à otimização de custos mas também à qualidade, a diversidade e à satisfação das pessoas (em sentido amplo, como referido no capítulo 1), a conformação física da fábrica passa a ter de ser pensada nos termos daquilo que pode representar para a própria empresa (como meio eficiente e flexível de produção, de difusão de sua imagem e de ambiente adequado para o trabalho humano) e para a sociedade (como elemento incorporado ao seu meio-ambiente sócio-econômico-cultural).

Neste capítulo será abordado especificamente o processo de concepção dos edifícios vinculados ao processo industrial (unidades industriais), através do conjunto de passos de trabalho indicados na figura 40.

#### **6.1. A Evolução da Forma Arquitetônica**

Numa rápida visualização da evolução dos edifícios industriais ao longo deste século, pode-se perceber que eles tiveram sempre feições compatíveis com o conceito de produção vigente. Além das considerações já feitas no capítulo 1 sobre a evolução do conceito fábrica (e da relevância do elemento humano dentro delas), vale perceber as relações que se estabeleceram entre conceito produtivo e a forma arquitetônica dos edifícios. Segundo SEGAWA (1987), nas primeiras décadas deste século,

*"O serrilhado das coberturas em shed ou os lanternins que assinalavam os perfis dos bairros industriais foram escamoteados por altas platibandas conferindo aos galpões industriais a*

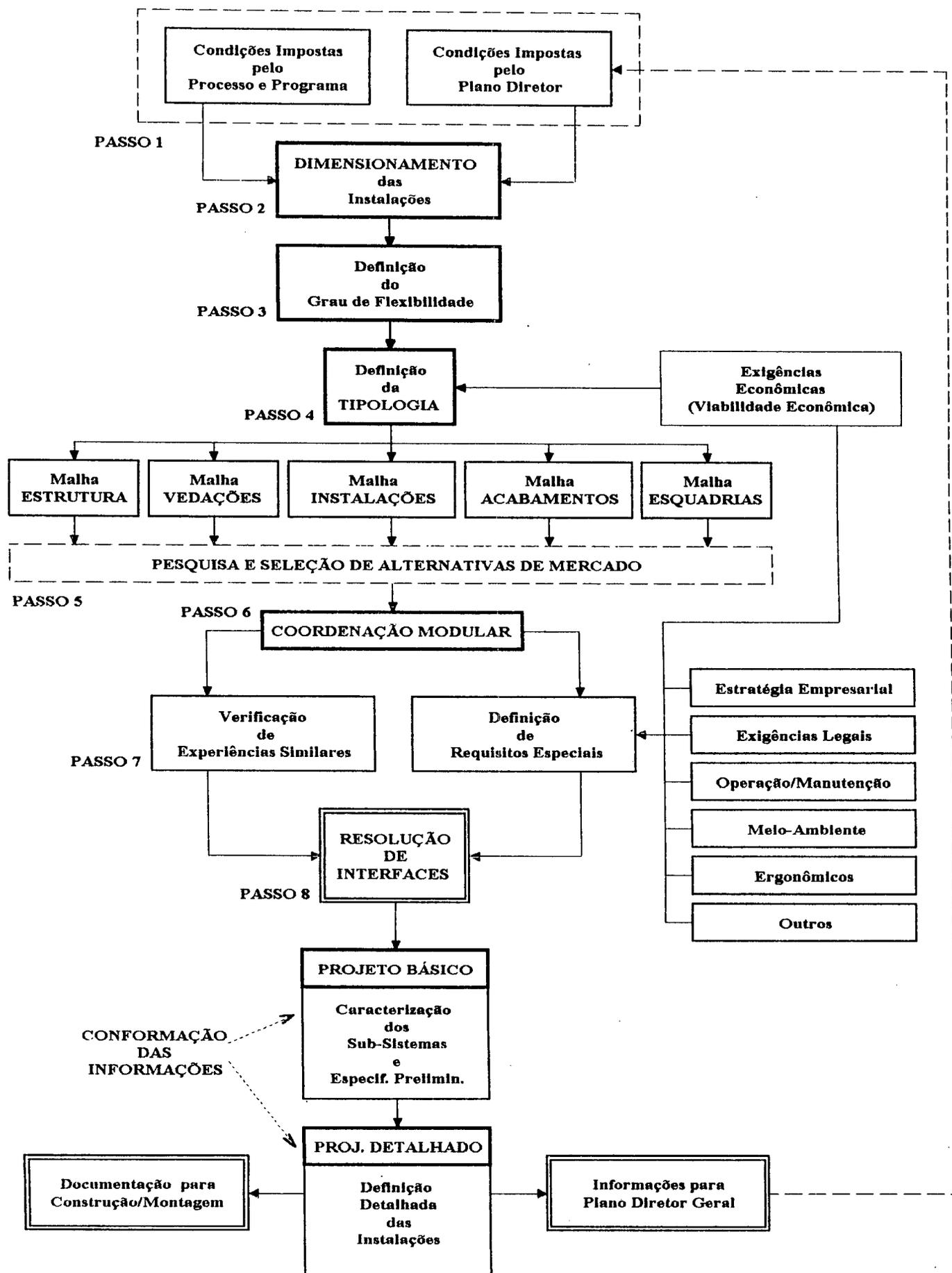


Figura 40: O Estudo do Edifício Industrial

*geometria limpada do prisma regular, volumetria ideal na concepção da vertente cubista do modernismo ou, numa visão menos sofisticada, uma útil panacéia. Mesmices que às vezes incomodam" (p.80).*

Esta concepção prismática, linearizada e que conduziu quase sempre à implantação de volumes de grandes proporções e de grande impacto visual e físico sobre o meio em que se inseria, se deveu, sem dúvida, à posição de proeminência da produção seriada e em massa e da busca incessante de economias de escala. Esta visão favoreceu muito a adoção dos sistemas pré-fabricados, como comenta GRUBE (1972):

*"Na Europa, a pré-fabricação foi em sua época, algo assim como um credo que oferecia um sistema racional e completo, dentro de uma estrutura que brindava solução a qualquer tipo de problema. Nos últimos anos, este conceito tem sido substituído por uma atitude mais séria e por um certo ceticismo justificado, baseado na experiência prática relacionada com suas possibilidades de aplicação, períodos de entrega e resultados econômicos obtidos. Em contraste com a construção de casas, por exemplo, as necessidades nas grandes zonas industriais são muito mais variadas, e o volume total de construção pequeno, se o comparamos com as linhas de produção requeridas para obter lucros econômicos. Edificações com vãos maiores requerem peças de grande tamanho e peso e, conseqüentemente, investimentos consideráveis em armazenamento e transporte" (p.16).*

Este modo de pensar o edifício industrial ainda é, de maneira geral, proeminente e se baseia na pretensa falta de respostas para duas questões: (a) *será que a volumetria regular prismática não responde genérica e satisfatoriamente aos requisitos técnicos, construtivos e programáticos de uma fábrica ?*; (b) *a grande cobertura não é o melhor caminho para a flexibilidade absoluta ?* Consideradas as circunstâncias atuais, as respostas são negativas para as duas perguntas. Em relação à primeira, pode-se dizer que a diversidade de processos industriais existentes e seus diferenciados níveis de organização física e de relacionamento com as pessoas e o ambiente (níveis de agressividade) exigem características específicas do edifício para cada caso; da mesma forma, numa época em que a imagem da empresa e seu relacionamento harmônico com o meio em que se insere tornam-se questões estratégicas, cabe aos edifícios industriais papéis importantes na viabilização destas estratégias. Quanto à segunda pergunta, sabe-se hoje que a flexibilidade é um conceito amplo, relacionado com fatores dentro da empresa industrial que vão da mão-de-obra às máquinas, sendo o edifício apenas

mais um destes fatores (ver item 6.3); de qualquer maneira, flexibilidade não se viabiliza a partir de uma única forma arquitetônica específica<sup>1</sup>.

Uma nova fase na definição das formas arquitetônicas é inaugurada com a transferência para o edifício da responsabilidade de ser um co-partícipe da promoção da imagem da empresa e um definidor de um ambiente de trabalho adequado ao trabalho conjunto de homens e máquinas. A imagem da empresa, via seus edifícios, pode ser cultivada através da incorporação de elementos visuais e estéticos ligados à sua marca e a sua filosofia de trabalho<sup>2</sup> ou então através da consideração das características do meio-ambiente, definindo soluções que não rivalizem ou se sobreponham aos valores paisagísticos, estéticos e culturais locais. Já há hoje, muitos exemplos de edifícios industriais que incorporaram preocupações desta ordem. A alegação, freqüente, de que os custos associados a edifícios industriais mais elaborados se contrapõe à viabilização econômica do empreendimento deve ser combatida a partir, primeiro, da observação dos benefícios associados às considerações feitas acima; e, segundo, a partir de uma análise da influência destes custos sobre o preço do produto final produzido:

*"Na Europa foram feitas pesquisas a respeito da influência dos custos das edificações industriais nos preços finais dos produtos fabricados nessas edificações e chegou-se ao resultado de que os custos das obras civis têm uma influência insignificante no preço final do produto. Portanto, o argumento dos custos nas edificações industriais é muito fraco" (MATTHIAS, 1987).*

As formas arquitetônicas vinculadas aos edifícios industriais podem ser, então, agrupadas em três períodos distintos: (a) da Revolução Industrial até o início deste século, uma mixagem entre formas oriundas de vários estilos e influências históricos, notadamente neoclássicos e ecléticos, conformando edifícios pesados, sólidos; (b) a partir da adoção da fabricação em série, a simplificação das formas, a apologia do edifício multifuncional, genérico, leve no sistema construtivo mas pesado em função de suas grandes proporções, destituído de qualquer elemento estético ou não diretamente vinculado à produção, produto do estilo funcional-modernista que dominou a arquitetura e o mundo no pós-guerra; (c) desde o início da década de 80, com as novas idéias ligadas à qualidade, ao marketing e ao meio-ambiente, os edifícios tendem a deixar de ser genéricos incorporando elementos vinculados à empresa e ao meio, resgatando escalas apropriadas, respeitando o entorno.

---

<sup>1</sup> A idéia de que grandes galpões genéricos são o melhor caminho para a flexibilidade absoluta se relaciona com a influência do procedimento comum às grandes empresas americanas de considerar os períodos de depreciação muito curtos e incluir em seus cálculos as possibilidades de mudanças totais nos processos de fabricação e, por extensão, no uso dos edifícios.

<sup>2</sup> A empresa pode querer transferir uma imagem de vanguarda, inovadora, adotando, ao nível dos seus edifícios, uma linguagem arquitetônica contemporânea, expressiva, ligada a uma visão estética atual.

## 6.2. Passo 1: Definição de Condicionantes (Requisitos de Projeto)

O projeto das edificações industriais nasce a partir das condições impostas pelo processo produtivo (através do programa de necessidades e arranjo geral básico) e pelos planos diretores (PDG e PDE).

### 6.2.1. Condicionantes Impostas pelos Planos Diretores

Como abordado no capítulo 3 (item 3.3), *o plano diretor geral (PDG)* trata de definir condicionantes de projeto a serem observadas indistintamente pelo conjunto de unidades da empresa. Baseadas nas formulações estratégicas empresariais, tais condicionantes impõem orientações ao projeto dos edifícios, relacionadas com:

- **marketing**: caracterização dos elementos visuais e estéticos ligados à imagem da empresa, que devem ser incorporados ao edifício;
- **manutenção**: definição de requisitos para os elementos construtivos, ligados a confiabilidade, intercambialidade, disponibilidade e durabilidade (tempo de vida desejável);
- **planejamento da produção**: identificação das unidades físicas e suas interrelações no âmbito do plano de produção (em sentido amplo, vinculado a questões gerais da empresa, dado que o estudo do processo tratará das especificidades de cada unidade);
- **facilidades para os funcionários**: definição das unidades de apoio administrativo (de assistência e lazer) que a empresa usualmente destina aos funcionários em suas fábricas;
- **operacionalização geral**: definição de condicionantes operacionais gerais relacionadas com o funcionamento da planta (envolve critérios de acesso às instalações, interrelação entre as unidades industriais, administrativas, etc.);
- **meio-ambiente**: definição da postura da empresa diante das necessidades de proteção ao meio-ambiente, de viabilização de um crescimento sustentado e da concretização de um relacionamento harmônico com a sociedade.

