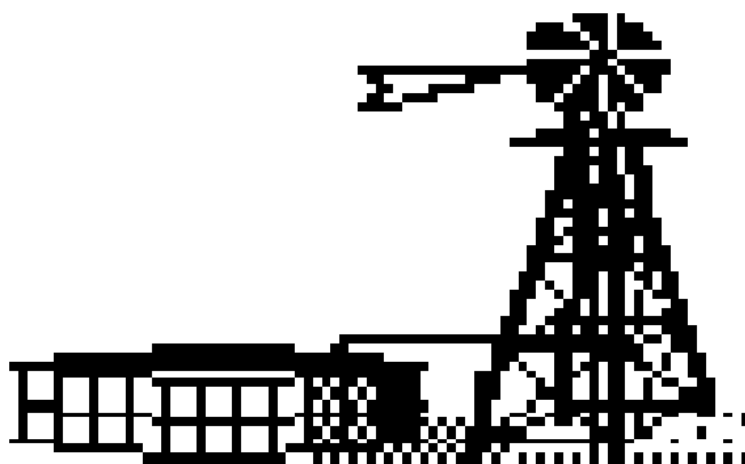


Colecção:  
*Sessão da Produtividade e da Qualidade*



**Isabel Morais**

# Técnicas de Engenharia Industrial

# Ficha Técnica

---

**Título** Técnicas de Engenharia Industrial  
**Colecção** Gestão da Produtividade e da Qualidade  
**Volume** 8  
**Autor** Isabel Cristina da Silva de Morais  
**Ano** 2005  
**Edição** Escola Superior de Tecnologia e Gestão da Guarda  
Av<sup>a</sup> Dr Francisco Sá Carneiro, 50  
6300-559 Guarda  
Telf. 271 220 120 Fax: 271 220 150  
[www.estg.ipg.pt](http://www.estg.ipg.pt)

**Equipa Técnica** Constantino Mendes Rei (Coordenador)  
Ester Amorim  
Vítor Gabriel  
Dina Teixeira  
Isabel Morais

**Entidades Promotoras e Apoios** Escola Superior de Tecnologia e Gestão da Guarda e Programa Operacional Emprego, Formação e Desenvolvimento Social (POEFDS), co-financiado pelo Estado Português e pela União Europeia, através do Fundo Social Europeu. Ministério da Segurança Social e do Trabalho.

**Revisão, Projecto Gráfico, Design e Paginação** Gabinete de Promoção e Divulgação da ESTG

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
Capítulo 1	
Introdução à Engenharia Industrial	1
1.1 Introdução	1
1.2 Áreas de actuação da Engenharia Industrial	2
1.3 Escolher a ferramenta adequada	5
<i>Questões para Discussão</i>	10
Capítulo 2	
Ferramentas da Engenharia Industrial	11
2.1 Panorâmica sobre as ferramentas da Engenharia Industrial	11
2.2 Principais ferramentas	13
2.2.1 Identificação do Problema	13
2.2.2 Análise	28
2.2.3 Desenho e Desenvolvimento	49
2.2.4 Avaliação	56
2.2.4.1 Importância os Indicadores de Desempenho	60
2.2.5 Implementação	62
<i>Questões para Discussão</i>	77
Bibliografia	78

<b>Índice de Figuras</b>	<b>Página</b>
Figura 1: Principais áreas de actuação da Engenharia Industrial	4
Figura 2: Abordagem Sistémica	4
Figura 3: Métodos de Engenharia Industrial e o seu efeito na melhoria da produtividade	5
Figura 4: Ferramentas da Engenharia Industrial para cada uma das etapas da resolução de problemas	12
Figura 5: Representação gráfica do Modelo BCG	21
Figura 6: Gráfico de Fluxo do Processo de montagem de uma tomada	33
Figura 7: Guia do número de ciclos a observar num estudo de tempos	38
Figura 8: Desenho e Desenvolvimento	49
Figura 9: Decisão em Grupo Nominal	55
Figura 10: Avaliação	58
Figura 11: Diagrama de Gantt	66

## Capítulo 1

### *Introdução à Engenharia Industrial*



**Depois de ler este capítulo, vai estar apto a:**

- ✓ *Identificar as principais áreas de actuação da Engenharia Industrial.*
- ✓ *Identificar as diferentes ferramentas da Engenharia Industrial e o seu campo de aplicação.*
- ✓ *Compreender os princípios de aplicação das ferramentas da Engenharia Industrial.*



#### 1.1 Introdução

A Engenharia Industrial desenvolveu-se no início do século XX com a Teoria da Organização Científica do Trabalho defendida por Frederick Taylor. Nos nossos dias, a Engenharia Industrial é uma metodologia avançada que procura melhorar o desempenho dos sistemas, desde a indústria até ao sector dos serviços.

A Engenharia Industrial trata da optimização dos recursos produtivos tendo em vista a obtenção do *output* desejado. Neste sentido, os Engenheiros Industriais actuam junto dos grupos de trabalho como elementos facilitadores e consultores do processo, não se comportando como os especialistas que detêm a única solução válida para um problema.

## 1.2 Áreas de actuação da Engenharia Industrial

A Associação Portuguesa de Engenharia Industrial apresenta-nos a seguinte definição de Engenharia Industrial:

A Engenharia Industrial ocupa-se do projecto, melhoria e instalação de sistemas integrados de pessoas, materiais, informação, equipamento e energia. Baseia-se em conhecimentos e técnicas especializadas das ciências matemáticas, físicas e sociais, juntamente com os princípios e métodos de análise e projecto de engenharia, para especificar, predizer e avaliar os resultados a serem obtidos desses sistemas.

Pela definição apresentada percebemos que a Engenharia Industrial, para o cumprimento dos seus objectivos, recorre a uma vasta gama de conhecimentos em domínios muito diversificados. São eles:

- ☞ Análise de Custos;
- ☞ Automação;
- ☞ Engenharia Económica;
- ☞ Ergonomia;
- ☞ Estudo do Trabalho;
- ☞ Fiabilidade e Manutenção;
- ☞ Gestão de Projectos;
- ☞ Gestão de Recursos Humanos;
- ☞ Higiene e Segurança;
- ☞ Investigação Operacional;

- ☞ Logística;
- ☞ Melhoria do Produto;
- ☞ Planeamento e Projecto de Instalações;
- ☞ Processos Estocásticos;
- ☞ Processos de Produção;
- ☞ Qualidade;
- ☞ Sistemas de Informação;
- ☞ Sistemas de Produção e
- ☞ Teoria das Organizações.

Tendo por base a vasta gama de conhecimentos que a Engenharia Industrial envolve, as suas principais áreas de actuação apresentam-se na Figura 1.

Podemos observar, pela análise da figura anterior, que o campo de aplicação da Engenharia Industrial cobre actividades muito diversificadas dentro das Organizações.

Importa referir que a Engenharia Industrial recorre à abordagem sistémica. Nesta abordagem, os processos são descritos pelos seus *inputs*, pelo sistema de transformação e pelos *outputs*, como pode ser visualizado na Figura 2. Por sua vez, os sistemas são definidos pela tecnologia, pelos equipamentos, e pelos recursos humanos e organizacionais que utilizam.

1. Selecção do Processo e dos Métodos.
2. Selecção das ferramentas e do equipamento.
3. Planeamento do *layout* das instalações.
4. Concepção e desenvolvimento de sistemas de Planeamento e Controlo para a Distribuição de bens e serviços.
5. Desenvolvimento de sistemas de controlo de custos.
6. Desenvolvimento de produtos.
7. Planeamento e instalação de Sistemas de Gestão da Informação.
8. Desenvolvimento e implementação de Sistemas de Avaliação de Funções.
9. Avaliação da Segurança e da *Performance*.
10. Investigação de operações, que inclui análise matemática, simulação, programação linear e teoria da decisão.
11. Planeamento e desenvolvimento de Sistemas de processamento de Informação.
12. Planeamento Organizacional.
13. Planeamento da Localização de Instalações.
14. Protecção do meio ambiente e optimização da utilização dos recursos naturais.

Figura 1: Principais áreas de actuação da Engenharia Industrial  
(Fonte: adaptado de Organização Internacional do Trabalho, 1996)

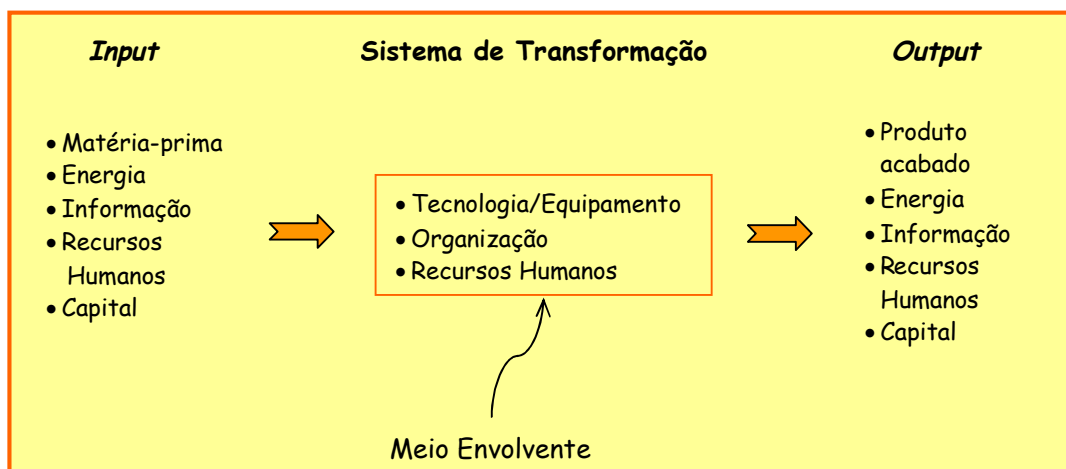


Figura 2: Abordagem Sistémica

(Fonte: adaptado de Organização Internacional do Trabalho, 1996)



### 1.3 Escolher a ferramenta adequada

Para um Engenheiro Industrial é muito importante a escolha da ferramenta adequada para uma situação específica. Por exemplo, em situações onde um procedimento de amostragem é suficiente para o conhecimento de um processo, não é necessário proceder-se a um estudo exaustivo do mesmo. Ou, se em alguns contextos sócio-culturais, os incentivos monetários são a forma mais viável de se aumentar a *performance* dos colaboradores, noutros contextos, este mesmo aumento da *performance* pode ser conseguido através da introdução de novas formas de organização do trabalho.