- **especificação geral de sistemas, materiais e procedimentos construtivos:** usualmente empresas com muitas unidades descentralizadas lançam mão de um *caderno geral de encargos* (ver item 3.3, *condicionantes de manutenibilidade*) no qual estabelecem características gerais para a especificação de materiais e sistemas construtivos e procedimentos de execução (visando padronização ao nível de todas estas unidades).

Já o *plano diretor específico (PDE)*, abordado e detalhado no capítulo 3 (item 3.4), concilia as imposições do PDG com as especificidades do local escolhido para a nova unidade industrial, estabelecendo um plano de ocupação. Neste plano é definida uma setorização de áreas e um conjunto de condicionantes a partir da consideração de:

- **características físicas do terreno e entorno** (topografia, vegetação, subsolo, etc.);
- **características climáticas;**
- **características do entorno em termos de seu patrimônio ambiental e cultural** (paisagem, monumentos e edificações de valor histórico, etc.);
- **características do sistema viário e infra-estrutura do entorno;**
- **características sócio-econômicas da comunidade;**
- **índices de ocupação da área** (índices de aproveitamento, taxas de ocupação, recuos mínimos, alturas máximas, etc.);
- **condições gerais de implantação das edificações e sistemas auxiliares** (distâncias mínimas entre centrais e edificações, interrelação);

Cada uma destas considerações, aqui explicitadas de maneira sumária e dirigida apenas ao projeto dos edifícios industriais, assim o foram em razão de terem sido já detalhadas com maior profundidade no capítulo 3, nos itens destinados aos planos diretores (PDG e PDE).

#### **6.2.2. Condicionantes Impostas pelo Processo**

Como abordado no capítulo 4, o estudo do processo produtivo define um *programa de necessidades* e um *arranjo geral básico* que incorporam todas aquelas especificidades inerentes ao processo produtivo e ao planejamento da

produção que devem ser consideradas na organização física da fábrica como um todo. Neste sentido, foram determinadas as características do processo em termos de:

- **organização:** identificação dos setores e áreas vinculados ao plano de produção;
- **funcionalidade:** interligações preferenciais, desejáveis e indesejáveis entre setores e/ou máquinas e equipamentos;
- **fluxos:** definição dos fluxos internos de materiais, do sistema de manuseio e transporte, de pessoas, de informações, etc.;
- **agressividade:** identificação de pontos críticos ao longo do processo que demandam soluções técnicas específicas para seu controle;
- **dimensionamento:** através do pré-dimensionamento, foram quantificados os espaços necessários para máquinas, equipamentos, postos de trabalho e setores;
- **conceituação:** definição de características relacionadas com o processo de expansão, manutenção e operação do processo;
- **relacionamento homem-máquina:** características das interfaces entre máquinas e operadores, identificando as várias condições de exposição do homem ao longo do processo.

### 6.2.3. A Compilação das Condicionantes

As condicionantes definidas pelos planos diretores (item 6.2.1) e pelo processo industrial (item 6.2.2) para os edifícios industriais devem, preferencialmente, ser ordenadas a partir de uma hierarquização que privilegie, pela ordem, o plano diretor geral (PDG), o plano diretor específico (PDE) e o processo industrial. Deve ser considerada, no entanto, a possibilidade de que esta ordem seja eventualmente subvertida no sentido da adequação do empreendimento a circunstâncias não previstas ou de importância fundamental para a sua viabilização. Tais condicionantes devem ser compiladas de maneira a, objetivamente, dirigirem o desenvolvimento do projeto e estabelecerem as restrições a serem obedecidas por todas as especialidades componentes da equipe de projeto.

É recomendável que após a compilação, todas as condicionantes sejam organizadas, a exemplo dos requisitos de projeto na metodologia de PAHL e BEITZ (ver item 2.2.2), na forma de requisitos obrigatórios e desejáveis. Esta forma de classificação facilita o monitoramento das etapas de projeto.

## 6.3. Passo 2: Definição e Dimensionamento das Edificações

### 6.3.1. A Definição das Edificações

Como definido no item 3.3, um complexo industrial possui unidades/instalações de cinco tipos: (a) *unidades industriais*; (b) *unidades de apoio industrial*; (c) *unidades auxiliares*; (d) *unidades administrativas*; (e) *unidades de apoio administrativo*. Três destes tipos são definidos a partir das características do processo produtivo e do planejamento da produção (*a*, *b* e *c*) e dois a partir da estrutura organizacional da empresa e da extensão do seu programa de assistência aos seus funcionários (*d* e *e*). Algumas destas unidades demandam edifícios para comportá-las, outras não; algumas são eminentemente obras civis (mesmo não se caracterizando como edifícios), outras são predominantemente arranjos eletromecânicos. A lista abaixo caracteriza, construtivamente, cada um dos tipos de unidades.

- *unidades industriais*: geralmente são compostas por um processo produtivo protegido por um edifício. Exceções são, por exemplo, algumas plantas de processamento químico, dominadas por um arranjo eletro-mecânico exposto ao tempo;
- *unidades de apoio industrial*: almoxarifados, depósitos, laboratórios e oficinas geralmente são edificações civis. Exceções são alguns tipos de depósitos a céu aberto e algumas áreas externas de oficinas (destinadas à manutenção de grandes peças ou equipamentos);
- *unidades auxiliares*: neste caso a diversidade é muito grande. As unidades auxiliares podem ser compostas integralmente por arranjos elétricos ou mecânicos e podem permanecer expostas ao tempo (subestações elétricas), protegidas apenas por coberturas (centrais de ar comprimido e vácuo) ou integralmente protegidas por uma edificação (estação de tratamento de água). Outras podem ser apenas tanques de estocagem, metálicos ou de concreto, expostos ou enterrados (tanques de água e de combustível). Além das centrais destas unidades auxiliares devem ser consideradas as obras necessárias à interligação destes sistemas com as unidades industriais (canaletas, pipe-racks, bandeijamentos, galerias, etc.);
- *unidades administrativas*: sempre são edifícios, mas podem com alguma frequência estar ligadas a outros tipos de unidades;

- **unidades de apoio administrativo:** são predominantemente edificações, mas também possuem muita diversidade. Refeitórios, instalações de higiene, ambulatórios, áreas de lazer, cooperativas de consumo são projetos bastante diferenciados. Com alguma frequência ficam agrupados nos complexos industriais.

Nas fases iniciais do projeto é fundamental a caracterização exata de cada uma das instalações, a fim de que fique quantificada a extensão dos estudos e projetos a serem desenvolvidos. Com frequência, o desconhecimento da necessidade ou das características de uma unidade/sistema específico pode causar grandes transtornos para as fases seguintes, obrigando a improvisações que comprometem a perfeição de um arranjo já desenvolvido.

### 6.3.2. O Dimensionamento das Edificações

Neste item pouco se acrescentará ao que foi explicitado no item 4.10 (que abordou o pré-dimensionamento das várias unidades da planta industrial). O que muda aqui é o grau de precisão envolvido; *enquanto no estudo do processo industrial o pré-dimensionamento se destinava ainda à confecção de arranjos básicos e à definição do programa de necessidades, aqui o dimensionamento se destina ao projeto e execução definitivos*. Outra diferença em relação aos procedimentos indicados naquela etapa é que aqui interessam apenas as unidades que efetivamente envolverão edifícios, dado que as demais, por envolverem geralmente sistemas fornecidos integralmente por fabricantes e fornecedores, por eles serão dimensionados e desenvolvidos (sem prejuízo, no entanto, da contínua troca de informações).

Cabe, nesta etapa, a utilização dos mesmos critérios definidos no item 4.10, só que agora com o cuidado de utilizar dados dos equipamentos e sistemas efetivamente especificados e, preferencialmente, já adquiridos. Além das *dimensões gerais* do edifício, o dimensionamento deve indicar *áreas e pés-direitos por setores* (incluindo os sistemas de manuseio e transporte de materiais, como pontes rolantes) e a eventual necessidade de *dimensões especiais* em determinados pontos ao longo do processo. Neste momento é fundamental entender que o que se define é para ser efetivamente assumido como parâmetro definitivo de projeto; em função disso, cabe agora a *consideração criteriosa dos custos associados e das necessidades objetivas de todas as funções* que devem ser executadas dentro da área definida. A participação de todos os setores envolvidos é fundamental para esta definição.

Para esta etapa do projeto vale ainda a observação já feita no item 4.10: *o dimensionamento deve sempre se restringir, inicialmente, ao estritamente necessário* (conformando a noção da área mínima para a equipe de projeto). Após este dimensionamento mínimo é que podem ser incorporadas *áreas extras*

*destinadas a outros objetivos empresariais*, tais como o desejo de espaços de circulação mais amplos, setores claramente delimitados, etc. No entanto, agora, estes objetivos complementares devem ser imediatamente adicionados.

#### **6.4. Passo 3: Definição do Grau de Flexibilidade**

MANDELBAUN apud MOURA (1987) define a flexibilidade como "*a habilidade em responder eficientemente às mudanças de circunstâncias*". A flexibilidade no âmbito dos sistemas de produção, segundo o mesmo autor, é usada em dois contextos diferentes: o primeiro chamado de "*ação de flexibilidade: a capacidade para tomar novas ações para encontrar novas circunstâncias*" e o segundo chamado de "*estado de flexibilidade: a capacidade de continuar funcionando eficientemente apesar da mudança*". Estado de flexibilidade denota a capacidade do sistema de operar eficientemente sob uma ampla variedade de circunstâncias, sem intervenção da parte externa (por exemplo, pela direção da empresa). Ação de flexibilidade é, por exemplo, a capacidade do sistema de rapidamente acrescentar máquinas e ferramentas a fim de viabilizar uma nova linha de produção a partir de uma ação da direção (ação esta tomada sobre possibilidades deixadas previamente abertas).

Os dois tipos de flexibilidade acima referidos são importantes para uma empresa industrial em relação a todos os seus recursos internos. SLACK apud CORRÊA (1993) define os recursos de uma empresa industrial em:

- *recursos tecnológicos*: as instalações e os equipamentos do sistema produtivo;
- *recursos humanos*: as pessoas que fazem parte do sistema produtivo;
- *recursos infra-estruturais*: software da organização; sistemas, relações e comunicações que mantêm a operação do sistema produtivo agregada.

Em relação aos recursos tecnológicos, que são os que mais interessam aos objetivos deste trabalho, CORRÊA (1993) diz que a sua contribuição para a flexibilidade geral da unidade industrial está relacionada com a presença, primeiro, de uma *certa redundância* (um potencial existente e não utilizado em condições normais, ou seja, uma habilidade ou característica em excesso, ou redundante) e, segundo, de um certo nível de *agilidade de mutabilidade* (capacidade de mudar

fácil e rapidamente entre as atividades que são redundantemente capazes de desempenhar).

Estes conceitos clarificam as opções que devem ser feitas nesta etapa do projeto no sentido da definição do grau de flexibilidade a ser incorporado pelo espaço físico industrial. Para alcançar um *estado de flexibilidade* e se manter em condições de exercer *ação de flexibilidade*, os elementos físicos industriais, e entre eles o edifício, devem incorporar um certo nível de redundância e de agilidade (esta com a função de aproveitar adequadamente a redundância).

## 6.5. Passo 4: Definição da Tipologia

A definição da tipologia a ser adotada para os edifícios industriais não traz muitas novidades em relação às opções e considerações constantes de manuais consagrados<sup>3</sup>, mantendo-se quase todas elas válidas e atuais. As alternativas tipológicas para os edifícios industriais podem ser resumidas a quatro níveis principais (esquematisados na figura 41): (a) *edifício centralizado (agrupando todas as unidades industriais e de apoio industrial) ou vários edifícios*; (b) *edifícios com um pavimento ou com múltiplos pavimentos*; (c) *edifícios com nave única ou múltiplas naves*; (d) *edifícios especiais (com destinação específica) ou genéricos*. Complementarmente, deve ser definida uma configuração formal, que define um quinto nível tipológico: (d) *forma do edifício*.

### 6.5.1. Tipologia 1: Edifício Centralizado ou Vários Edifícios

A primeira opção tipológica a ser feita em relação aos edifícios industriais se relaciona com a adoção de um edifício único (centralizando todas as unidades industriais e de apoio industrial) ou de múltiplos edifícios, cada um deles comportando um tipo de processo ou um tipo de função.

Normalmente a adoção do edifício centralizado se dá pelo agrupamento das unidades industriais (vinculadas diretamente ao processo) e de unidades de apoio industrial (oficinas, laboratórios e depósitos de matérias-primas e produtos acabados) sob a mesma área. Eventualmente podem ser agregadas outras unidades, tais como as administrativas<sup>4</sup> e algumas das auxiliares (grupos geradores, centrais de ar

<sup>3</sup> MUTHER (1955), MOORE (1962).

<sup>4</sup> A adoção da "organização industrial focalizada" defendida por HARMON e PETERSON (1990) a partir dos estudos de SKINNER (1974), é viabilizada pela implantação de subfábricas agregadas. Nesta filosofia, os edifícios industriais são subdivididos em várias pequenas subfábricas, cada uma delas comportando todas as funções necessárias ao seu funcionamento autônomo ou, no máximo, tendo todas elas bastante próximas (incorporadas ao mesmo edifício). Assim, aos edifícios que comportam os processos são agregadas funções de estocagem e até, em alguns casos, algumas funções administrativas.

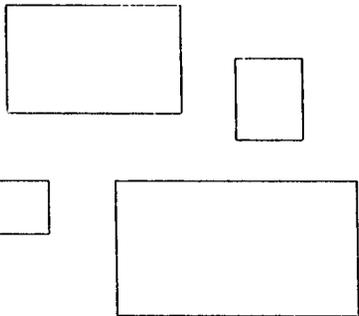
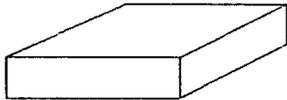
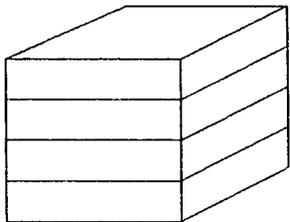
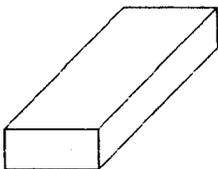
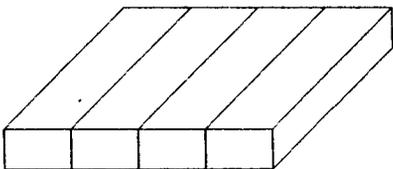
<p><b>TIPOLOGIA</b> 1</p>	<p><b>Edifício centralizado</b></p> 	<p><b>Vários edifícios</b></p> 
<p><b>TIPOLOGIA</b> 2</p>	<p><b>Um pavimento</b></p> 	<p><b>Vários pavimentos</b></p> 
<p><b>TIPOLOGIA</b> 3</p>	<p><b>Uma nave</b></p> 	<p><b>Várias naves</b></p> 
<p><b>TIPOLOGIA</b> 4</p>	<p><b>Edifícios ESPECIAIS</b></p>	<p><b>Edifícios GENÉRICOS</b></p>
<p><b>TIPOLOGIA</b> 5</p>	<p><b>Edifícios com forma QUADRADA</b></p>	<p><b>Edifícios com formatos VARIADOS</b></p>

Figura 41: Alternativas Tipológicas para o Edifício Industrial

condicionado, etc.). Mais raramente se agrupam no mesmo edifício as unidades de apoio administrativo.

- **Vantagens do Edifício Centralizado**

(a) permitem grandes mudanças internas em produtos, materiais e processos;

(b) permitem grandes reformulações baseadas na otimização do uso de espaços (como todas as atividades ocupam um mesmo edifício, reduções em áreas de estocagem podem servir a ampliações das áreas de produção).

- **Vantagens dos Edifícios Descentralizados**

(a) permitem o melhor aproveitamento do terreno, quando composto por características especiais de topografia, forma, etc.;

(b) permitem o isolamento de atividades que envolvam níveis acentuados de ruídos, odores, vibrações, etc.;

(c) permitem a separação de processos especialmente sujeitos à requisitos especiais de controle ambiental ou segurança.

### 6.5.2. Tipologia 2: Edifícios com Um ou Múltiplos Pavimentos

Houve uma época em que a indisponibilidade de meios de transporte conduzia as fábricas a serem implantadas dentro das cidades, onde os terrenos sempre tiveram custos elevados e determinavam a construção em vários pavimentos. Com o tempo, o desenvolvimento dos meios de transporte viabilizou a implantação destas fábricas fora das cidades ou em áreas destinadas especificamente para utilização industrial, possibilitando a sua construção em um único pavimento. Atualmente esta opção é dominante, mas não deve ser encarada como regra. O desenvolvimento de indústrias de mecânica leve e de eletrônica, por exemplo, permite a adoção de múltiplos pavimentos sem a necessidade da implantação de dispendiosos mecanismos de transporte vertical.

- **Vantagens do Pavimento Único**

(a) o fluxo da produção pode ser organizado da maneira mais racional, com as movimentações verticais reduzidas ao mínimo;

(b) pode-se lançar mão de mecanismos de iluminação, ventilação e exaustão através da cobertura, sobre pontos localizados do processo ou onde a necessidade demandar;

(c) o custo de construção é reduzido em função de: custos menores de fundação, ausência de escadas e elevadores, possibilidade de uso de estruturas mais esbeltas, etc.;

(d) expansões ou reformulações de arranjo podem ser executadas sem grandes repercussões na produção;

(e) permitem a instalação de máquinas, equipamentos ou outros elementos com dimensões excepcionalmente grandes, pela criação de pés-direitos diferenciados;

(f) permitem a utilização de mecanismos de transporte de materiais com grandes vãos livres (pontes-rolantes).

- **Vantagens dos Múltiplos Pavimentos**

(a) redução de custos com aquisição de terrenos;

(b) redução de custos com a otimização de percursos menores para as redes de alimentação dos sistemas auxiliares;

(c) as distâncias entre todos os setores é reduzida.

### **6.5.3. Tipologia 3: Edifícios com Uma ou Múltiplas Naves**

Esta é uma opção que deve estar relacionada com escolha do sistema estrutural. A figura 42 mostra algumas configurações possíveis; o edifício pode assumir qualquer uma delas a partir das suas necessidades específicas de tamanho (alternativas *a* e *b*), iluminação e ventilação (alternativas *d*, *e*, *f* e *g*), dos materiais e sistemas construtivos disponíveis e das conveniências relacionadas com o processo industrial (facilidades de posterior ampliação destes sistemas construtivos). As coberturas planas (*g*), tornaram-se possíveis a partir do desenvolvimento dos sistemas de impermeabilização e dos fechamentos de cobertura hoje disponíveis a partir de pequenas inclinações. Sistemas mistos (*h*) podem ser usados a partir de necessidades diferenciadas de espaço para duas áreas contíguas. A cada uma destas opções estão relacionados custos bastante diferenciados, que devem ser relevados. De modo geral, e sem entrar em considerações relacionadas com materiais utilizados, pode-se dizer que a alternativa *g* é a mais dispendiosa, seguidas pelo grupo formado por *d*, *e* e *f*, e num patamar mais baixo e pela ordem, *b*, *h* e *a*.

### **6.5.4. Tipologia 4: Edifícios Especiais ou Genéricos**

Outra opção tipológica se relaciona com a definição do objetivo do edifício, ou seja, se ele deve se destinar a objetivos específicos da empresa ou se deve ser um edifício genérico, capaz de comportar diferentes funções. Esta opção tem íntima ligação com o que foi comentado no item 6.1. quanto à forma arquitetônica; apesar do fato de que a incorporação ao edifício de especificidades relacionadas com a identidade visual e estética da empresa, com conceitos específicos de organização física e com a sua preocupação em respeitar características do entorno não comprometem necessariamente a eventual destinação genérica do edifício, estes fatores devem ser confrontados e analisados conjuntamente a fim de que sejam claramente definidos os limites entre uma abordagem e outra. Esta opção tem, ainda, uma forte relação com os níveis de flexibilidade desejados e com eles deve ser conciliados.

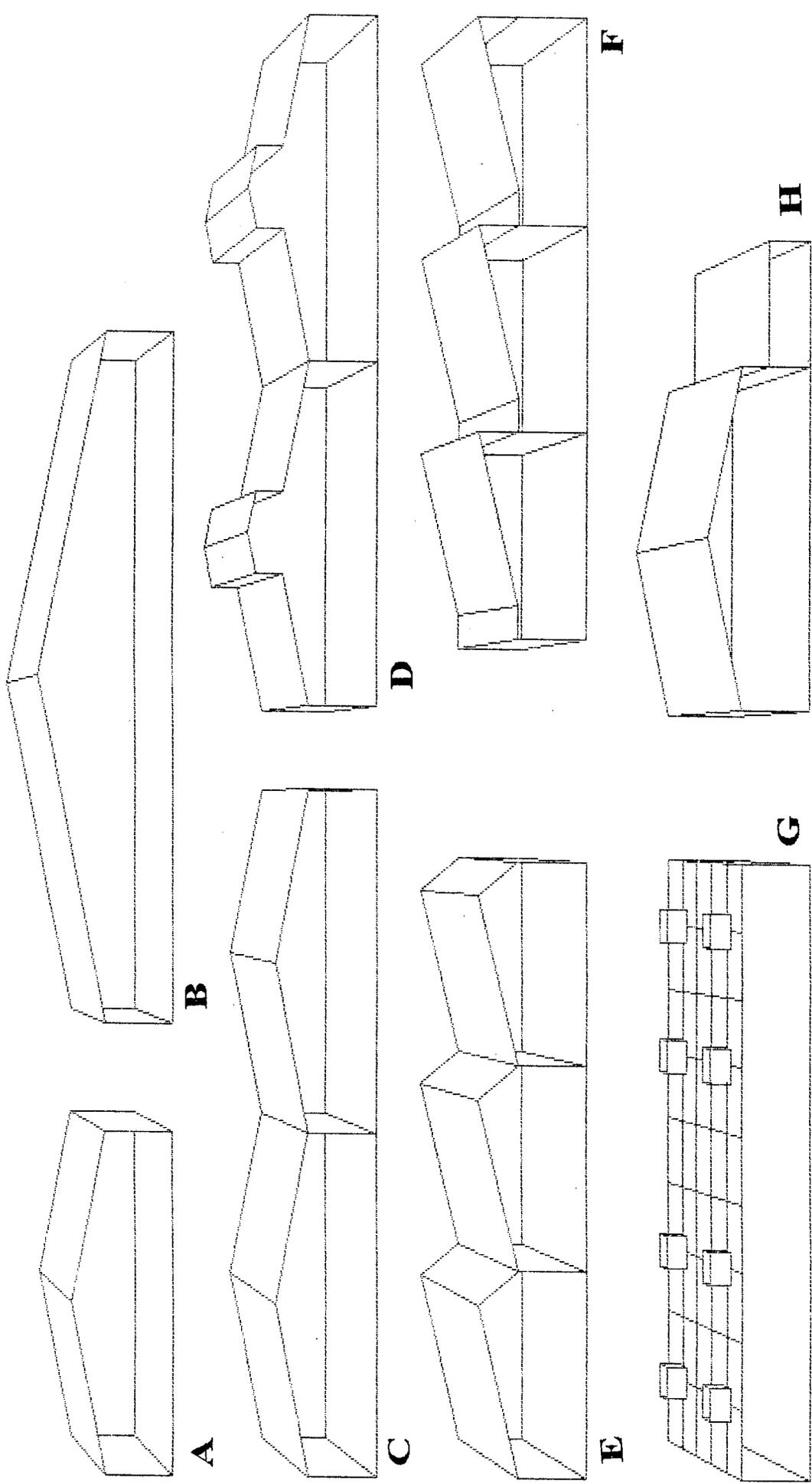


Figura 42: Exemplos de Tipologias com Uma ou Várias Naves

Muitas vezes é inevitável a adoção de edifícios especiais, dado que podem estar destinados a funções também especiais que demandam condições extras de controle ambiental (temperatura, umidade, isolamento hermético, etc.) ou segurança. Exemplos são as unidades da indústria micro-eletrônica, os depósitos de certos materiais especiais e os laboratórios.

- **Vantagens dos Edifícios Especiais**

- (a) viabilizam a implantação de processos ou funções que demandam condições especiais de controle ambiental, de especificações de materiais construtivos e de segurança;

- (b) permitem a incorporação de elementos significativos da estratégia empresarial relacionados com sua imagem, com a qualidade do ambiente de trabalho, com a convivência harmônica com as especificidades do entorno, etc.;

- (c) se adaptam perfeitamente aos processos implantados, permitindo a otimização dos custos operacionais e o correto interfaceamento entre sistema construtivo, sistemas auxiliares e equipamentos.