A Engenharia Industrial dispõe de um vasto leque de medidas que permitem aumentar a produtividade dos recursos humanos, do equipamento, das matérias-primas e energia e do capital.

A Figura 3 lista os diferentes métodos de Engenharia Industrial utilizados para aumentar a produtividade, agrupados em categorias (*produto, materiais, processos e tecnologia, organização e métodos, envolvimento dos trabalhadores, qualidade e outros recursos e controlo*). Relativamente a cada método é assinalado o seu efeito sobre quatro factores produtivos (recursos humanos, equipamento, materiais e energia).

Melhoria da Produtividade através de:	Potencial de melhoria (redução de custos) para:		
	Recursos Humanos	Equipamento	Materiais e Energia
<b>Produto</b>			
Engenharia de Valor	X	X	XX
Estandardização	X	X	XX
Famílias de peças		X	X

Fazer ou comprar	X	X	X
<b>Material</b>			
Planeamento das necessidades de materiais			XX
Planeamento e análise dos fluxos de materiais		X	X
Racionalização do transporte de materiais	X	X	X
<b>Processos e Tecnologia</b>			
Mecanização e automatização	XX	X	X
Novas tecnologias e processos produtivos e tecnologias de informação	XX	X	XX
Planeamento e Controlo da Produção	X	XX	X
Optimização da utilização da capacidade		XX	X
Lote económico de fabrico		X	X
<b>Organização e Métodos</b>			
Gestão de Projectos	X	X	X
Estudo dos métodos e dos tempos	XX	XX	
Organização do trabalho e planeamento dos postos de trabalho	XX	X	

Saúde e segurança ocupacional	X		
<b>Envolvimento dos trabalhadores</b>			
Formação e treino	XX		
Avaliação de funções	X		
Remuneração e Incentivos (pagamento por resultados)	XX	X	X
Sistemas de sugestões	X	X	X
Grupos de trabalho	X	X	X
<b>Qualidade e Recursos</b>			
Planeamento e Controlo da Qualidade			XX
Manutenção preventiva		XX	
Programas de economia de energia e recursos			XX
<b>Controlo</b>			
Controlo da Produtividade (indicadores, rotação do capital)	X	X	XX
X = método que tem influência na respectiva melhoria; XX = método que tem uma importância determinante na melhoria			
XX = método que tem uma importância determinante na melhoria			

Figura 3: Métodos de Engenharia Industrial e o seu efeito na melhoria da produtividade  
(Fonte: adaptado de Organização Internacional do Trabalho, 1996)

Da análise da figura, percebemos que, grande parte dos métodos, têm influência sobre os quatro factores produtivos.

Os métodos que têm um efeito determinante na melhoria da produtividade são:

- ☞ Os *Recursos Humanos* são influenciados, principalmente, por:
  - Mecanização e Automatização;
  - Novas tecnologias e processos produtivos e tecnologias de informação;
  - Estudo dos métodos e dos tempos;
  - Organização do trabalho e planeamento dos postos de trabalho;
  - Formação e treino;
  - Remuneração e Incentivos (pagamento por resultados).
  
- ☞ Para aumentar a produtividade do *Equipamento*, os métodos prioritários são:
  - Planeamento e Controlo da Produção;
  - Optimização da utilização da capacidade;
  - Estudo dos métodos e dos tempos;
  - Manutenção preventiva.
  
- ☞ Aos níveis dos *Materiais* e da *Energia*, a produtividade é prioritariamente aumentada por:
  - Engenharia de Valor;
  - Estandardização;
  - Planeamento das necessidades de materiais;

- Novas tecnologias e tecnologias de informação;
- Planeamento e Controlo da Qualidade;
- Programas de economia de energia e recursos;
- Controlo da Produtividade (indicadores, rotação do capital).



## Questões para discussão

- 1. Em que consiste a Engenharia Industrial e qual o seu papel na melhoria da produtividade?*
- 2. Porque é importante, sob o ponto de vista do planeamento e análise dos sistemas, recorrer à abordagem sistémica?*
- 3. Refira os mais importantes métodos de Engenharia Industrial e o seu efeito no aumento da produtividade.*

## Capítulo 2

### *Ferramentas da Engenharia Industrial*



**Depois de ler este capítulo, vai estar apto a:**

- ✓ *Descrever as principais ferramentas de análise da Engenharia Industrial e identificar as suas áreas de aplicação.*
- ✓ *Saber seleccionar as ferramentas adequadas para a identificação e análise do problema.*
- ✓ *Saber seleccionar as ferramentas adequadas para a concepção, desenvolvimento, avaliação e implementação de sistemas.*

---

### 2.1 Panorâmica sobre as ferramentas da Engenharia Industrial

As ferramentas de Engenharia Industrial podem ser utilizadas em todas as etapas da resolução de problemas: identificação, análise, desenho, avaliação das alternativas e implementação. No entanto, grande parte das ferramentas é habitualmente utilizada na fase de análise.

Ao longo deste capítulo iremos apresentar as ferramentas da Engenharia Industrial mais comumente utilizadas. As ferramentas clássicas centram a sua actuação, em termos dos sistemas de trabalho, na performance humana. Com o desenvolvimento tecnológico associado aos equipamentos produtivos e aos sistemas de informação, a Engenharia Industrial continua, contudo, a ser uma

importante metodologia para o projecto, melhoria e instalação de sistemas integrados de pessoas, materiais, informação, equipamento e energia.

A Figura 4 apresenta as ferramentas da Engenharia Industrial mais utilizadas para a melhoria dos processos produtivos em cada uma das etapas da resolução de problemas.

Identificação do Problema	Análise	Desenho	Avaliação das alternativas	Implementação
Análise dos Pontos Fracos	Análise de Valor	Técnicas de Criatividade	Análise Custo/Benefício	Gestão de Projectos
Análise SWOT	Estudo dos Métodos	Algoritmos de Desenho	Sistemas Integrados de Avaliação	Controlo de Projectos
Análise ao Portfólio de Actividades	Medição do Trabalho	Metodologias Integradas	Avaliação do Impacto Ambiental	
Análise de Pareto	Análise Ergonómica	Desenvolvimento Organizacional, Desenho Ergonómico, Organização do Trabalho		
Análise de Sensibilidade	Análise e Descrição de Funções			
Análise do campo de Forças				

Figura 4: Ferramentas da Engenharia Industrial para cada uma das etapas da resolução de problemas

(Fonte: adaptado de Organização Internacional do Trabalho, 1996)



## 2.2 Principais ferramentas

### 2.2.1 Identificação do Problema

Uma das tarefas cruciais dos Engenheiros Industriais é encontrar operações que possam ser objecto de melhorias ao nível da sua produtividade, bem como, antecipar a ocorrência de problemas, ou ainda, de entre os problemas existentes numa Organização detectar os mais urgentes ou aqueles que podem ser resolvidos com um mínimo esforço. Neste ponto, são abordadas algumas das ferramentas mais utilizadas nestes domínios.

#### ⇒ **Análise e diagnóstico da Situação:**

- Análise Externa: o **Meio Envoltente**, o **Mercado** e os **Clientes**

A Análise Externa consiste em descrever e analisar os traços importantes e pertinentes do mercado no qual se situa o produto cuja estratégia de marketing se está a elaborar.

#### **Análise do Meio Envoltente**

Os comportamentos dos clientes e as acções das empresas são influenciados por tendências e evoluções globais a que chamamos meio envoltente. Identificam-se seis componentes no meio envoltente de um mercado:

- A envoltente demográfica;
- A envoltente sócio-cultural;
- A envoltente económica;
- A envoltente político-legal;
- A envoltente tecnológica;

- A envolvente ambiental.

### Análise do Mercado

O mercado pode ser estudado ao nível da indústria, da categoria de produtos ou do tipo de produtos, devendo ser analisados os seguintes aspectos:

- Volume de vendas, ventilado por tipos de produtos;
- Número e características dos compradores, consumidores ou utilizadores;
- Segmentação do mercado em função dos critérios mais pertinentes;
- Tendência de evolução dos preços;
- Ciclo de vida.

Esta análise deve revelar os aspectos marcantes da situação e as evoluções do mercado e dos seus segmentos de produtos.

### Análise dos Clientes e dos outros públicos

Esta análise inclui dois tipos de actores: os *clientes* (incluindo os utilizadores, os compradores, os prescritores, etc) e os *distribuidores*.

1º *Os clientes e outros influenciadores*

*Os comportamentos de consumo e de compra:*

- Quem consome ou utiliza, onde, quando e como?
- Quem compra, onde, quando, como e sob a influência de que prescritores?

*Motivações, atitudes e critérios de escolha dos consumidores ou dos compradores:*

- Contexto psicológico do consumo ou da compra: importância psicológica do produto (nomeadamente riscos financeiros, materiais ou psicológicos), importância relativa dos factores racionais, afectivos e seus reflexos na compra.
- Principais motivações e constrangimentos que determinam a atitude geral face ao produto.
- Critérios de escolha das marcas.
- Influência dos retalhistas, dos prescritores, do meio envolvente, do preço, do hábito, da imagem, da disponibilidade do produto nos locais de venda, etc.

## *2º A distribuição*

- Número e características dos intermediários.
- Repartição das vendas globais por tipo de intermediários, tendência futura desta repartição.
- Políticas praticadas por esses intermediários (preços, margens, promoções, etc.).
- Motivações e atitudes desses intermediários face à escolha das marcas que vendem e promovem.

- Análise Externa: os **Concorrentes**

### **Identificação dos Concorrentes**

Em sentido lato, o concorrente de um produto é outro qualquer com o qual o consumidor possa substituir o primeiro, total ou parcialmente. O espaço concorrencial de um produto ou de uma marca pode ser analisado a três níveis:

- A concorrência inter produtos: os concorrentes são definidos aqui como os que oferecem produtos completamente semelhantes.
- A concorrência inter segmentos.
- A concorrência genérica.

### **Análise dos concorrentes directos e indirectos**

#### *Identificação e situação dos concorrentes:*

A análise da concorrência deve ser sempre feita numa postura prospectiva, pelo que é importante descortinar os concorrentes ainda “emboscados” e calcular o seu potencial de crescimento. Assim, é necessário:

- ☞ Identificar os concorrentes (actuais ou potenciais);
- ☞ Situar os concorrentes no espaço concorrencial.

Cada concorrente perfeitamente identificado é um concorrente directo ou indirecto? Mais precisamente, onde se deve situar dentro dos três níveis identificados atrás: concorrência inter produtos, inter segmentos ou genérica?

#### *Análise dos concorrentes mais importantes:*

- *Poder, experiência e dinamismo de cada concorrente:*
  - Quota de mercado (em volume e valor);
  - Poder da marca: notoriedade, imagem, qualidade e fidelidade dos consumidores;

- Investimentos e meios de marketing (orçamentos de comunicação, *share of voice*, investigação e desenvolvimento, estudos de marketing, cobertura de distribuição, etc.);
- Meios tecnológicos;
- Experiência do concorrente no mercado nacional e nos mercados internacionais;
- Rentabilidade do concorrente, ligada à sua experiência e aos efeitos de economias de escala, à concepção dos produtos e ao seu modo de comercialização e de promoção;
- Dinamismo do concorrente.
- *Estratégia de cada concorrente:*
  - Reconstituição da sua estratégia actual e elaboração de cenários sobre perspectivas estratégicas: alvos, posicionamento e *marketing-mix*;
  - Na análise sintética das suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (*SWOT*).
- *Cálculo da capacidade de reacção dos concorrentes:*

O potencial, a rapidez e a força de reacção de um concorrente têm de ser observados.

*A concorrência, adversário ou aliado objectivo:*

A concorrência pode ter aspectos positivos. A luta concorrencial dinamiza o mercado global na medida em que os esforços comerciais, investimentos em publicidade, promoções, *merchandizing* de cada uma das marcas em presença vai contribuir para a dinamização do mercado. Por exemplo, o crescimento do consumo de telecomunicações móveis tem sido impulsionado pelas fortes

campanhas da Vodafone, da TMN e da Optimus, que se têm posicionado nos últimos anos nos dez maiores investidores em comunicação.

### Análise e medida da posição concorrencial

#### *Análise da posição concorrencial:*

Na análise da posição concorrencial, para além da posição das marcas no mercado, da sua imagem e da sua implantação comercial, devem ter-se em conta as competências técnicas, a rentabilidade e a capacidade financeira dos seus principais concorrentes. Dever-se-á analisar o peso relativo destes diferentes critérios, conforme a natureza dos factores de sucesso na actividade considerada e obter-se uma informação final ponderada medindo a posição concorrencial das marcas estudadas.

#### *A quota de mercado:*

O indicador mais utilizado para situar a posição concorrencial de um produto, de uma marca ou de uma empresa é a quota de mercado.

$$\text{Quota de mercado} = \text{mercado de um produto} / \text{mercado global}$$

A *quota de mercado relativa* é obtida, em volume e em valor, confrontando a quota de mercado de um produto ou de uma marca com a do líder. Para este, calcula-se a sua quota de mercado relativa, confrontando a sua quota de mercado com a do número dois, o que significa que o líder é o único a ter uma quota de mercado relativa superior a 1.

A quota de mercado relativa é um indicador da estrutura concorrencial de um mercado e da distância que separa uma dada marca da líder, que exprime a força da liderança; uma quota de mercado relativa de 1,1 significa a detenção da maior quota de mercado mas não a posição de um verdadeiro líder, visto que a primeira posição é partilhada com outro concorrente.

- Análise Interna:

A análise interna diz respeito aos recursos de que a empresa dispõe e às dificuldades ou fraquezas que limitam a sua evolução.

*Evolução recente das performances quantitativas da empresa no mercado:*

- Volume de vendas e quota de mercado (global e por segmentos);
- Penetração dos produtos da empresa na clientela potencial (ou nº de clientes);
- Perfil e características dos clientes comparativamente com os do mercado e os dos principais concorrentes;
- Grau de penetração dos produtos da empresa nos principais circuitos de distribuição;
- Análise dos custos e da rentabilidade dos diferentes produtos ou modelos da gama da empresa.

*Estado e evolução recente da notoriedade da empresa e da imagem da empresa e/ou da marca:*

- Nos actuais clientes;
- Nos clientes potenciais;
- Nos distribuidores, prescritores, etc.

*Recursos que a empresa dispõe ou poderia dispor para o produto escolhido:*

- Financeiros;
- Tecnológicos e industriais;
- Inovação;

- Comerciais (força de vendas).

- Análise SWOT:

O diagnóstico acrescenta valor suplementar à análise, preparando-nos para as decisões operacionais e estratégicas, e consiste em elaborar uma síntese das análises interna e externa. De um lado, apresentam-se os principais aspectos que a diferenciam dos seus concorrentes no mercado considerado, identificando os *pontos fortes* e os *pontos fracos*. Do outro lado, identificam-se perspectivas de evolução do mercado, as principais *ameaças* e as principais *oportunidades*. Este diagnóstico apresenta-se sob a forma de dois quadros, um para as forças e fraquezas da empresa, e outro para as ameaças e oportunidades, identificadas ao longo da análise de mercado e da concorrência. Aos dois quadros reunidos, dá-se o nome de *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*).

As condições de sucesso de uma análise *SWOT* são as seguintes:

- ✓ A análise *SWOT* é uma conclusão das análises externa e interna;
- ✓ A análise *SWOT* não é um resumo das análises anteriores, mas deve identificar os elementos chave que permitam estabelecer prioridades;
- ✓ A análise *SWOT* prepara recomendações – no final, deve ser possível ver claramente quais são os riscos a ter em conta e os problemas a resolver.

⇒ **Análise ao Portfólio de actividades – Modelo BCG:**

O Modelo proposto pelo *Boston Consulting Group (BCG)* avalia o interesse dos domínios de actividade de uma empresa com base em dois critérios objectivos:

- ☞ A taxa de crescimento do mercado;
- ☞ A quota de mercado relativa.



A partir destes dois critérios, o modelo *BCG* permite situar o conjunto das actividades de uma empresa numa matriz semelhante à representada na Figura 5.

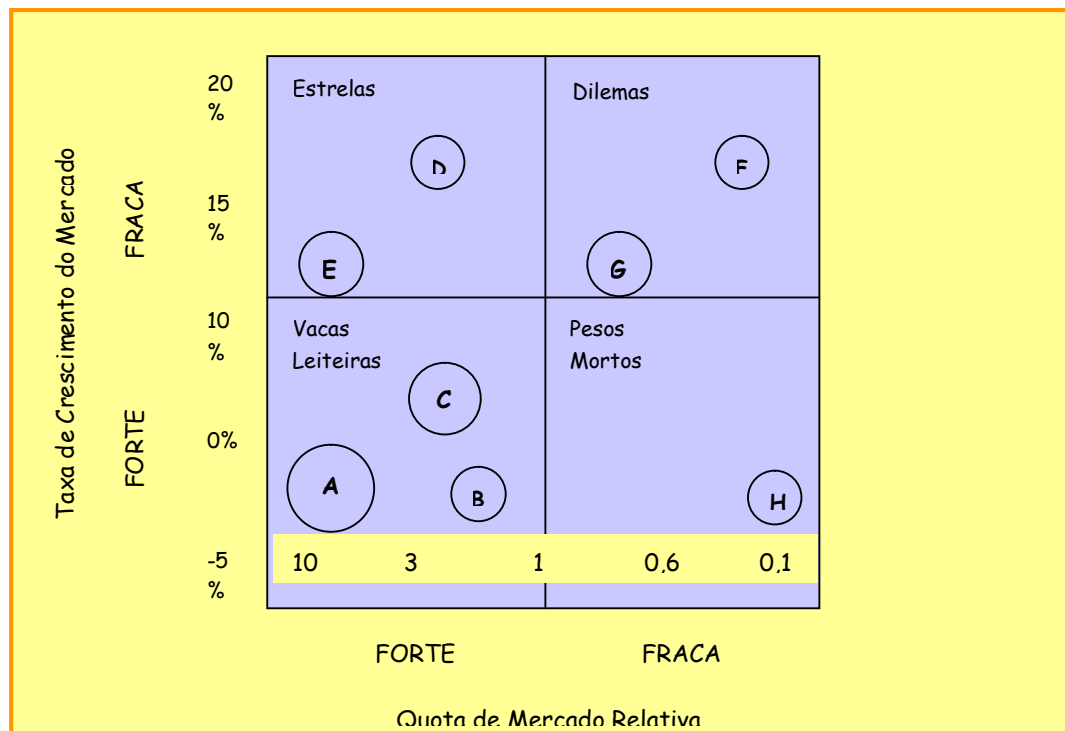


Figura 5: Representação gráfica do Modelo BCG

(Fonte: adaptado de Lindon *et al.*, 2004)

Cada actividade (binómio produto/mercado) situa-se no ponto da matriz que lhe corresponde e está representada por um círculo com uma área proporcional ao volume de vendas da empresa na actividade considerada.

Para uma interpretação clara desta matriz, dividimo-la em quatro zonas, distinguindo duas categorias de taxa de crescimento e de quotas de mercado (fortes e fracas).

A fronteira entre as taxas de crescimento fortes e fracas poderá ser fixada, por exemplo, ao nível correspondente ao crescimento do Produto Nacional Bruto (PNB), ou ainda a um valor arbitrário como 5 ou 10%. A fronteira entre as quotas de mercado é normalmente fixada em 1 (que corresponde a uma situação de co-liderança do mercado).