- **Vantagens dos Edifícios Genéricos**

- (a) são mais baratos (investimento inicial menor) e mais facilmente negociáveis;

- (b) permitem freqüentes e grandes mudanças em produtos, materiais, máquinas e equipamentos, processos e métodos;

- (c) são implantados mais rapidamente (construção mais rápida, podendo-se lançar de sistemas pré-fabricados com maior liberdade).

### **6.5.5. Tipologia 5: Forma dos Edifícios Industriais**

Esta opção tipológica se relaciona com a forma, do ponto de vista funcional, do edifício industrial. A opção por uma forma específica deve se relacionar com uma visão de médio e longo prazo do processo industrial, a fim de que ela favoreça ampliações futuras e permita reformulações que afetem minimamente a produção. A figura 43 ilustra dois exemplos de expansão planejada, relacionadas com a forma adotada pela edificação.

Outra consideração a ser feita é a de que a cada forma estão relacionados custos de construção diferenciados. Como exemplo, na figura 44 pode-se notar que as áreas das três plantas são iguais, mas possuem perímetros diferentes. Perímetros maiores significam mais paredes externas, maior extensão de linhas de alimentação e, por conseqüência, maior custo de construção e manutenção. Em situações que assim o permitam, a adoção da forma quadrada é a que oferece a melhor relação entre área e perímetro.

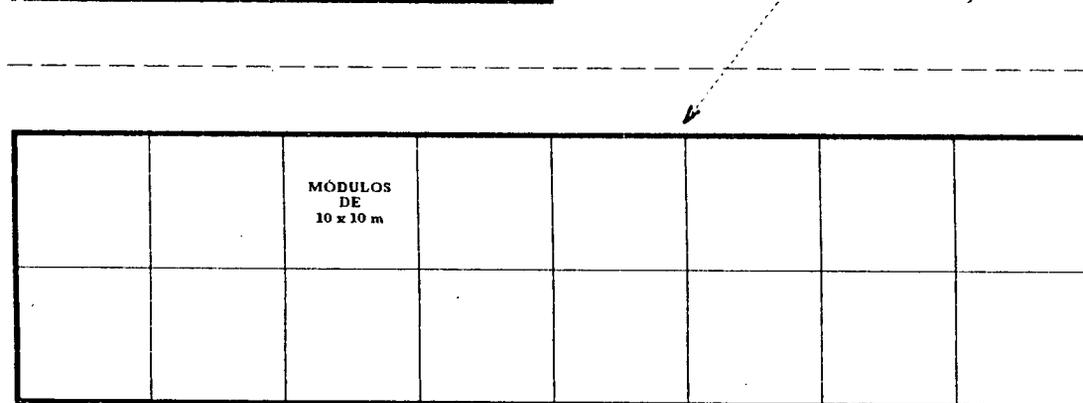
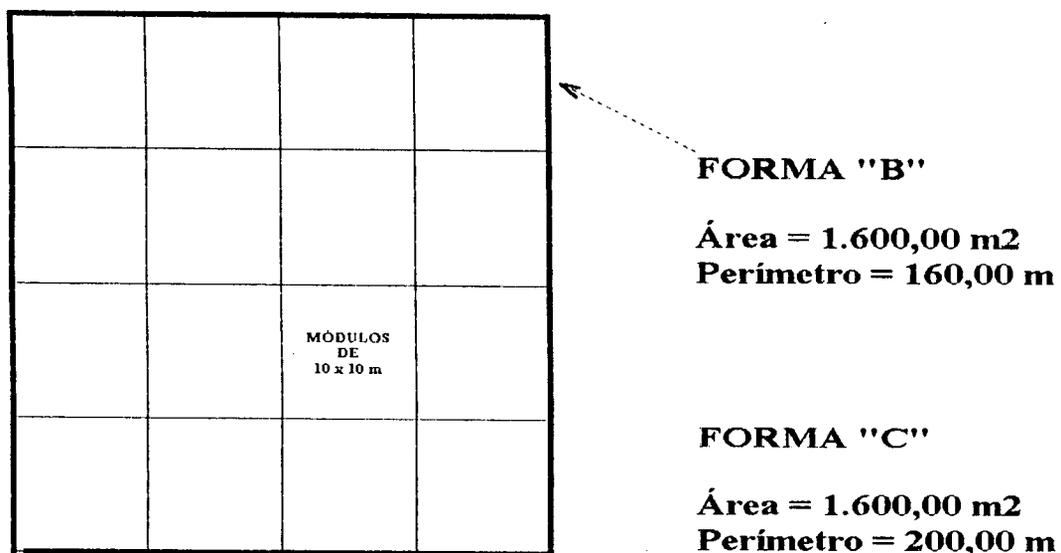
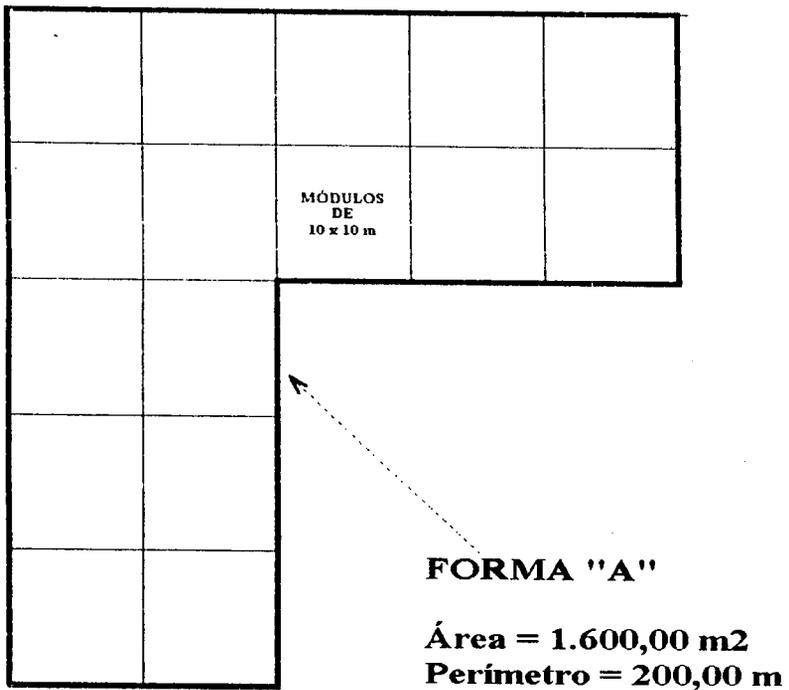


Figura 44: Relações entre Forma, Área e Perímetro do Edifício Industrial

UNIDADE INICIAL

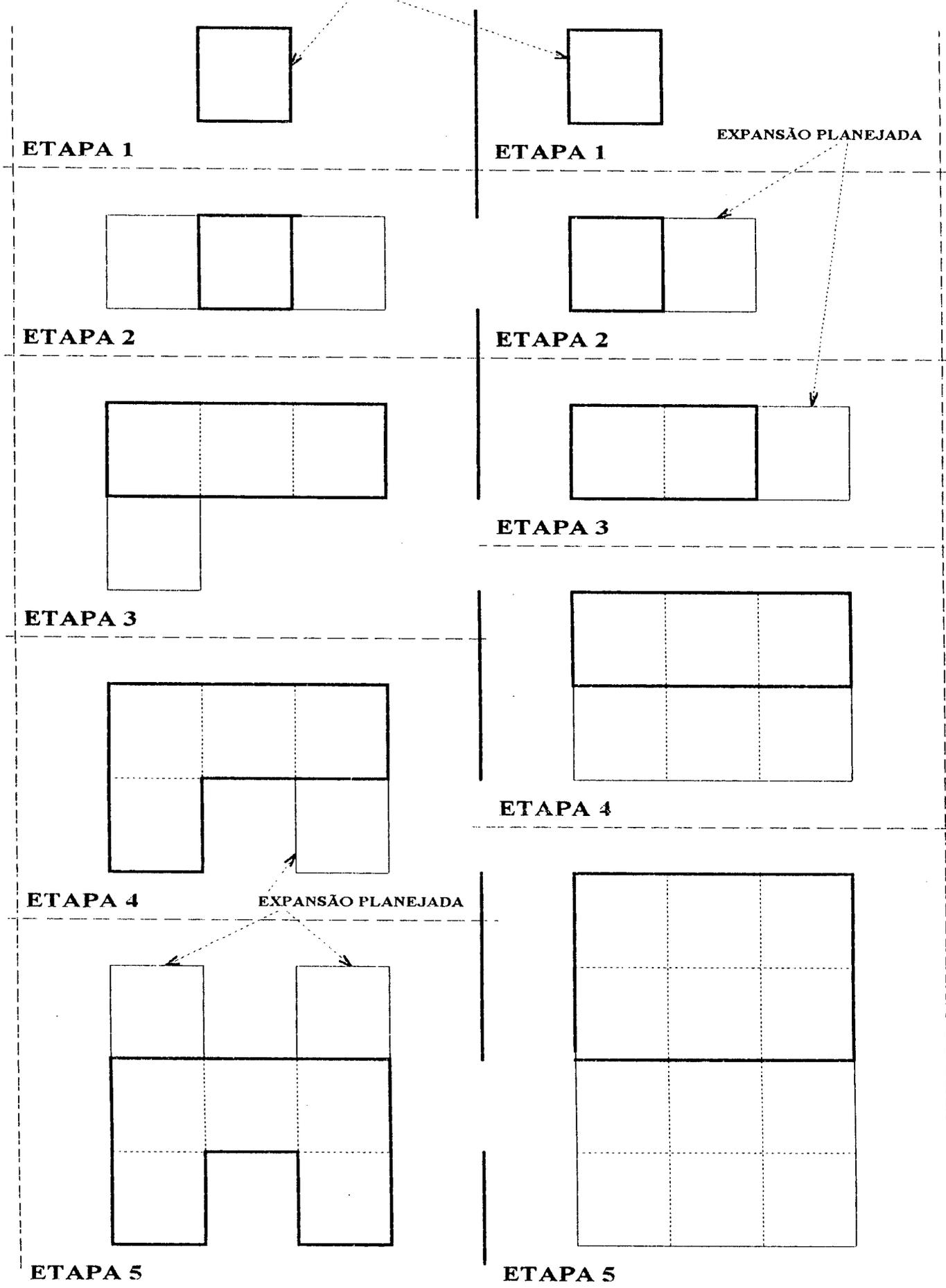


Figura 43: Exemplos de Expansão Planejada de Edifícios Industriais

### 6.5.6. Fatores Definidores da Tipologia

Os fatores que definem as opções tipológicas devem estar relacionadas com todas as *condicionantes do projeto* indicadas no item 6.2. (definição de requisitos), tomadas de maneira integrada. Cabe lembrar o papel fundamental dos *planos diretores* neste momento do projeto, dado que várias das alternativas tipológicas dependem mais da postura da alta administração e da sua estratégia do que de necessidades específicas do processo. Abaixo estão listados os fatores mais importantes para a definição da tipologia. São eles:

- *custos iniciais permissíveis;*
- *destinação futura planejada do edifício;*
- *grau de flexibilidade definido* (previsão do nível de mudanças em produto, processo e materiais);
- *imposições do marketing* (em relação a imagem, a características do entorno que devem ser respeitadas, etc.);
- *imposições e especificidades do processo e do arranjo industrial;*
- *imposições e especificidades do trabalho humano;*
- *características do terreno* (topografia, vegetação, forma, dimensões, clima, etc.);
- *imposições de sistemas construtivos disponíveis;*
- *tempo necessário para execução.*

Por fim, deve-se lembrar que diferentes combinações de opções tipológicas significam níveis também diferentes de flexibilidade (naquilo que se relaciona com os edifícios). Por exemplo, a adoção de edifícios descentralizados, com múltiplos pavimentos, destinados a usos especiais e com formas variadas, leva a um grau de flexibilidade mínimo; no outro extremo, a composição da centralização com um único pavimento, sem destinação especial e com formas aproximadas do quadrado leva à flexibilidade máxima. Tudo isto deve ser tratado como teoria, dado que as opções tipológicas devem ser trabalhadas de modo adequado e integrado pelo projeto; um bom conjunto de opções tipológicas pode ser comprometido por um mau projeto.