Segundo a zona (ou quadrante) em que as actividades se situam na matriz, estas apresentam para a empresa graus de interesse muito diferentes:

- Os pesos mortos (*dogs*). As actividades que se situam no quadrante inferior direito têm pouco interesse para a empresa: de facto, a taxa de crescimento reduzida implica uma situação muito concorrencial em matéria de preços, e a quota de mercado sugere uma fraca competitividade da empresa nesse mercado.
- Os dilemas (*question marks*). Nestas actividades, o forte crescimento do mercado em que se situam, implica um potencial de vendas interessante, mas a sua fraca quota actual corre o risco de reduzir a sua competitividade ou, pelo menos, exigir grandes investimentos por parte da empresa.
- As estrelas (*stars*). O quadrante superior esquerdo corresponde aos domínios de actividade mais promissores para a empresa, tanto no aspecto do volume como na rendibilidade, exigindo, muitas vezes, devido ao seu rápido crescimento, investimentos elevados.
- As vacas leiteiras (*cash cows*). É no quadrante inferior esquerdo que se situam geralmente as actividades mais rendíveis a curto prazo para a empresa: a sua posição dominante no mercado confere-lhe uma vantagem concorrencial em termos de custo, e portanto de lucros, embora devido ao fraco crescimento do mercado, os investimentos necessários à manutenção da sua posição de líder não sejam muito elevados. Estes produtos são, muitas vezes, aqueles que permitem a uma empresa financiar os seus investimentos de crescimento e de diversificação, nomeadamente em proveito dos produtos estrelas e de certos produtos dilema.

O modelo *BCG* goza de uma grande popularidade, devido à sua simplicidade conceptual, à objectividade dos dados que utiliza e à facilidade da sua representação gráfica. Todavia, apresenta algumas falhas ou lacunas que pode, limitar a sua importância ou a sua validade:

- Em primeiro lugar, aplica-se apenas às actividades actuais de uma empresa e não às actividades futuras para as quais a empresa não possui ainda “quota de mercado relativa”;
- Em segundo lugar, uma das hipóteses essenciais sobre as quais se fundamenta o modelo BCG, que pressupõe que a competitividade de uma empresa num mercado (e consequentemente a sua rendibilidade potencial) depende exclusivamente da quota de mercado relativa que ela detém, está longe de ser sempre verificada. Pode acontecer que uma empresa, mesmo dispondo de fraca quota de mercado relativa, seja altamente competitiva porque, por exemplo, dispõe de um avanço tecnológico, de um elevado grau de especialização ou ainda de uma excelente gestão. Em casos como estes, os produtos que na matriz *BCG* estariam teoricamente situados na zona dos dilemas, ou mesmo dos pesos mortos, podem na realidade possuir para a empresa um forte potencial de rentabilidade.
- Em terceiro lugar, este modelo não contempla uma análise aos recursos físicos, humanos e financeiros, restringindo-se a uma análise de mercados.
- Em quarto lugar, o modelo tem um carácter contingente, já que não se aplica a indústrias fragmentadas, onde o indicador quota de mercado relativa não tem significado, e quando a competição se exerce noutros factores que não os custos.
- Por último, uma posição dominante através dos custos pode ser colocada em causa pela inovação tecnológica e por uma melhor qualidade dos produtos.

⇒ **Análise de Pareto:**

Wilfredo Pareto foi um economista italiano que descobriu que 80% dos bens existentes no país pertenciam a 20% da população. Esta regra dos 80-20 aplica-se igualmente a várias outras situações.

O método desenvolvido por este economista é designado por Análise de Pareto, Lei dos 80-20 ou também Análise ABC. É um método de natureza geral, frequentemente preliminar a qualquer outro, que permite colocar em evidência o essencial, o objectivo para o qual se conjugam todos os esforços. Este método permite isolar 15 a 20% dos elementos observados representando 75 a 85% do factor observado. Assim, os esforços que se consagram a apenas 15 ou 20% dos elementos observados, englobam 75 a 85% do valor ou do potencial.

O método de Pareto permite analisar de forma muito simples as situações de melhoria. O objectivo deste método é determinar a importância relativa dos problemas para os classificar por ordem decrescente de importância. Constrói-se o diagrama em colunas representativas da classificação para fazer aparecer o problema que deve ser prioritariamente tratado.

O princípio de Pareto também se aplica quando queremos resolver um problema provocado por causas diferentes, permitindo visualizar a ordem de importância das causas de um problema e mostrar com clareza aquelas que é necessário resolver prioritariamente. No entanto, este método é uma ferramenta utilizada apenas quando as causas são *quantitativas*, ou seja, mensuráveis.

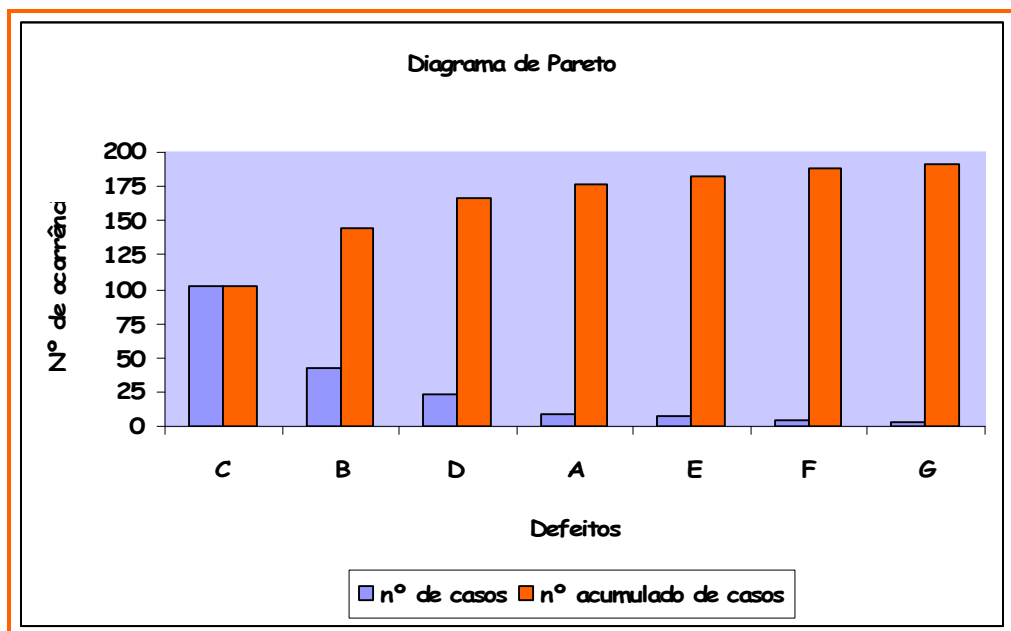
Apresentamos, de seguida, um exemplo para percebermos a utilidade dos Diagramas de Pareto.

No quadro seguinte registaram-se o número de peças produzidas com defeito, tendo-as separado por famílias de defeitos:

Defeito	Designação	Nº de casos
C	Mossas interiores	102
B	Riscos	42
D	Folgas	23
A	Soldas por limpar	9
E	Rebarbas	7
F	Falta de soldas	5
G	Outras	3

Como se pode verificar, as causas dos defeitos foram ordenadas por ordem decrescente.

Num Diagrama de Pareto, o eixo das ordenadas mostra o número de artigos defeituosos por cada tipo e o acumulado do número de defeitos de cada tipo. O eixo das abcissas lista os tipos de defeitos começando pelo mais frequente.



Um diagrama de Pareto mostra-nos qual o problema que é necessário tratar em primeiro lugar para se eliminarem os defeitos e melhorar o processo de fabricação.

A experiência mostra-nos que é muito mais fácil reduzir uma coluna grande a metade, do que uma pequena coluna a zero. Os diagramas deste tipo ensinam-nos quais os factores mais importantes a analisar e quais os que merecem a concentração da nossa atenção. Logo que é tomada uma acção sobre um defeito, há que fazer um novo diagrama a fim de analisar o defeito.

*Etapas para a construção de um Diagrama de Pareto:*

- I. Efectuar uma boa classificação dos defeitos.
- II. Definir o período a que se refere a análise.
- III. Totalizar a frequência de aparição do fenómeno por cada tipo no período escolhido. O total de cada tipo será mostrado pela altura da coluna.
- IV. Traçar os eixos horizontal e vertical e escolher a escala adequada sobre o eixo vertical (nº de defeitos, por exemplo).
- V. No eixo das abcissas escrever o defeito mais importante em primeiro lugar e assim sucessivamente para que o mais frequente fique à esquerda do gráfico de colunas. Para os defeitos com pouco significado (percentagens baixas) agrupá-los numa só categoria que figurará à direita do gráfico.
- VI. Traçar as colunas. A altura de cada uma representa o número de defeitos do tipo considerado.
- VII. Traçar uma linha que mostra o total acumulado de defeitos de todos os tipos.
- VIII. Inscrever sobre o gráfico os seguintes dados:
  - a. Quantidade de dados recolhidos.
  - b. Em que condições (método de inspecção, antes ou depois de qualquer modificação, etc.).

- c. Número de peças inspeccionadas.
- d. Número total de defeitos ou de peças defeituosas.
- e. Todas as demais informações importantes para o Controlo de Qualidade.

O Diagrama de Pareto é uma das primeiras etapas no processo de melhoria. Se todas as pessoas de um sector não tentarem melhorar individualmente a situação e se não houver uma base de trabalho comum e precisa para localizar esforços, é dispendida uma energia considerável para a obtenção final de fracos resultados. É por isso que o Diagrama de Pareto é útil quando se obtém a cooperação de todas as pessoas de um sector.

#### ⇒ **Análise de Sensibilidade:**

A Análise de Sensibilidade é uma ferramenta que permite determinar qual o esforço que produz o melhor resultado. Por exemplo, se for pedido a um Engenheiro Industrial que aumente rentabilidade total das operações, ele pode equacionar uma redução dos gastos em energia, uma redução dos custos das matérias-primas os dos custos com a força de trabalho ou pode optar por aumentar o *output*, utilizando para tal os mesmos recursos.

Para poder decidir sobre qual a medida mais adequada, o Engenheiro Industrial tem de conhecer os parâmetros que poderá fazer variar e que permitem obter o resultado desejado. É neste sentido que a Análise de Sensibilidade é útil. Enquanto que a Análise de Pareto estabelece prioridades tendo por base parâmetros independentes, a Análise de Sensibilidade entra em linha de conta com vários parâmetros. Faz-se variar um parâmetro de cada vez, mantendo os restantes constantes, e calcula-se a influência da variação desse parâmetro no resultado final.

A Análise de Sensibilidade desenrola-se da seguinte forma:

- ✎ Estabelece-se, em termos quantitativos, o objectivo de melhoria. Por exemplo aumentar a rentabilidade das operações em 20%, ou reduzir os encargos energéticos em 20%.
- ✎ Definem-se os parâmetros que têm influência sobre o objectivo a alcançar, e a relação entre os mesmos. Relativamente ao exemplo anterior, temos que:

$$\text{Rentabilidade} = \frac{\text{Vendas} - \text{Custos}}{\text{Capital}} = \frac{\text{Lucro}}{\text{Capital}}$$

- As vendas variam em função do preço de venda unitário.
  - Os custos variam em função dos custos das matérias-primas, dos custos com pessoal, dos custos outros materiais, etc.
  - O capital varia em função dos edifícios, equipamentos, inventário, etc.
- ✎ Faz-se variar um parâmetro de cada vez, mantendo os restantes constantes, e calcula-se a influência da variação desse parâmetro no resultado final.
  - ✎ Comparam-se as diversas alternativas em termos de resultados e escolhe-se a mais viável e que mais se aproxima do objectivo de melhoria pretendido.

### 2.2.2 Análise

Depois de se identificar o problema e de terem sido estabelecidas prioridades, é necessário proceder a uma análise mais detalhada a todos os aspectos relacionados com o mesmo. Neste ponto, faz-se uma abordagem às ferramentas mais utilizadas nesta fase.



⇒ **Análise de Valor:**

A Análise de Valor é um método que diz respeito a todos os serviços da empresa, devido ao facto de ser objecto de um trabalho de grupo, onde vários serviços da empresa estão representados: função comercial, aprovisionamentos, gabinete de estudos, métodos, fabricação, entre outros.

A Análise de Valor liga-se ao problema da redução dos preços de custo de um produto, quer aquando da sua concepção, quer ainda quando esses custos são colocados e causa. É um método que também se aplica aos serviços.

O método consiste em identificar a função principal do produto, assim como as suas funções secundárias, a fim de encontrar o produto - solução ao custo mais baixo.

O processo a seguir pelo grupo de trabalho, entre a origem representada pelas funções a assumir pelo produto, e o objectivo, representado pelo custo mínimo, é o seguinte:

☞ *Informação* – trata-se de reunir as informações relativas:

- Ao produto: caderno de encargos, desenhos, gamas, quantidades, modos de expedição – condições de utilização, manutenção do produto.
- Aos custos do produto: decompondo-o em custos do material, da mão-de-obra directa, entre outras despesas.
- Às funções: fazendo a distinção entre a função primária única e as funções secundárias que reforçam a função primária.
- Aos custos dessas funções, partindo do quadro anterior.
- Aos valores dessas funções: isto é, o que deveria custar comparando com outros produtos.

- ☞ *Pesquisa* – trata-se de reunir todas as ideias, sugestões, com a capacidade de assegurar as mesmas funções mas de modos diferentes. Nesta etapa do trabalho de grupo convém não rejeitar, à priori, nenhuma ideia que possa vir a surgir: todos deverão expor as suas ideias sem preconceitos nem complexos.
  
- ☞ *Exame crítico* – todas as sugestões da fase precedente são filtradas, em função do objectivo “custo” a atingir. Uma primeira selecção poderá assim ser feita. As soluções retidas serão listadas a fim de se fazer o seu estudo, que será o objecto da fase seguinte.
  
- ☞ *Estudo* – trata-se de aprofundar as soluções escolhidas, colocando-se em evidência as funções e os respectivos custos. É nesta etapa que as dificuldades técnicas e psicológicas surgem. A atitude interrogativa seguinte, retirada do método utilizado pela General Electric Cº, poderá ajudar na elaboração de soluções relativamente a cada *conjunto, peça, matéria e operação*:
  - A sua utilização contribui para aumentar o valor do produto? (se NÃO, eliminar);
  - Será o custo proporcional à sua utilidade?
  - Serão todas as suas características indispensáveis?
  - Haverá um modo melhor de atingir o fim desejado?
  - Existirá um método mais barato para fabricar essa peça?
  - Existirá no mercado um artigo standard podendo ser utilizado?
  - Estaremos a utilizar o equipamento mais adequado para as quantidades em jogo?
  - Será o preço de aquisição a soma dos custos de material e mão-de-obra, acrescidos de uma taxa admissível de despesas gerais e de margem?

- Poderíamos obtê-lo mais barato noutra fornecedor?
- Existirá alguém que compre mais barato?

As três últimas questões dizem respeito aos compradores.

- ☞ *Conclusão* – a partir da avaliação quantificada dos elementos precedentes, é possível optar. Os resultados do estudo serão apresentados sob a forma de um quadro, que colocará em evidência o produto antes e depois das suas modificações técnicas e financeiras.

#### ⇒ Estudo dos Métodos:

O Estudo dos Métodos em conjunto com a Medição do Trabalho constituem duas ferramentas muito úteis para um Engenheiro Industrial poder estudar os processos de trabalho. A chave para o sucesso de um método de trabalho consiste em ter, permanentemente, uma atitude interrogativa perante as práticas de trabalho existentes. No entanto, a análise aos processos de trabalho não cabe apenas aos Engenheiros Industriais; os ocupantes das funções deverão também participar activamente nesta análise, uma vez que são estes que melhor conhecem o conteúdo da função que desempenham e que poderão sugerir medidas para melhorar a sua *performance*.

Uma atitude interrogativa passa por colocar as questões *O quê?, Onde?, Quando?, Como? e Porquê?*, aplicadas aos processos de trabalho.

Igualmente eficientes, mas mais complicados, são os Gráficos de Fluxo do Processo.

A *concepção do fluxo do processo* estabelece o percurso específico que as matérias-primas, as peças e os subconjuntos seguem ao longo da fábrica. São utilizadas várias ferramentas de gestão da produção para planear o fluxo do processo. As mais comuns são os desenhos de montagem, gráficos de montagem, folhas de gama e gráficos de fluxo do processo. Cada um destes gráficos é uma ferramenta

útil de diagnóstico e pode ser usada para melhorar operações na fase de estado estacionário do sistema produtivo. O primeiro passo na análise de qualquer sistema de produção consiste em esquematizar os fluxos e as operações usando uma ou mais destas técnicas. Estes são *gráficos de organização* do sistema de fabricação.

Um *desenho de montagem* é simplesmente uma vista explodida do produto, mostrando as peças componentes. Um *gráfico de montagem* (gráfico de análise do processo) usa a informação apresentada no desenho de montagem e define, entre outras coisas, que peças se montam em conjunto, a sua ordem de montagem, e muitas vezes, o padrão de fluxo global do material. Uma *folha de operações e de gama*, como o nome indica, especifica as operações e a sequência do processo para uma determinada peça. Proporciona informações, tais como, o tipo de equipamento, ferramentas e operações necessárias para executar uma peça na totalidade. Um *gráfico de fluxo do processo*, como o apresentado na Figura 6, utiliza, normalmente, os símbolos normalizados da *American Society of Mechanical Engineers (ASME)* para evidenciar o que acontece ao produto à medida que percorre as instalações. Os símbolos para os vários processos são explicados na legenda do gráfico. Como regra, quanto menos esperas e armazenagens no processo melhor é o fluxo.

Depois de construir o Gráfico de Fluxo do Processo, deverá ser utilizado o método interrogativo para analisar cuidadosamente cada operação. Deverão ser colocadas as seguintes questões:

- ✎ Podemos eliminar alguma operação ou parte da mesma?
- ✎ Podemos combinar operações?
- ✎ Podemos rearranjar a sequência de operações?
- ✎ Podemos simplificar as operações?

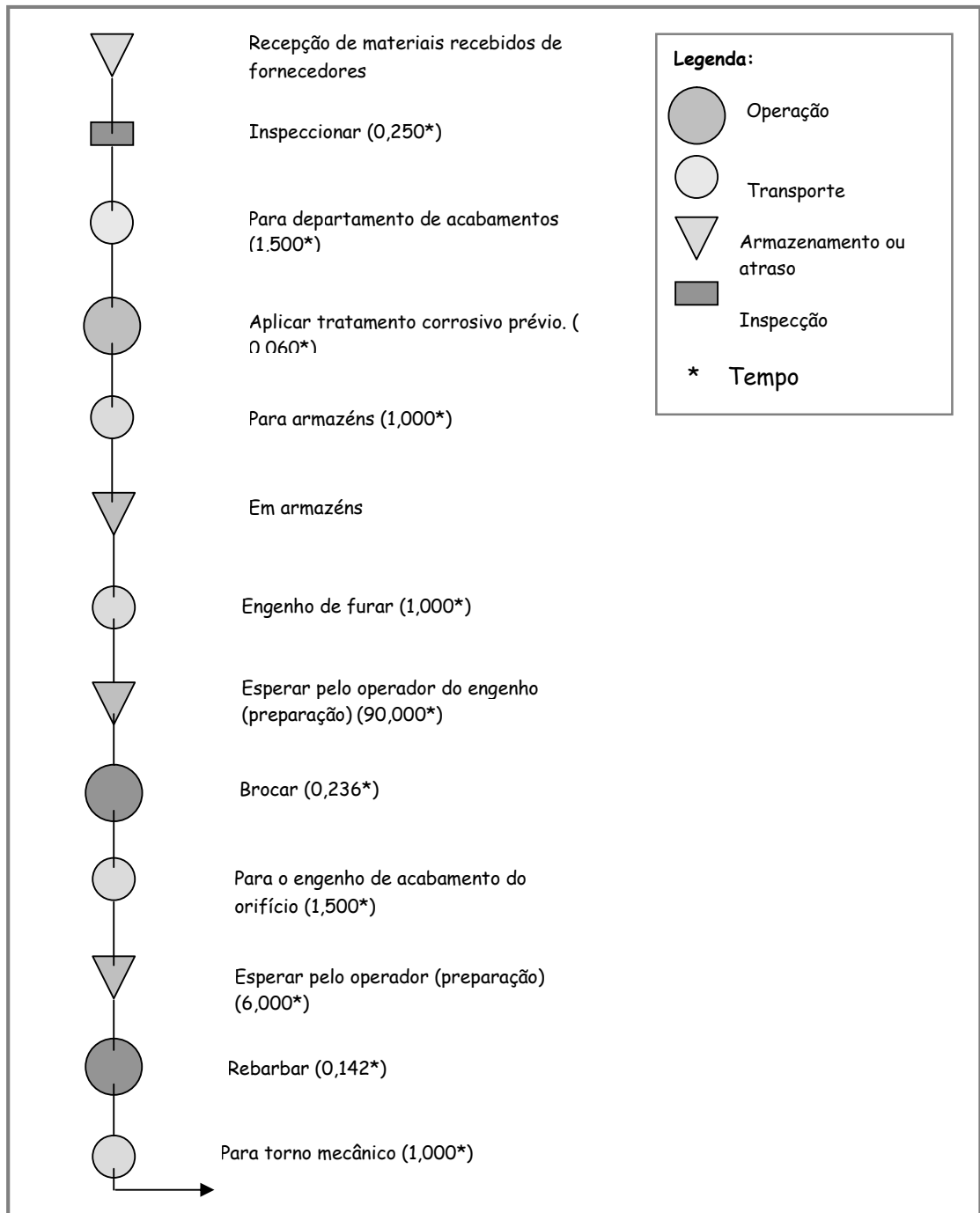


Figura 6: Gráfico de Fluxo do Processo de montagem de uma tomada  
(Fonte: adaptado de Chase e Aquilano, 1989)