## 6.6. Passo 5: Configuração Preliminar dos Sub-Sistemas

Definidos o dimensionamento e a tipologia do edifício industrial, a partir de todas as condicionantes abordadas nos itens anteriores, deve-se partir para a configuração preliminar dos sub-sistemas do edifício industrial. Devem ser pesquisadas as alternativas disponíveis no mercado para a especificação de cada um destes sub-sistemas, hierarquizadas segundo custo e performance. O plano diretor geral (PDG) possui um elemento bastante útil para esta fase do projeto, o caderno

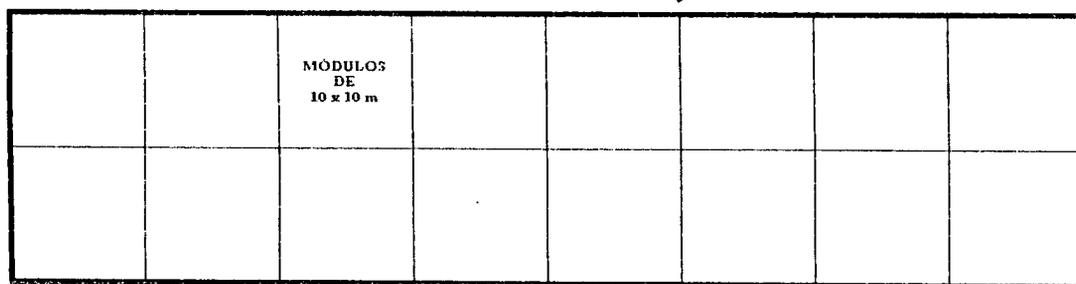
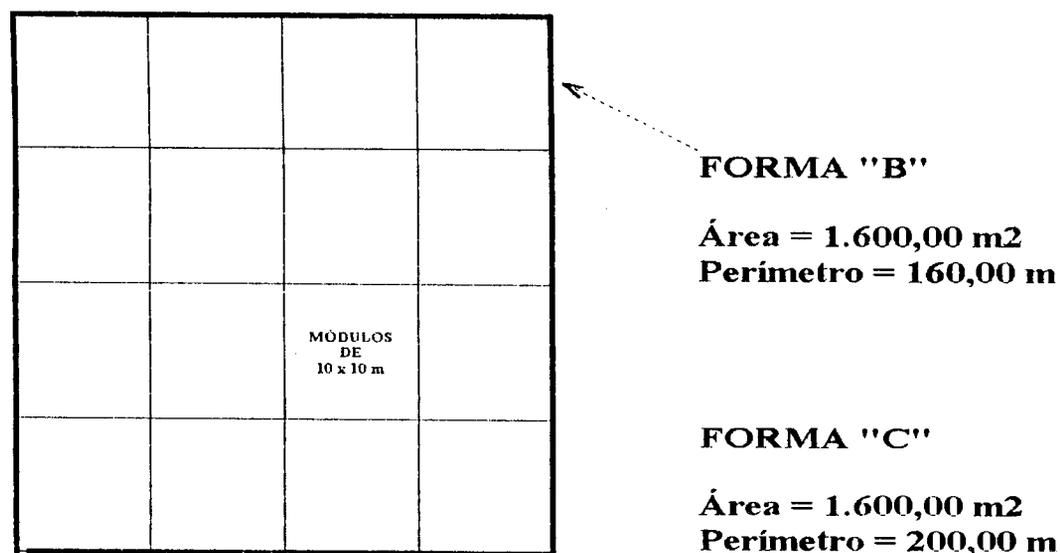
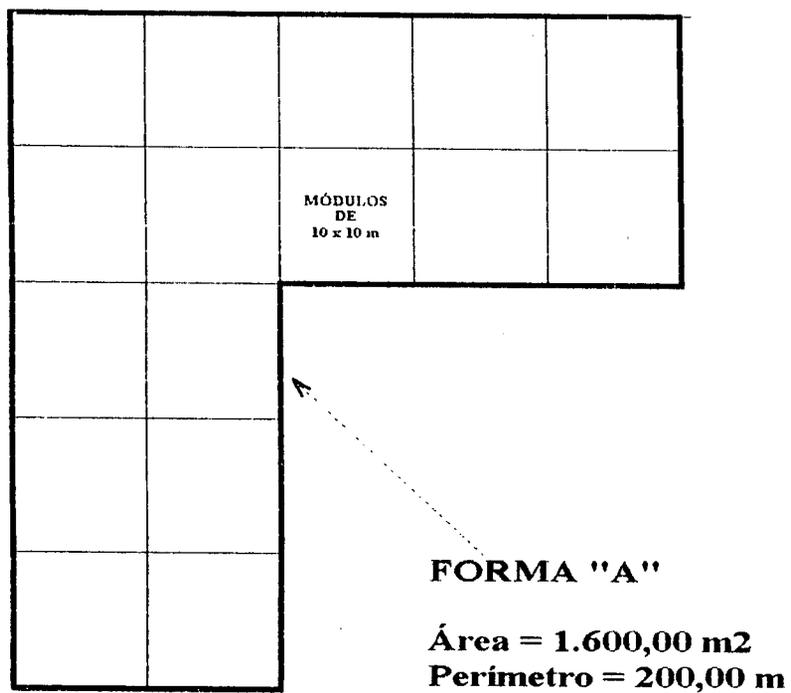


Figura 44: Relações entre Forma, Área e Perímetro do Edifício Industrial

### 6.5.6. Fatores Definidores da Tipologia

Os fatores que definem as opções tipológicas devem estar relacionadas com todas as *condicionantes do projeto* indicadas no item 6.2. (definição de requisitos), tomadas de maneira integrada. Cabe lembrar o papel fundamental dos *planos diretores* neste momento do projeto, dado que várias das alternativas tipológicas dependem mais da postura da alta administração e da sua estratégia do que de necessidades específicas do processo. Abaixo estão listados os fatores mais importantes para a definição da tipologia. São eles:

- *custos iniciais permissíveis;*
- *destinação futura planejada do edifício;*
- *grau de flexibilidade definido* (previsão do nível de mudanças em produto, processo e materiais);
- *imposições do marketing* (em relação a imagem, a características do entorno que devem ser respeitadas, etc.);
- *imposições e especificidades do processo e do arranjo industrial;*
- *imposições e especificidades do trabalho humano;*
- *características do terreno* (topografia, vegetação, forma, dimensões, clima, etc.);
- *imposições de sistemas construtivos disponíveis;*
- *tempo necessário para execução.*

Por fim, deve-se lembrar que diferentes combinações de opções tipológicas significam níveis também diferentes de flexibilidade (naquilo que se relaciona com os edifícios). Por exemplo, a adoção de edifícios descentralizados, com múltiplos pavimentos, destinados a usos especiais e com formas variadas, leva a um grau de flexibilidade mínimo; no outro extremo, a composição da centralização com um único pavimento, sem destinação especial e com formas aproximadas do quadrado leva à flexibilidade máxima. Tudo isto deve ser tratado como teoria, dado que as opções tipológicas devem ser trabalhadas de modo adequado e integrado pelo projeto; um bom conjunto de opções tipológicas pode ser comprometido por um mau projeto.

## 6.6. Passo 5: Configuração Preliminar dos Sub-Sistemas

Definidos o dimensionamento e a tipologia do edifício industrial, a partir de todas as condicionantes abordadas nos itens anteriores, deve-se partir para a configuração preliminar dos sub-sistemas do edifício industrial. Devem ser pesquisadas as alternativas disponíveis no mercado para a especificação de cada um destes sub-sistemas, hierarquizadas segundo custo e performance. O plano diretor geral (PDG) possui um elemento bastante útil para esta fase do projeto, o caderno

geral de encargos. Como visto no item 3.3, o caderno geral de encargos define o universo de especificações utilizadas no âmbito de todas as unidades da empresa e se justifica pela necessidade de padronização. Como a lista de sub-sistemas e de especificações para atendê-los é bastante grande, a empresa deve fazer um esforço de padronização visando a utilização de especificações iguais para situações similares; tal esforço reverte na racionalização da manutenção e do gerenciamento dos recursos físicos (pela redução de itens e procedimentos a serem gerenciados).

Da mesma forma que define especificações para os sub-sistemas, o caderno geral de encargos pode incluir exigências gerais quanto à execução dos serviços, ou seja, quanto à maneira como deve ser incorporado um determinado sub-sistema especificado ao conjunto do edifício industrial.

Os principais sub-sistemas do edifício industrial são:

- sub-sistema *fundações*;
- sub-sistema *estrutura*;
- sub-sistema *cobertura*;
- sub-sistema *vedações*;
- sub-sistema *instalações*;
- sub-sistema *esquadrias*;
- sub-sistema *iluminação natural*;
- sub-sistema *ventilação industrial*;
- sub-sistema *pisos industriais*;
- sub-sistema *acabamentos gerais*.

Alguns destes sub-sistemas estão melhor explicitados a seguir, com o fim da identificação de algumas interrelações.

#### **6.6.1. Sub-Sistema FUNDAÇÕES**

As funções das fundações num edifício industrial são as de: (a) *transferir para o solo cargas estáticas* (ou de pequena variabilidade) devidas à própria edificação e a todos os elementos que a compõem; (b) *transferir para o solo as cargas dinâmicas* devidas à operação de equipamentos, sistemas de transporte e manuseio de materiais e quaisquer outras solicitações que variem significativamente de dimensão.

Para o cálculo das fundações devem ser bem conhecidas as cargas ou forças transferidas ao solo e a capacidade deste solo para reagir a estas cargas ou forças. Tal capacidade do solo é medida por sondagens do subsolo realizadas em pontos distribuídos ao longo do terreno e por ensaios geotécnicos. Deve-se considerar que o solo de um determinado terreno pode apresentar características bastante

heterogêneas, com variações de resistência bastante grandes de um ponto para outro; de maneira geral é preferível optar por um solo medíocre, mas homogêneo, do que por um solo de boa qualidade mas heterogêneo.

O tipo de fundação é escolhido então em função das características das cargas e do solo. A escolha pode se dar através da opção por sistemas componentes de dois grupos:

- ***fundações diretas ou superficiais*** (executadas sobre as camadas superficiais de terrenos com boa resistência): blocos, sapatas e radiers;
- ***fundações profundas*** (executadas quando as camadas superficiais do solo não oferecem resistência para suportar as cargas definidas): brocas, estacas de madeira, estacas Strauss, estacas pré-moldadas de concreto, estacas metálicas, estacas moldadas no local, tubulões a céu aberto, tubulões pneumáticos.

A opção final pelo tipo de fundação se dá pela consideração conjunta de aspectos técnicos e econômicos aplicados à análise: (a) ***da natureza do solo***; (b) ***do nível do lençol freático***; (c) ***dos tipos e valores de carregamento aplicados ao solo***; (d) ***da disponibilidade de equipamento adequado para a execução***, principalmente, de estaqueamento.

### **6.6.2. Sub-Sistema ESTRUTURA**

O sub-sistema estrutura possui importância fundamental para a qualificação do espaço físico industrial, porque a ele impõe, após sua especificação, restrições importantes que permanecerão por toda a vida útil do edifício industrial. No âmbito de uma fábrica, a estrutura desempenha o papel de esqueleto de sustentação de praticamente todos os demais sub-sistemas definidos. Por exemplo, além de suportar o invólucro, representado pelos sub-sistemas cobertura, vedações e esquadrias, ele serve de apoio para todas as utilidades componentes dos sub-sistemas instalações, ventilação industrial, iluminação natural, etc. Por fim, suporta ainda todos os elementos vinculados ao processo produtivo (máquinas, equipamentos, etc.).

Além do papel predominante da estrutura como elemento de suporte do sistema edifício industrial, cabe a ele importância fundamental em dois outros aspectos. O primeiro relacionado com a ***conformação estética do edifício***; dadas as dimensões e solicitações a que é submetida, a estrutura ganha, na maior parte das vezes, um porte que a torna um elemento destacado, proeminente no conjunto. O segundo relacionado com a ***conformação funcional do edifício***; a disposição de pilares e bases de sustentação tem uma influência bastante expressiva nas

possibilidades de ocupação e de expansão do edifício, tornando fundamental o estudo de vãos e posicionamentos conciliados com os arranjos industriais (ver figura 45).