⇒ **Medição do Trabalho:**

A gestão eficiente de qualquer empresa baseia-se no conhecimento do tempo que demora o fabrico de um produto ou o desempenho de um serviço. Sem qualquer indicação das exigências de tempo:

- ☞ Os custos não podem ser estimados e, por isso, os preços não podem ser calculados.
- ☞ Não podem ser feitos orçamentos.
- ☞ A avaliação do desempenho não seria possível, pois não haveria base de comparação.
- ☞ Os planos de incentivos e os aumentos por mérito tornam-se imprevisíveis.

Existem várias formas aceites de cálculo do tempo necessário para o desempenho de uma tarefa humana, sendo uma dessas formas, o estudo dos tempos por cronometragem.

O estudo dos tempos foi formalizado por Frederick Taylor em 1881. Desde a época de Taylor, têm sido escritos muitos livros sobre o estudo dos tempos e é, sem dúvida, a técnica mais amplamente utilizada, entre as que se baseiam em métodos quantitativos de medição do trabalho.

Um estudo dos tempos é normalmente efectuado com um cronómetro, embora em alguns casos possa ser utilizada a análise de um filme ou de um mecanismo de registo cronometrado. Processualmente, o trabalho ou tarefa a estudar, é separado em fracções ou elementos mensuráveis e cada elemento é cronometrado individualmente. Após várias repetições, é calculada a média dos tempos recolhidos (o desvio-padrão pode ser calculado para dar a medida da variação dos tempos de desempenho). Os tempos médios para cada elemento são adicionados e o resultado é o tempo de desempenho para o operador. Contudo, para tornar o tempo do operador utilizável para todos os trabalhadores, tem que ser incluída uma medição da velocidade ou da *actividade* para "normalizar" o trabalho. A aplicação de um factor de

actividade dá o que é denominado *Tempo Normal*. Por exemplo, se um operador desempenhar uma tarefa em dois minutos e o analista do estudo dos tempos calculasse que ele estava a desempenhar cerca de 20% mais rápido que o normal, o tempo normal seria calculado como 2 minutos + 0,20 (2 minutos) ou 2,4 minutos. Em forma de equação:

$$\text{Tempo Normal} = \text{tempo de execução observado por unidade} \times \text{factor de actividade}$$

No exemplo acima, designando o tempo normal por TN, temos que  $TN = 2 \times 1,2 = 2,4$  minutos.

Quando um operador é observado durante um período de tempo, o número de unidades produzidas durante esse tempo, bem como o factor de actividade, dá o Tempo Normal:

$$TN = (\text{Tempo trabalhado} / \text{N}^\circ \text{ de unidades produzidas}) \times \text{Factor de actividade}$$

O *Tempo Padrão* é calculado adicionando, ao Tempo Normal, complementos para necessidades pessoais (W.C., intervalos para café, etc.), esperas do trabalho não evitáveis (avarias do equipamento, falta de materiais, etc.) e fadiga do trabalhador (física ou mental). Estas duas equações são:

$$\text{Tempo Padrão} = \text{Tempo Normal} + (\text{Complementos} \times \text{Tempo Normal})$$

ou

$$TP = TN \times (1 + \text{Complementos}) \quad (1)$$

e

$$TP = [TN / (1 - \text{Complementos})] \quad (2)$$

A equação (1) é mais frequentemente utilizada na prática. Se se presumir que os complementos se devem aplicar ao período total de trabalho, então a equação (2) é a correcta.

Para exemplificar, suponha que o tempo normal para executar uma tarefa é 1 minuto e que os complementos para necessidades pessoais, esperas e fadiga totalizam 1,5%. Então, pela equação (1),

$$TP = 1 \times (1 + 0,15) = 1,15 \text{ minutos}$$

Num dia de oito horas, um trabalhador produziria  $8 \times 60/1,15$ , ou 417 unidades. Isto implica 417 minutos a trabalhar e  $480-417$  (ou 63) minutos para complementos.

Com a equação (2),

$$TP = [1 / (1 - 0,15)] = 1,18 \text{ minutos}$$

No mesmo dia de oito horas,  $8 \times 60/1,18$ , ou 408 unidades, são produzidas com 408 minutos de trabalho e 72 minutos para complementos. Dependendo de qual a equação utilizada, há uma diferença de 9 minutos do tempo de complemento diário.

Antes de ser efectuado um estudo de tempos, a tarefa é decomposta em elementos ou fracções. Algumas regras gerais para esta decomposição são:

- ✎ Definir elementos de trabalho, curtos em duração, mas suficientemente longos para que cada um possa ser cronometrado e o tempo possa ser registado.



- ✍ Se o operador trabalhar com equipamento que funcione separadamente – o operador executa uma tarefa e o equipamento funciona independentemente – separar as acções do operador e do equipamento em elementos diferentes.
- ✍ Definir quaisquer esperas do operador ou do equipamento, em elementos distintos.

Quantas observações são suficientes? O estudo dos tempos é na realidade um processo de amostragem, isto é, tomamos relativamente poucas observações como sendo representativas de muitos ciclos subsequentes a desempenhar pelo trabalhador. Baseada numa grande quantidade de análise e experiência, a tabela de Niebel, mostrada na Figura 7, indica que suficiente é uma função da extensão do ciclo e do número de repetições do trabalho durante um período de planeamento de um ano.

#### ⇒ **Análise Ergonómica:**

Uma das disciplinas que ultimamente registou um crescente desenvolvimento, com o conseqüente reconhecimento da sua importância nas Organizações, foi a Ergonomia, devido às crescentes e justificadas preocupações com a qualidade do trabalho, com o conforto e a segurança dos colaboradores nas Organizações, e com a denominada qualidade de vida no trabalho.

Um dos grandes objectivos da intervenção, no âmbito da Ergonomia, é permitir a actuação a montante do processo produtivo, de forma a actuar preventivamente nas situações de trabalho lesivas da integridade do trabalhador.

Antes de estabelecer os tempos, o serviço métodos deve efectuar o estudo dos postos de trabalho com o objectivo de os estabilizar. O posto de trabalho é uma unidade tecnológica e económica que necessita ser observada, criticada e melhorada.

Número mínimo de ciclos de estudo			
Quando o tempo por ciclo é maior que:	Mais de 10000 por ano	10000 - 10000	Menos de 1000
8 horas	2	1	1
3	3	2	1
2	4	2	1
1	5	3	2
48 minutos	6	3	2
30	8	4	3
20	10	5	4
12	12	6	5
8	15	8	6
5	20	10	8
3	25	12	10
2	30	15	12
1	40	20	15
0,7	50	25	20
0,5	60	30	25
0,3	80	40	30
0,2	100	50	40
0,1	120	60	50
Menos que 0,1	140	80	60

Figura 7: Guia do número de ciclos a observar num estudo de tempos  
(Fonte: adaptado de Chase e Aquilano, 1989)

O estudo dos postos de trabalho compreende seguintes etapas:

☞ *Observação* – Orienta-se pelas respostas dadas às seguintes questões:

- ✂ O quê? Fim prosseguido sob os aspectos: produto, material, qualidade.
- ✂ Onde? Implantação do posto, transportes, engenhos.
- ✂ Quando? Ordem das actividades e modo operatório, prazos.
- ✂ Quem? Qualificação, formação, segurança, ambiente de trabalho.
- ✂ Como? Procedimento, máquina, ferramentas, instrumentos, modo operatório.

Utilizam-se também impressos para registar a actividade de cada uma das mãos do operador e estabelecer, por exemplo, os seguintes gráficos:

- ✂ Gráfico de actividades elementares que comporta, entre outros registos de identificação, o esquema do posto, o modo operatório em vários ciclos e as distâncias.
- ✂ O gráfico homem-máquina, que comporta, em percentagem, os tempos de ocupação: do homem, da máquina, das ferramentas. Esta parte pode efectuar-se através de um registo em vídeo, fazendo-se depois o seu estudo decompondo imagem a imagem.

Podemos também utilizar a ciclografia, na qual se fotografa a trajectória dos membros, aos quais previamente se fixam artefactos luminosos para que depois surjam traços contínuos ou descontínuos, fazendo-se então a contagem.

- ☞ *Crítica* – incide simultaneamente sobre o modo operatório e os elementos gestuais.

No que se refere ao modo operatório, devem estar presentes os seguintes conceitos: *eliminar, combinar, modificar e simplificar*.

O exame dos gestos, faz-se através dos movimentos executados:

- I. Mover e alcançar

- a. Extensão da trajectória a minimizar;
- b. Encadeamento dos movimentos; a mão não deve permanecer imóvel;
- c. Fácil apreensão dos objectos: evitar obstáculos, retrocessos.

## II. Virar

- a. Diminuir o ângulo de rotação e o esforço.

## III. Apanhar

- a. Agarrar fechando a mão, ou por contacto, donde o interesse em pré-posicionar os objectos e as ferramentas.

## IV. Posicionar

- a. Forma da peça, simetria, estribos.