As opções de estrutura para os edifícios industriais estão dispostas em três grupos, definidos a partir do material do qual é constituída. Tais grupos são:

- **estruturas de concreto** (concreto armado, concreto protendido): compostas por elementos mais pesados e volumosos; quando não lançam mão de peças protendidas não se adequam para grandes vãos. As estruturas pré-fabricadas, atualmente, oferecem possibilidades para vãos de até 30 metros, mas o vão considerado mais econômico é o de 20 metros;
- **estruturas metálicas** (aço, alumínio): no que se refere ao aço, são as que dominam atualmente o mercado, dadas a rapidez de montagem, esbeltez dimensional e custos associados. O alumínio ainda possui aplicação limitada, dados os seus custos, mas sua aplicação vem aumentando em função de sua leveza, sua resistência a ambientes agressivos e seu grande potencial para vencer grandes vãos (estruturas espaciais de alumínio podem atingir vãos superiores a 50 metros);
- **estruturas mistas** (concreto e aço, concreto e alumínio): são também muito usuais em função de unirem as boas características de cada material. Por exemplo, sistemas com pilares de concreto (aproveitando a sua boa resistência à compressão) e vigas de cobertura em aço (aproveitando a sua boa resistência à tração e seu potencial de vencer grandes vãos);
- **estruturas de madeira**: perderam sua aplicabilidade ao longo dos anos pelas suas limitações de resistência a esforços e ao fogo e pela sua crescente indisponibilidade.

São muitas as alternativas disponíveis no mercado que representam variações dos sistemas estruturais acima indicados e que são potencialmente utilizáveis em edifícios industriais. É fundamental a definição do sistema a partir das considerações relacionadas no início deste item e ligadas à:

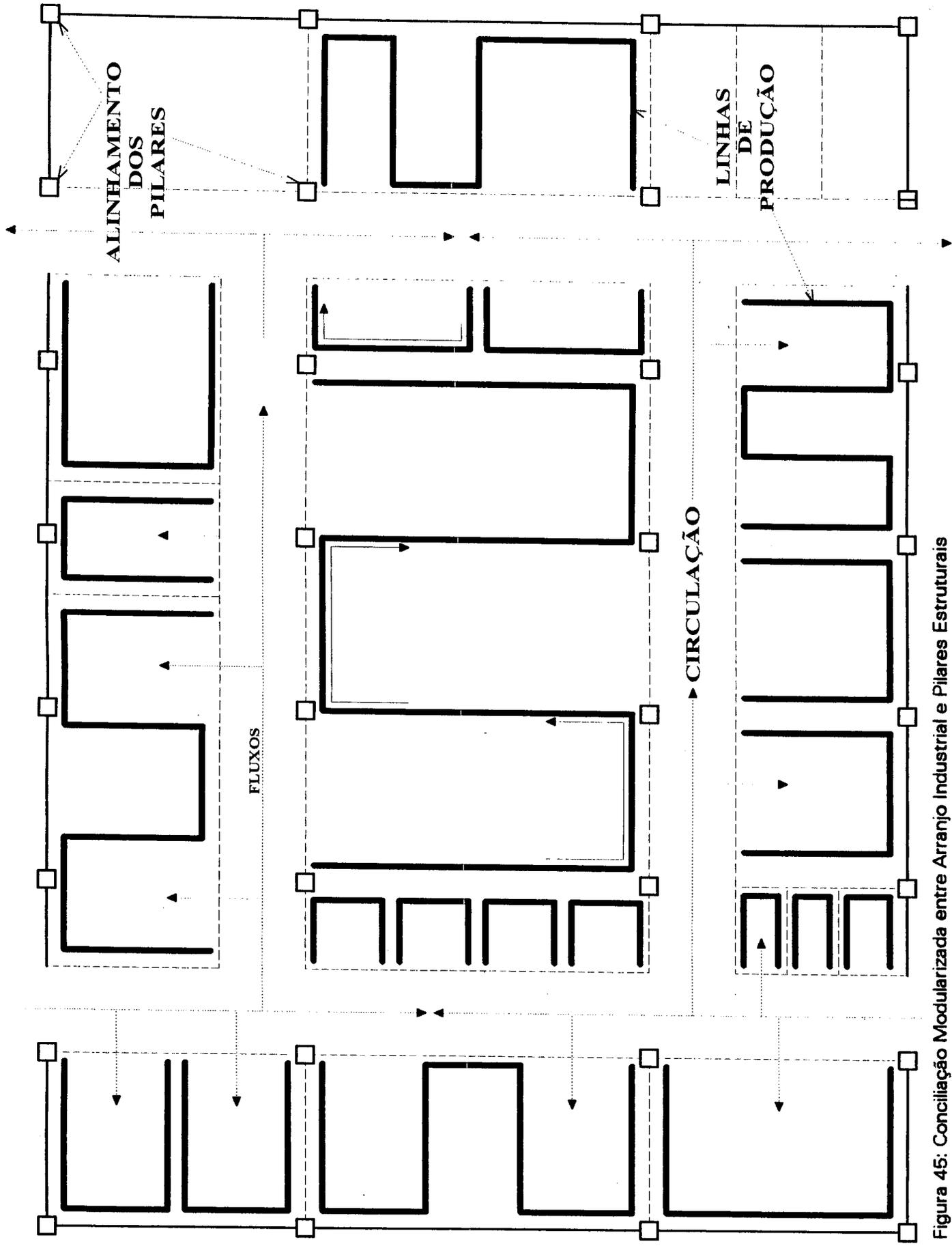


Figura 45: Conciliação Modularizada entre Arranjo Industrial e Pilares Estruturais

- *caracterização qualitativa e quantitativa das solicitações;*
- *caracterização de funções secundárias* (além de suportar o edifício, pode ser uma alternativa de projeto usar a estrutura como apoio de outros sub-sistemas);
- *caracterização dos vãos adequados* (técnica e economicamente);
- *qualificação estética;*
- *qualificação funcional;*
- *tempo requerido para construção/montagem;*
- *possibilidades de ampliação* (sem grandes interferências na produção);
- *caracterização de resistências mínimas a agressões físico-químicas;*
- *caracterização de resistências mínimas ao fogo;*
- *manutenibilidade;*
- *custos associados* (considerados no curto, médio e longo prazo).

### **6.6.3. Sub-Sistema COBERTURA**

Para a cobertura do edifício industrial valem muitas das considerações feitas no item anterior para o *sub-sistema estrutura*, dado que a sustentação da cobertura a ela está integrada (ver os exemplos da figura 49). Cabe aqui ressaltar as interrelações entre a cobertura e os *sub-sistemas iluminação natural e ventilação industrial*, que normalmente a ela se integram pela inserção de lanternins, sheds, clarabóias, ventiladores de cobertura, exaustores, etc.

O fechamento das coberturas pode se dar através de vários tipos de materiais. Atualmente as opções de mercado variam em torno das seguintes alternativas:

- *telhas de aço galvanizado*: de utilização intensiva, aliando boa resistência mecânica, baixo peso e, em função do revestimento de zinco, boa resistência a ambientes agressivos;
- *telhas de alumínio*: utilização crescente, mas com resistência mecânica pequena quando comparada com a do aço. A resistência a ambientes agressivos é alta (exceção são os ambientes com alto grau de concentração de enxofre);
- *telhas de fibrocimento*: se adequam à cobertura de pequenos edifícios ou quando conjugados à lajes de concreto. Seu peso e rigidez não recomendam sua utilização sobre estruturas metálicas e de madeira;

- **telhas translúcidas de fibra de vidro ou PVC:** normalmente destinadas à criação de iluminação zenital. Não é recomendada a sua utilização intensiva em função de que transferem excessiva quantidade de calor para o ambiente interno;
- **domos plásticos (acrílico e outras resinas poliméricas):** valem os mesmos comentários feitos para as telhas translúcidas;
- **lajes planas de concreto:** as lajes de concreto como coberturas foram viabilizadas a partir do desenvolvimento de sistemas de impermeabilização eficientes. Normalmente são utilizadas em edifícios especiais, que abrigam funções que exigem maior estanqueidade e controle;
- **telhas tipo sanduíche (lâminas de aço ou alumínio revestindo um enchimento de poliuretano expandido):** bastante utilizadas em locais onde a atenuação da transmissão de calor e som através da cobertura são necessários.

A decisão de especificar cada uma destas alternativas deve se subordinar a uma análise criteriosa das solicitações a que serão expostas, das condições de uso e manutenção e das características funcionais do local a ser recoberto. As seguintes etapas devem ser seguidas na especificação das coberturas:

- **identificação das operações a serem executadas na área a ser coberta:** procurando identificar emissões (de calor, gases, etc.) e eventuais sensibilidades a fatores externos (em termos de temperatura, ruídos, etc.);
- **verificação das características do sistema estrutural:** procurando identificar vãos a serem vencidos pela cobertura, sistemas de fixação, etc.);
- **definição das inclinações e conformação geométrica:** determinados processos emitem gases que não podem ficar armazenados em bolsões ou reentrâncias criados no teto. Neste caso, a atenuação das inclinações ou a criação de elementos de vazão embutidos devem ser definidas;
- **especificação a partir dos dados anteriores:** diante das condições de exposição (solicitações físico-químicas), inclinações requeridas, vãos a serem vencidos, tempo de vida desejado e custos permissíveis, pode ser definido o material. Deve-se atentar, por fim, para as

incompatibilidades entre os materiais (por exemplo, telhas de alumínio sobre estrutura de aço podem ser agredidas seriamente pela corrosão galvânica).

#### 6.6.4. Sub-Sistema ILUMINAÇÃO NATURAL

A iluminação natural normalmente não merece muita atenção em projetos de unidades industriais, sendo sumarizada a uma simples distribuição aleatória de janelas ao longo das paredes laterais do edifício, sem nenhuma relação com as características da atividade que abriga. O plano virtual de trabalho não é habitualmente analisado e quando uma operação exige algum grau de precisão, lança-se mão de um foco de luz artificial dirigido.

*A especificação de um sistema de iluminação natural em um edifício industrial normalmente deve ser feita a partir de uma opção conjugada com o sistemas estrutural e de cobertura.* Dadas as grandes dimensões dos edifícios industriais, a solução da iluminação por vias naturais não pode ser resolvida apenas por aberturas embutidas nas paredes laterais; complementarmente, deve ser definido um sistema de iluminação conciliado com a estrutura e cobertura especificados. Os anos têm consagrado a utilização de *sheds* ou *telhas translúcidas* como soluções usuais na indústria. No entanto, algumas observações devem ser feitas. Os sheds, do ponto de vista da iluminação, não representam uma solução muito adequada, pois distribuem a luz de forma muito desigual sobre o plano de trabalho (ver figura 46); além do que, máquinas ou operadores acabam projetando sombras sobre o plano de trabalho. Outra opção de mercado, as *estruturas de concreto protendido*, implicam sempre em *iluminação zenital definida por faixas de telhas em PVC ou fibra de vidro*; esta solução também é inconveniente porque alterna pontos com grande e pequena incidências de luz (ver também a figura 46).

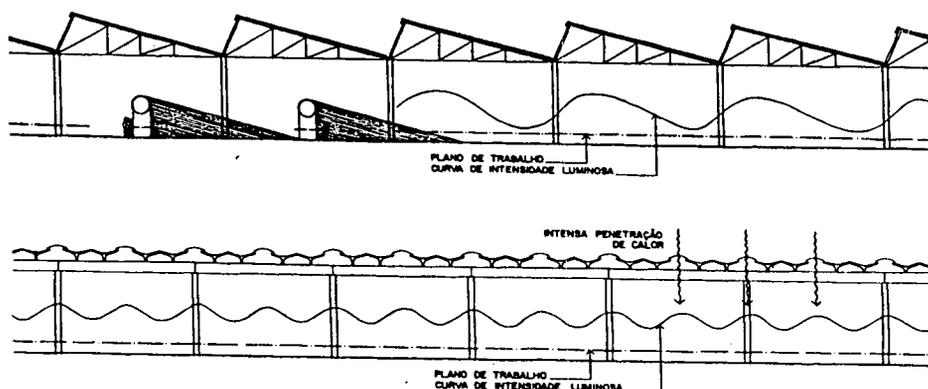


Figura 46: Iluminação Natural X Sistema Estrutural X Cobertura

Há ainda alguns outros aspectos que devem ser considerados. O primeiro deles se refere ao *frequente conflito entre iluminação natural e isolamento térmico*; grande parte das soluções de iluminação natural implicam em pontos de grande transferência de calor (um exemplo são as coberturas com faixas de telhas de fibra de vidro e PVC). Outro aspecto se relaciona com a *disposição de janelas laterais*. Tais janelas, além de destinadas à iluminação natural, podem objetivar a criação de um ambiente de trabalho mais agradável pela redução da sensação de enclausuramento; cuidados devem ser tomados, no entanto, no sentido de dispor estas janelas em pontos que viabilizem estes objetivos mas que não colaborem para a dispersão da atenção do operador (janelas ao nível de uma circulação externa, por exemplo, podem com frequência desviar a atenção do operador e contribuir para um acidente).

#### 6.6.5. Sub-Sistema VENTILAÇÃO INDUSTRIAL

A ventilação, provocada por meios naturais ou artificiais, deve ser criteriosamente planejada a fim de que sejam evitados danos à saúde, segurança e bem-estar dos trabalhadores, bem como danos à propriedade. Sob a denominação ventilação industrial não se incluem os sistemas de condicionamento de ar, destinados a outros fins na planta industrial, mas apenas aqueles que viabilizam a movimentação do ar natural. Segundo GUIMARÃES, MESQUITA e NEFUSSI (1985), os sistemas de ventilação industrial podem ser classificados, de acordo com sua finalidade, em:

- **Ventilação Geral** (por insuflação, por exaustão ou por insuflação-exaustão)
  - (a) *ventilação para manutenção do conforto e eficiência do homem*: obtida através do restabelecimento das condições atmosféricas alteradas pela presença do homem;
  - (b) *ventilação para manutenção da saúde e segurança do homem*: conseguida pela redução da concentração de aerodispersóides nocivos até que baixe a valores compatíveis com a saúde;
  - (c) *ventilação para conservação de materiais e equipamentos* (por imposição tecnológica).
- **Ventilação local** (por exaustão do ar junto à fonte de produção de um poluente nocivo à saúde, antes de sua dispersão na atmosfera ambiente).

#### 6.6.6. Sub-Sistema PISOS INDUSTRIAIS

Um dos sub-sistemas construtivos mais importantes de uma planta industrial são os pisos industriais. Sujeitos a uma diversidade muito grande de solicitações e agressões, devem ser especificados e dimensionados criteriosamente, e caso a caso,

em função de que reparos posteriores podem ser bastante indesejáveis para o cotidiano da empresa, interferindo diretamente na continuidade das funções produtivas.

Os pisos industriais devem ser abordados em duas etapas: (a) *dimensionamento estrutural*; (b) *especificação de componentes especiais*.

- **Dimensionamento Estrutural**

De acordo com as cargas a que estarão submetidos, os pisos podem ser executados: (a) *em concreto simples* (executado em placas, separadas por juntas e eventualmente solidarizadas por barras de transferência); (b) *em concreto armado*; (c) *em concreto protendido*. Os pisos em concreto armado e concreto protendido podem estar ligados a fundações especiais.

- **Especificação de Componentes Especiais**

Em função de agressões e solicitações a que eventualmente poderão estar expostos, aos pisos podem ser incorporados: (a) *revestimentos com argamassas de alta resistência*; (b) *agregados de elevada dureza*; (c) *concreto com fibras*; (d) *endurecedores de superfície*; (e) *revestimentos com polímeros*; (f) *revestimentos com refratários*.

A opção por um determinado piso deve considerar as solicitações e exigências a que se submeterão na fase operacional do edifício. Estas solicitações e exigências se subdividem em:

- *cargas estáticas*: uniformemente distribuídas, concentradas e lineares;
- *cargas dinâmicas* (provocadas por veículos);
- *ações físicas*: abrasão (provocada por tráfego ou arraste), impacto (devido à queda de objetos pesados) e variação de temperatura (nas proximidades de fornos);
- *ações químicas*: ataques de produtos químicos;
- *exigências adicionais*: supressão de juntas, superfícies antiderrapantes, etc.

## 6.7. Passo 6: Coordenação Modular dos Sub-Sistemas

A coordenação modular aqui é tomada no sentido não apenas da busca da *compatibilidade geométrico-dimensional* entre componentes construtivos, mas

também como meio de definição de *proporções harmônicas* para o edifício industrial. Estes dois objetivos serão abordados nos itens a seguir.

### 6.7.1. A Compatibilidade Geométrico-Dimensional

Num universo tão amplo de especificações quanto o definido pelo edifício industrial, a coordenação modular assume importância vital na compatibilização geométrico-dimensional destas especificações. Elementos de porte tão diferenciados quanto a estrutura principal do edifício, os painéis de fechamento lateral e os revestimentos cerâmicos devem possuir, entre eles, uma unidade de medida comum, um módulo, que trate de estabelecer relações geométrico-dimensionais que facilitem o processo de acoplamento e de integração. Segundo ROSSO (1980), o módulo básico desempenha três funções importantes: "(...) é o denominador comum de todas as unidades coordenadas; é o incremento unitário de toda e qualquer dimensão modular a fim de que a soma ou a diferença de duas dimensões modulares seja também modular; é um fator numérico, expresso em unidades do sistema de medidas adotado, ou a razão de uma progressão" (p.273).

O processo de concepção do espaço físico industrial deve sempre se desenvolver sobre uma base modular, uma malha orientativa, montada a partir de um módulo de projeto definido pelas:

- *características dos elementos construtivos existentes no mercado*: não faria sentido estabelecer uma unidade modular com 1,20x1,20 metros se o mercado adota, formal ou informalmente, a medida de 1,25x1,25 metros como base dimensional;
- *características específicas do projeto*: a equipe de projeto deve encontrar uma unidade modular que sirva à organização geral do empreendimento. Esta unidade deve ter relação com os sistemas mais representativos da planta industrial (processo, estrutura, etc.) e pode representar, por exemplo, uma unidade básica de ampliação.

As duas unidades modulares acima devem então ser compatibilizadas como múltiplos, conformando o *módulo de projeto*. Por exemplo, verificado que o processo industrial pode ser expandido de maneira modular a partir do acréscimo de módulos de 10,00x10,00 metros e que os elementos construtivos são predominantemente fornecidos a partir de uma base dimensional de 1,25 metros, pode-se estabelecer então o módulo de projeto em 10,00x10,00 metros (10,00 é múltiplo de 1,25). A partir deste módulo pode então ser conformada uma malha geral (10,00x10,00 metros) e uma malha auxiliar (1,25x1,25 metros) que servirão de base para a organização geral dos elementos de projeto.

A definição destas unidades modulares coordena o posicionamento dos elementos, induzindo o projetista a raciocinar sempre dentro de um *plano de organização modular*. Mesmo que não seja sempre possível manter as proporções definidas pelos módulos, no conjunto o plano manterá um padrão de ordenação. Através das malhas, ficam claros os espaçamentos dos elementos estruturais, as áreas dos vários setores se constituem sempre como múltiplos de uma base dimensional comum (facilitando comparações) e os percursos de linhas de alimentação se organizam ao longo de percursos facilmente identificáveis.

Assim, nesta etapa do projeto, todos os sub-sistemas devem ser lançados sobre uma base modular que permita a identificação preliminar de interferências entre um e outro. Tanto quanto possível, posicionamentos e percursos devem ser visualizados conjuntamente e revisados quando necessário. Incompatibilidades geométrico-dimensionais devem ser investigadas, buscando-se meios de resolução.

### **6.7.2. As Proporções do Edifício Industrial**

Uma outra forma através da qual a coordenação modular contribui para o projeto do edifício industrial é estabelecendo relações de proporcionalidade entre suas dimensões, contribuindo para a harmonização do conjunto. Conforme HEREDIA (1981),

*"(...) descobriu-se que o mundo psíquico se guia e atua por interrelações. Precisamente, na natureza isto se cumpre (...) vemos nas figuras de um caracol, do homem, dos animais ou das copas das árvores que se cumprem estas regras da proporção. Na arquitetura clássica, da Grécia e de Roma, não se concebe nenhuma construção sem os dois conceitos agora mencionados: o módulo e a proporção, sendo o módulo a unidade de medida utilizada para proporcionar as obras." (p. 142).*

Complementarmente, SUMMERSON (1982) afirma: *"(...) em arquitetura a proporção se cria pela repetição de razões formadas com as medidas de um edifício" (p.10)*. A partir destas considerações e sem entrar no mérito de outros conceitos ligados à arquitetura (tais como composição, morfologia, etc.), pode-se dizer que a partir da coordenação modular é possível conseguir uma organização geral satisfatória baseada na harmonização pela simetria. *Elementos corretamente dispostos a partir de um plano modular possuem uma qualidade natural associada à compatibilidade, à organização.*

## 6.8. Passo 7: Depuração dos Critérios

Por depuração de critérios subentende-se uma fase de ampla avaliação das soluções de projeto até aqui definidas, à luz dos requisitos gerais de projeto definidos no item 4.2. Nesta etapa é recomendável que a avaliação se dê por três caminhos diferenciados: (a) *pela checagem do grau de atendimento dos requisitos obrigatórios e desejáveis*; (b) *pela análise do nível de flexibilidade incorporado* (verificação do atendimento dos padrões previamente definidos); (c) *pela verificação de experiências similares* (a observação de unidades similares em operação pode fornecer dados sobre a performance de itens especificados).

## 6.9. Passo 8: Resolução de Interfaces

A *resolução de interfaces*, apesar de aparecer aqui como uma etapa definida do projeto, não deve caracterizar-se como uma atividade estanque. Resolução de interfaces, entendida como *resolução de interferências e conflitos* entre especificações, critérios e posturas, deve ser executada durante todo o desenvolvimento do projeto. O passo 6 (item 6.7), por exemplo, quando trata da *coordenação modular*, já está realizando um tipo de resolução de interfaces. Os *arranjos básicos, geral e industrial*, definidos no capítulo 4, são também destinados à resolução de interfaces, servindo como guias de projeto. Os *planos diretores, geral e específico*, definidos no capítulo 3, igualmente objetivam a resolução de interfaces, com a diferença que a fazem entre projeto e estratégia empresarial. *Cada um destes instrumentos faz a resolução de interfaces no âmbito do papel a eles atribuídos.*

Neste momento a diferença reside no fato de que agora a resolução deve ser feita de modo detalhado, se necessário matemático. Sistemas e sub-sistemas devem estar dimensionados e conciliados entre si. O trabalho, nesta etapa, pode ser muito facilitado pela utilização de modelos tridimensionais (modelados na forma de maquetes em escala ou modelos computadorizados); a visualização tridimensional permite uma rápida e confiável detecção de interferências, incompatibilidades e erros de projeto.

A partir desta compatibilização detalhada o edifício pode ser liberado para o detalhamento final, no qual serão confeccionados os desenhos de construção. *A transferência para esta outra etapa de problemas não resolvidos ou não detectados pode ser danosa para a qualidade final do edifício*, dado que, muito freqüentemente, projeto executivo (detalhado) e construção caminham paralelamente por algum tempo, tornando as revisões, quando não impossíveis, caras e não integralmente eficazes.

# CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

## 1. Conclusões

A abordagem metodológica, exposta ao longo dos capítulos anteriores, demonstra que as convicções manifestadas na introdução deste trabalho são procedentes, ou seja:

- *recursos físicos*, quando vinculados a uma visão mais ampla das interrelações que se estabelecem entre indústria, sociedade e ambiente de negócios, podem ser abordados como *recursos estratégicos* e contribuir para o alcance de vários objetivos e metas empresariais;
- a *concepção dos espaços físicos industriais*, quando tratada como parte integrante do processo mais amplo de implantação de uma fábrica, o *projeto industrial*, permite a incorporação, a estes espaços físicos, de características multifuncionais, integradas não apenas ao atendimento de requisitos construtivos específicos (relacionados apenas à tecnologia das edificações), mas também à satisfação das diversas funções intra-empresariais (produção, marketing, recursos humanos, manutenção, planejamento, etc.);
- a fábrica, quando tomada como *produto*, favorece a definição de uma filosofia de projeto baseada na realidade de que um *empreendimento industrial*, tanto quanto um *produto industrial*, nasce da vontade de exploração de uma oportunidade oferecida pelo mercado e é concebido na tentativa de incorporar características que o capacitem a ser aceito por este mercado. Esta visão do empreendimento industrial favorece o entendimento de que a busca por soluções de projeto que viabilizem e valorizem a sua correta integração ao meio (físico, cultural e social) em que se insere é tão importante quanto o alcance de soluções funcionais intra-empresariais, e que se relacionam diretamente com a *sobrevivência da empresa*.