## V. Largar

- a. Elemento simples, cujo tempo se aproxima do zero

## VI. Desengatar

- a. Forma da peça, tolerância

## VII. Manivela

- a. Diâmetro da manivela, resistência, posição em relação ao solo.

☞ *Aperfeiçoamento* – a fase anterior (Crítica) já tem implícitos melhoramentos, corrigindo-se, se possível a extensão das deslocações, a forma das peças, as tolerâncias e a supressão dos obstáculos ou retrocessos.

Existem, aliás, princípios relativos à economia dos movimentos:

- Para o executante:

- Visar a simultaneidade e a simetria dos movimentos de ambas as mãos.
  - Minimizar a amplitude desses movimentos.
  - A verificação do peso, do ritmo, dos músculos envolvidos no esforço, vai no sentido de uma diminuição da fadiga.
- Para a organização material:
    - Disposição das ferramentas e do material.
    - Alimentação e evacuação dos postos.
    - Ordenamento geral do posto e conjunto dos movimentos.
    - Altura total da máquina e da cadeira.
    - Iluminação, visibilidade.
  - Para as ferramentas:
    - As ferramentas aumentam o poder da mão, mas devem adaptar-se-lhe bem (forma do cabo).
    - Implicam a utilização de guias e de estribos.
    - Devem reduzir a fadiga; a sua colocação é importante.

A partir do momento em que o posto de trabalho foi arranjado, trata-se de calcular os tempos médios e a taxa de aleatoriedade para verificar se o posto se encontra estabilizado.

O tempo médio refere-se a:

- Tempo humano:  $T_m$ , é função do ritmo do operador.
- Tempo técnico-humano:  $T_{tm}$ , é a parte do tempo em que a actividade do executante depende das condições técnicas de transformação física ou química da matéria, assim como do comportamento das ferramentas e das máquinas.
- Tempo tecnológico:  $T_t$ , depende unicamente das condições tecnológicas de execução.

A representação gráfica destes tempos determina um simograma a partir do qual podemos registar:

$$\text{O Período: } P = \sum (T_m + T_{tm} + T_t)$$

$$\text{O trabalho do executante: } (\%) T_m = \frac{\sum (T_m + T_{tm})}{P}$$

$$\text{O trabalho máquina: } (\%) T_t = \frac{\sum (T_{tm} + T_t)}{P}$$

A taxa aleatória determina-se, examinando para  $T_m$ , o rácio

$$\frac{T_{m\text{máximo}} - T_{m\text{mínimo}}}{T_{m\text{médio}}} \times 100$$

Se a taxa estiver compreendida entre 15 e 30%, o posto é considerado estabilizado.

### ⇒ **Análise e Descrição de Funções:**

A Descrição de Funções deve incluir todos os aspectos essenciais, enunciando o conjunto de actividades desenvolvidas pelo seu titular. O sucesso de um recrutamento ou de uma mudança de função depende da qualidade desta descrição. É necessário que dê uma informação completa e objectiva. A descrição

deve corresponder à realidade, o que implica uma análise aprofundada da respectiva função.

Uma parte importante dos fracassos, após um recrutamento ou uma rotação, resulta de uma análise insuficiente da função em causa, do seu ambiente e da informação transmitida ao candidato.

A Análise de Funções apresenta uma vasta gama de aplicações possíveis:

- Recrutamento e selecção;
- Apreciação do pessoal;
- Formação de pessoal;
- Elaboração de planos de carreiras;
- Definição das grelhas de remuneração;
- Organização da empresa;
- Melhoramento das condições de trabalho.

Os métodos de análise devem ser adaptados aos objectivos em causa. Os métodos mais frequentemente utilizados são a *Observação*, a *Entrevista*, o *Questionário* e o *Método dos Incidentes Críticos*.

O analista deve respeitar dois princípios essenciais na Descrição de Funções:

- O que é feito na realidade (a função tal como é, e não como deveria ser);
- As tarefas (não o operador).

Por sua vez, a Análise de Funções deve responder a duas preocupações:

- Conhecer o conteúdo do trabalho.

- Descrever as exigências de realização: conhecimentos, responsabilidades, condições e esforços físicos e sensoriais.

A Análise pode ser conduzida de acordo com diversos métodos:

#### Observação

Um ou vários especialistas observam a execução das tarefas que correspondem a determinada função. Esta observação é directa e imediata, no local de trabalho. É relativamente prolongada, de modo a permitir registar todos os momentos do ciclo de operações, e completada com a análise de todos os meios de que dispõe o executante: instruções, manual de procedimentos, notas de serviço, etc.

A Observação apresenta vantagens e inconvenientes:

#### *Vantagens:*

- Menos enviesada, por ser feita por um interveniente externo;
- Homogeneidade das grelhas e dos critérios de análise.

#### *Inconvenientes:*

- Este método implica muito de tempo para registo das observações;
- O método está limitado a processos de produção curtos (tarefas repetitivas);
- A observação suscita resistências por parte do pessoal observado;
- A ausência de todos os elementos que só o trabalhador pode dar (o porquê de tal método...).

Este método é por vezes substituído pelo registo técnico das actividades (vídeo ou meios informáticos).



## ☞ Entrevista

Após o estudo da documentação existente, o analista constrói o seu plano de entrevista. Assim, por exemplo, o *Guia de Entrevista*, que apresentamos de seguida, inclui seis rubricas:

### *Identificação do agente e do posto de trabalho*

- Nome,
- Posto de trabalho,
- Unidade,
- Idade,
- Posição hierárquica.

### *Tarefas*

- O quê? (o que é feito todos os dias, todas as semanas, todos os meses, etc.)
- Com quem? (recepção, execução, transmissão)
- Suportes, instrumentos.
- Quem decide?
- Quem controla?

### *Relações*

- Hierárquicas,
- Funcionais,

- Relações de trabalho (fornecimento de serviços, recolha de informação, etc.)

#### *Exigências*

- Físicas,
- Intelectuais,
- Formação: geral e técnica,
- Experiência,
- Formação no posto de trabalho.

#### *Evolução na Carreira*

- Antiguidade,
- Promoções esperadas.

#### *Observações*

Este método permite recolher os dados relativos à função de uma maneira mais fácil e mais rápida. Assegura uma objectividade satisfatória.

O operador pode veicular um risco de sobre estimação ou sub estimação das dificuldades inerentes ao posto de trabalho, assim como das exigências requeridas.

#### Questionário

Os próprios trabalhadores preenchem um questionário sobre o seu trabalho. As informações são, pois, recolhidas na fonte pelos principais interessados.

Este método é pouco dispendioso. No entanto, os dados obtidos apresentam um carácter muito subjectivo devendo ser corrigidos e interpretados.

### Método dos Incidentes Críticos

Este método foi aperfeiçoado por J.-C. Flanagan. Implica um inventário pormenorizado de todas as anomalias, erros e insuficiências, observados na execução de uma tarefa, que serão depois ponderados de acordo com a influência que exercem nos resultados obtidos.

Cada um dos incidentes críticos é descrito e analisado através do levantamento:

- das causas e circunstâncias do incidente;
- dos actos concretos executados pelo trabalhador;
- das consequências visíveis do comportamento crítico.

Os incidentes críticos são resumidos e classificados de modo a formar um quadro com as características essenciais da função. Elas permitem a construção de inventários de comportamentos eficazes e ineficazes no trabalho. É uma técnica simples que permite obter descrições operacionais e que abrange os comportamentos efectivos.

O conjunto de todos estes métodos permite obter uma fotografia do posto de trabalho, que se torna necessário analisar.

Os dados da análise devem ser reunidos a fim de definir a função, a sua finalidade, as suas características e as suas exigências. A ficha que reúne toda esta informação designa-se por monografia. Nesta ficha poderão constar os seguintes campos:

### Identificação

- Cargo;
- Sector.

### Missão da função

- ✎ Posição na Estrutura da Organização
- ✎ Inventário das atribuições
- ✎ Descrição das tarefas
  - Tarefas principais;
  - Tarefas complementares;
  - Elaboração do plano de trabalho;
  - Execução do plano de trabalho.
- ✎ Conhecimentos profissionais
- ✎ Relações funcionais
- ✎ Margem de autonomia
- ✎ Controlo pelo superior
- ✎ Meios
  - Humanos;
  - Materiais;
  - Outros meios.

Não é necessário que a descrição seja tão pormenorizada e específica. Dependendo do objectivo com que é efectuada, pode tomar a forma de um documento muito mais curto.

### 2.2.3 Desenho e Desenvolvimento

Ao nível da actividade de Desenho pretende-se criar a forma e a estrutura dos elementos que constituem um dado sistema e as interacções entre os seus elementos constituintes.

Esta actividade deve ser desenvolvida segundo uma sequência contínua de etapas. A Figura 8 mostra três categorias de métodos e técnicas utilizadas ao nível do Desenho e Desenvolvimento de sistemas:

Técnica	Aplicação	Método a utilizar
Técnicas de Criatividade	Encontrar todas as possíveis soluções, sem descartar todas as ideias apresentadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Brainstorming</i></li> <li>• Trabalho em grupo</li> </ul>
Algoritmos de Desenho	Converter as ideias em soluções possíveis, construir novas soluções.	<p>Técnicas que permitem estruturar informação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenho Assistido por Computador (<i>CAD</i>)</li> <li>• Sistemas inteligentes</li> </ul>
Metodologias Integradas	Desenho e desenvolvimento de sistemas complexos com o envolvimento das pessoas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnica dos grupos nominais</li> <li>• Desenvolvimento organizacional</li> <li>• Grupos de actividades</li> <li>• Sistemas de sugestões</li> </ul>

Figura 8: Desenho e Desenvolvimento

(Fonte: adaptado de Organização Internacional do Trabalho, 1996)

Enquanto que as Técnicas de Criatividade promovem a geração de ideias, os Algoritmos de Desenho procuram converter as ideias em soluções para os problemas. As Metodologias Integradas compreendem um conjunto de etapas para

o desenvolvimento de sistemas complexos, sempre com o envolvimento dos recursos humanos.

⇒ **Técnicas de Criatividade:**

Existem inúmeras técnicas de criatividade, sendo a mais conhecida e utilizada o *Brainstorming*.