*Tais aspectos, como se pode ver, quando trazidos para dentro do processo de concepção dos espaços físicos, impõem a consideração simultânea de fatores objetivos e subjetivos, tangíveis e intangíveis, matematicamente traduzíveis ou não e oriundos, sempre, de várias áreas de conhecimento. As etapas e passos de trabalho definidos anteriormente mostram que estes fatores, de*

ordem variada, podem ser abordados de forma racional, ordenada e integrada, através de uma metodologia sistematizada de projeto que trate de definir competências, responsabilidades, uniformidade conceitual e clareza na formulação e busca de objetivos.

Por fim, cabe ressaltar que as ações dirigidas a uma abordagem mais ampla e criteriosa dos espaços físicos não podem mais estar vinculadas a idéia de que representam apenas *custos, ônus, despesas*. As relações estabelecidas, neste trabalho, entre estes espaços físicos e o grande conjunto de condicionantes com o qual interagem, mostram que são antes *investimentos, fontes de futuras receitas, e totalmente compatíveis com a busca e a motivação pelo lucro*.

## 2. Recomendações

A partir deste trabalho, pode-se vislumbrar algumas possibilidades para futuras pesquisas, vinculadas ao aprofundamento de aspectos importantes relacionados com a concepção dos espaços físicos industriais. Algumas recomendações estão listadas a seguir:

- desenvolvimento de *heurísticas* dirigidas à resolução de problemas específicos, através da consideração de fatores intangíveis, subjetivos; tais heurísticas poderiam ser dirigidas à análise, por exemplo, de: (a) alternativas de localização industrial (baseadas não apenas no equacionamento matemático de um número limitado de fatores econômicos objetivos); (b) alternativas de arranjo industrial (a partir não apenas das características dos produtos e volumes de produção, mas também no âmbito das questões de dependência tecnológica e nas relações com pessoas e sociedade); (c) alternativas de organização geral para os complexos industriais (a partir das características do meio e circunstâncias estratégicas).
- estudos visando a identificação de *estratégias empresariais* com influência sobre a organização física industrial e suas mútuas interrelações;
- desenvolvimento de técnicas ou instrumentos destinados à análise e avaliação dos impactos resultantes da presença da fábrica em um determinado meio (impactos físicos, sociais, culturais);
- concepção de *sistemas construtivos* adequados às necessidades de flexibilidade, interfaceabilidade e manutenibilidade das unidades industriais;

- estudos relacionando *filosofias produtivas* e *espaços físicos*, identificando repercussões mútuas;
- *estudos de caso*, pela aplicação dos conceitos expostos nesta abordagem metodológica a situações reais ou simuladas.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

---

- Abdalla, J.J. & Rocha, A. A Escolha de Tecnologia pelas Empresas. In Christensen, C. & Rocha, A. (Org.). Marketing de Tecnologia. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ/Atlas, 1989, p. 27-38.
- Abdou, G. & Dutta, S.P. An Integrated Approach to Facilities Layout using Expert Systems. International Journal of Production Research, New York, 1990, 04 (v. 28), p. 685-708.
- Aranha, M.L.A. & Martins, M.H.P. Filosofando: Introdução à Filosofia. São Paulo: Moderna, 1986.
- Assunção, João V. Critérios para Estudo Prévio de Impacto Ambiental. In Sâmia Maria Tauk (Org.). Análise Ambiental: Uma Visão Multidisciplinar. São Paulo: UNESP, 1991, p. 61-63.
- Barbieri, José C. Sistemas Tecnológicos Alternativos. Revista de Administração de Empresas, 1989, 01, p. 35-45.
- Benevolo, Leonardo. História da Arquitetura Moderna. São Paulo: Perspectiva, 1986.
- Bhaskaran, Kumar. Process Plan Selection. International Journal of Production Research, New York, 1990, 08 (v. 28), p. 1527-1539.
- Blanchard, B.S. & Fabrycky, W.J. Systems Engineering and Analysis. New Jersey: Prentice Hall, 1990.
- Brasil, Congresso Nacional. Lei 6514/77 (Segurança e Medicina do Trabalho). Diário Oficial, 22 de dezembro de 1977.

- Brasil, Congresso Nacional. Portaria 3214/78 (Normas Regulamentadoras para Segurança e Medicina do Trabalho). Diário Oficial, 08 de junho de 1978.
- Broos, Hans. A Construção Industrial: Sua Posição na Sociedade Atual. Revista Projeto, 1989, 121, p. 89-93.
- Buarque, Cristovam. Avaliação Econômica de Projetos. Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- Campos, Vicente F. Gerência da Qualidade Total: Estratégia para aumentar a Competitividade da Empresa Brasileira. Belo Horizonte: Bloch, 1989.
- Canadá, Federal Environmental Assessment Review Office and Environmental Protection Service. Guide for Environmental Screening. 1977.
- Chiavenato, Idalberto. Teoria Geral da Administração. São Paulo: McGraw-Hill, 1987, v. 1.
- Chiavenato, Idalberto. Iniciação ao Planejamento e Controle da Produção. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- Cima, S.C.F., Monteiro, R.P. & Reis, J.R. Manual de Engenharia de Sistemas e Projetos. Petrópolis: Vozes/INPE, 1980.
- Cobra, Marcos. Plano Estratégico de Marketing. São Paulo: Atlas, 1991.
- Corrêa, Henrique L. Flexibilidade nos Sistemas de Produção. Revista de Administração de Empresas, 1993, 03, p. 22-35.
- Ferrari, Célson. Curso de Planejamento Municipal Integrado. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1979.
- Gama, Ruy. A Tecnologia e o Trabalho na História. São Paulo: Nobel/EDUSP, 1986.

- Grube, Oswald W. Construções para la Industria. Barcelona: Gustavo Gili, 1972.
- Guattari, Félix. As Três Ecologias. Campinas: Papirus, 1991.
- Guimarães, A.L.S., Mesquita, F.A. & Nefussi, N. Engenharia de Ventilação Industrial. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1985.
- Harmon, R.L. & Peterson, L.D. Reinventando a Fábrica: Conceitos Modernos de Produtividade Aplicados na Prática. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- Heragu, S.S. & Kusiak, A. Machine Layout: an Optimization and Knowledge-Based Approach. International Journal of Production Research, New York, 1990, 04 (v. 28), p. 615-635.
- Heredia, Rafael de. Arquitectura y Urbanismo Industrial: Diseño y Construcción de Plantas, Edificios y Polígonos Industriales. Madrid: Editora da Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales / Universidad Politecnica de Madrid, 1981.
- Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP). Curso de Coordenação de Projetos Industriais. Rio de Janeiro: IBP, 1986.
- Kantowitz, B.H. & Sorkin, R.D. Allocation of Functions. In Handbook of Human Factors. New York: John Wiley & Sons, 1987.
- Lansdown, J. & Roast, C. The Possibilities and Problems of Knowledge-Based Systems for Design. Environment and Planning. Londres, 1987, v. 14, p. 255-256.
- Machline, C., Motta, I.S., Schoeps, W. & Weil, K.E. Manual de Administração da Produção. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1987, v. 1.
- Mathias, H.O. O Custo é a Premissa em Projetos de Edificações Industriais. Revista Projeto, 1987, 103, p.127.

- Monchy, François. A Função Manutenção: Formação para a Gerência da Manutenção Industrial. São Paulo, Durban, 1989.
- Moore, James M. Plant Layout and Design. New York: Macmillan Publishing, 1962.
- Moura, Reinaldo A. Flexibilidade Total Homem x Máquina. São Paulo: IMAM, 1987.
- Moura, Reinaldo A. Logística: Suprimentos, Armazenagem, Distribuição Física. São Paulo: IMAM, 1989.
- Muther, Richard. Practical Plant Layout. New York: McGraw-Hill, 1955.
- Muther, Richard. Planejamento do Layout: Sistema SLP. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.
- Oliverio, José L. Projeto de Fábrica: Produtos, Processos e Instalações Industriais. São Paulo: Instituto Brasileiro do Livro Científico (IBLC), 1985.
- Orea, Domingos G. El Medio Físico y la Planificación. Cuadernos del Centro Internacional de Formacion en Ciencias Ambientales (CIFCA), 1978, 10.
- Orea, Domingos G. El Nedio Físico y la Planificación. Cuadernos del Centro Internacional de Formacion en Ciencias Ambietales (CIFCA), 1978, 11.
- Organização para o Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO). Manual de Preparação de Estudos de Viabilidade Industrial. São Paulo: Atlas, 1987.
- Organização para o Desenvolvimento Industrial das Nações Unidas (UNIDO). Implementação de Projetos Industriais. Lisboa: Monitor, 1988.
- Pahl, G. & Beitz, W. Engineering Design. Londres: The Desig Council, 1984.

- Pevsner, Nikolaus. História de las Tipologias Arquitectonicas. Barcelona: Gustavo Gili, 1979.
- Porter, Michael E. Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústrias e da Concorrência. Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- Rohde, Geraldo M. Estudos de Impacto Ambiental como Instrumento de Planejamento. Trabalho apresentado no I Seminário sobre Estudos de Impacto Ambiental como Instrumento de Planejamento Urbano, Porto Alegre, UFRS, 1992.
- Rolstadas, Asbjorn. Production Planning in a Celular Manufacturing Environment. Trabalho desenvolvido no The Norwegian Institute of Technology para ser apresentado no IFIP TC5 Seminar, Beijing, 1987.
- Rosso, Teodoro. Racionalização da Construção. São Paulo: Editora da USP, 1980.
- Sánchez, Álvaro. Sistemas Arquitectónicos y Urbanos: Introducción a la Teoría de los Sistemas aplicada a la Arquitectura y al Urbanismo. México: Editorial Trillas, 1978.
- Schmenner, Roger W. Procure Ver o Óbvio antes de Instalar a Fábrica. Biblioteca Harvard de Administração de Empresas, v. 08 (artigo 19), 1980.
- Schneider, Eugene V. Sociologia Industrial: Relações Sociais entre a Indústria e a Comunidade. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.
- Segawa, Hugo. Utopia e Realidade na Procura de uma Arquitetura Industrial. Revista Projeto, 1987, 101, p.79-81.
- Sell, Ingeborg. A Distribuição de Funções entre Homem e Máquina no Desenvolvimento de Produtos. Trabalho apresentado no IV Seminário Brasileiro de Ergonomia, Rio de Janeiro, 1989 (publicado nos anais, p. 193-198).

- Shreve, R.N. & Brink, J.A. Indústrias de Processos Químicos. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.
- Skinner, Wickham. The Focused Factory. Harvard Business Review, 1974, May-June, p. 113-121.
- Summerson, John. A Linguagem Clássica da Arquitetura. São Paulo: Martins Fontes, 1982.
- Tandy, Cliff. Industria y Paisaje. Madrid: Instituto de Estudios de Administracion Local, 1979.
- Taylor, F.W. Princípios de Administração Científica. São Paulo: Atlas, 1989.
- Valle, Cyro E. Implantação de Indústrias. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1975.
- Zaccarelli, Sérgio B. Administração Estratégica da Produção. São Paulo: Atlas, 1990.

## **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

---

Back, Nelson. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

Brasil, Congresso Nacional. Lei 6803/80 (Diretrizes Básicas para o Zoneamento Ambiental nas Áreas Críticas de Poluição). Diário Oficial, 03 de julho de 1980.

Foster, Richard. Inovação: A Vantagem do Atacante. São Paulo: Best Seller, 1988.

Hilhorst, J.G.M. Planejamento Regional: Enfoque sobre Sistemas. Rio de Janeiro: Zahar.

Iida, Itiro. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

Manzagol, Claude. Lógica do espaço Industrial. São Paulo, Difel, 1985.

Reed, Ruddell. Localizacion, "Layout" y Mantenimiento de Planta. Buenos Aires: Ateneo, 1971.

Saric, Ivan. System Ergonomics as an Integrated Part of the Product Development Process. Ergonomics, Londres, 1979, 09 (v. 22), p. 1029-1038.

Schonberger, Richard J. Fabricação Classe Universal: As Lições de Simplicidade Aplicadas. São Paulo: Pioneira, 1988.

Silva, E. B. Refazendo a Fábrica Fordista. São Paulo: Hucitec, 1991.