O *Brainstorming* é um modo de comunicar e imaginar em grupo. É uma metodologia que favorece a expressão individual das ideias acerca de um tema proposto, permitindo a criatividade, para encontrar as causas e as soluções possíveis para os vários problemas encontrados nas organizações. Atribui-se a Alex Osborn a autoria deste método cujo estudo teve início nos anos 30 e, até hoje, quase nada foi acrescentado.

Os requisitos funcionais para uma sessão de *Brainstorming* não são muito exigentes. No entanto, é aconselhável ter alguma preocupação na escolha do local: uma sala com espaço necessário para o conforto dos participantes, as cadeiras devem ser confortáveis, e uma atmosfera descontraída é favorável para uma sessão criativa e produtiva, permitindo a cada participante expressar livremente as suas ideias.

O funcionamento de uma sessão de *Brainstorming* é muito simples e pode ser encarada da seguinte forma:

- ☞ Qualquer membro que tenha uma ideia comunica-a e o animador escreve-a no quadro.
- ☞ Ordenada e sucessivamente, cada um dos participantes emite uma ideia que será escrita no quadro. Se não tiver, de momento, qualquer ideia, diz "Passo!".

Porém, antes de começar a sessão de *Brainstorming*, há que estabelecer algumas regras que serão aceites pelo grupo, tais como:

- ✓ Cada membro deve ser sintético na expressão das suas ideias, de modo a não ocupar demasiado tempo;
- ✓ Não se deve criticar as ideias dos outros;
- ✓ Falar apenas quando chega a sua vez;
- ✓ Não emitir mais do que uma ideia de cada vez;
- ✓ Ouvir as ideias dos outros e, a partir delas, fazer associações de ideias;
- ✓ Não falar de assuntos marginais; e
- ✓ Saber escutar.

Terminada a parte da criatividade com a comunicação das ideias pelos participantes e o seu registo no quadro pelo animador, procede-se, através de uma discussão em grupo, à selecção das que foram consideradas mais adequadas.

As vantagens da utilização de sessões de *Brainstorming* na resolução de problemas são inúmeras, destacando-se as seguintes:

- ☞ Todos pensam na solução para um problema;
- ☞ Muitas soluções estão incubadas na mente dos indivíduos esperando por um estímulo exterior para as manifestar; e
- ☞ É um processo criativo que é auto-realizador e que estimula a melhoria da qualidade.

### ⇒ Algoritmos de Desenho:

Depois de se recorrer às Técnicas de Criatividade para a geração de ideias, estas têm de ser estruturadas a fim de se desenvolver a solução adequada para um problema concreto. Para a estruturação das ideias, existem diversos algoritmos e aplicações informáticas. Uma das aplicações mais utilizadas é o Desenho Assistido por Computador (*CAD. Computer-Aided-Design*).

O *CAD* é uma das áreas da Computação Gráfica que está vocacionada para a criação e manipulação de desenhos técnicos e projectos. O *CAD* é uma ferramenta que permite modelar o espaço através do computador, com possibilidades infinitas de criação e verificação em tempo e tamanho reais. Os sistemas *CAD* foram desenvolvidos para integrar as áreas de desenho e engenharia, permitindo uma grande flexibilidade na criação e produção de produtos e contribuindo para o aumento da produtividade e para a redução de custos.

A tecnologia *CAD* tem por objectivo básico satisfazer as necessidades de criação, interpretação e execução de informações, substituindo os tradicionais sistemas de trabalho em estiradores em que, através de linhas e projecções de vistas nos desenhos em papel, se criavam novos produtos.

O desenvolvimento dos sistemas *CAD* possibilita a integração das diversas áreas funcionais e de diferentes profissionais que interagem com ideias e contribuições, facilitando, assim, todas as etapas inerentes à criação de novos produtos.

### ⇒ Metodologias Integradas:

As metodologias integradas constituem processos estruturados conduzidos para reunir e desenvolver novas soluções. As metodologias desenvolvem-se, geralmente, num conjunto de etapas que vão desde a análise até à avaliação. Os seus principais objectivos passam pelo desenvolvimento de novas soluções e



por facilitarem os processos de mudança. Dentro destas metodologias encontramos o *Desenvolvimento Organizacional*, a *Técnica dos Grupos Nominais*, os *Grupos de Actividades*, os *Sistemas de Sugestões* (esta metodologia é abordada no Módulo 6), entre outras. São geralmente designadas por técnicas comportamentais porque se estruturam em torno do comportamento humano.

#### *Desenvolvimento Organizacional*

Desenvolvimento Organizacional é um processo sistemático de planeamento e gestão, cujo objectivo é a mudança dos sistemas, da cultura e do comportamento das Organizações para a melhoria do seu desempenho (eficácia e eficiência). O Desenvolvimento Organizacional lida com os aspectos organizacionais das ciências comportamentais e está intimamente relacionado com o desenvolvimento dos recursos humanos e a renovação organizacional.

Este é um processo contínuo e que promove a conciliação dos objectivos individuais com os objectivos da Organização. O Desenvolvimento Organizacional assenta no pressuposto de que existe uma reciprocidade entre pessoas e Organizações, ou seja, as Organizações influenciam o comportamento humano e os indivíduos influenciam o comportamento das Organizações. Ambos podem ser modificados com um apropriado diagnóstico e com uma habilidosa intervenção.

#### *Técnica dos Grupos Nominais*

Grupo Nominal é uma técnica de decisões em grupo que, fundamentalmente, se traduz numa reunião de um grupo em que os seus membros apresentam as suas ideias face a face, mas de uma forma sistemática e independente.

Numa reunião deste tipo, todos os membros do grupo estão presentes como numa reunião tradicional, mas aqui cada membro actua de forma totalmente independente. Após a apresentação do problema pelo líder do grupo, a sequência do processo é a seguinte:

- Cada membro, sem que qualquer discussão seja iniciada, escreve, de forma independente dos outros, a sua ideia ou ideias sobre o problema;
- Depois deste período de silêncio, segue-se a apresentação por cada membro do grupo a sua ideia; cada um, na sua vez, seguindo à volta da mesa, apresenta uma única ideia, sendo todas as ideias registadas (normalmente num quadro). Não há lugar ainda para qualquer discussão;
- Concluída a fase anterior, o grupo inicia agora a discussão das ideias para clarificação e avaliação das mesmas;
- Clarificadas e avaliadas as ideias apresentadas, cada elemento do grupo, silenciosamente e de forma independente, procede à sua ordenação atribuindo-lhes uma classificação.

A decisão final é determinada pela ideia que recolheu a maior pontuação global, resultante da soma da pontuação de cada membro. As fases de decisão em grupo nominal apresentam-se esquematicamente na Figura 9.

#### *Grupos de Actividades*

Os Grupos de Actividades são geralmente associados aos Círculos de Qualidade. No entanto, as suas áreas de aplicação são mais vastas, aplicando-se ao desenho e concepção dos postos de trabalho, à concepção de práticas produtivas ecológicas, ao desenvolvimento de programas de poupança de energia e ao nível do Controlo da Qualidade Total.

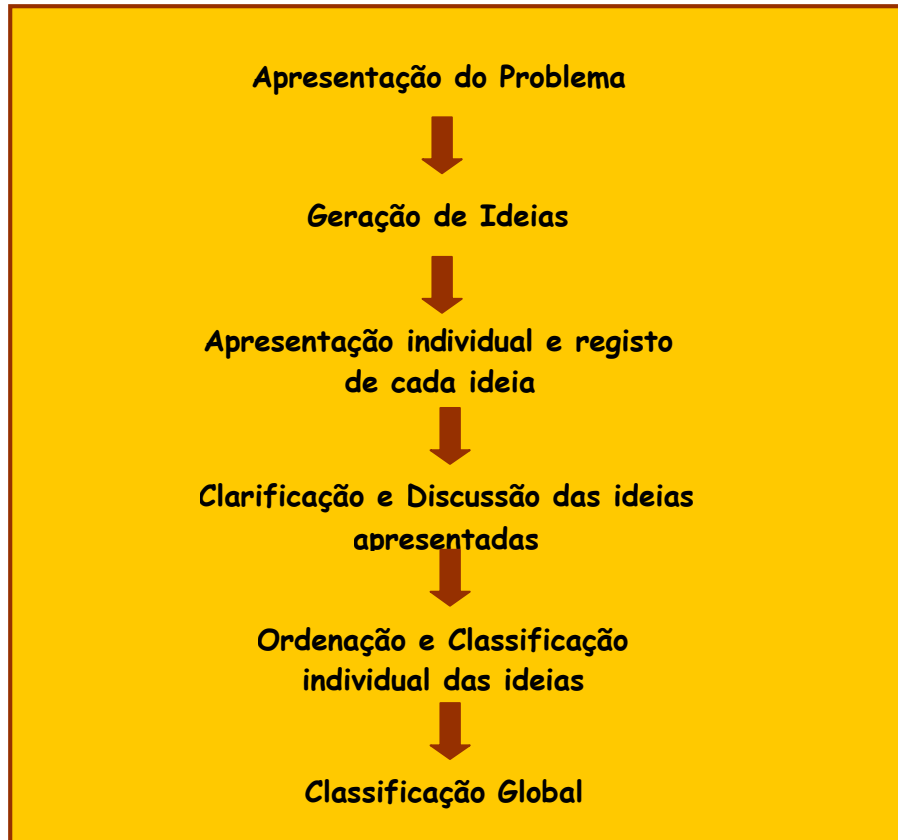


Figura 9: Decisão em Grupo Nominal

(Fonte: Teixeira, 1998)

Nascidos no Japão, na década de 60, os Círculos de Qualidade desenvolveram-se em França a partir dos anos 80. Sabe-se hoje que os Círculos de Qualidade não podem subsistir nas empresas de forma duradoura se não fizerem parte de um movimento global. Os círculos não devem acentar sobre a organização existente mas sim integrar-se nela, afectando-a, assim, em vários aspectos. Vão suscitar nos colaboradores expectativas a que será necessário atender. É preciso pois preparar cuidadosamente o terreno junto dos quadros.

Um Círculo de Qualidade agrupa seis a dez pessoas todas voluntárias. É permanente, constituído por trabalhadores de uma mesma oficina ou sector, ligados pelas mesmas preocupações de trabalho. Estuda as causas dos problemas detectados na sua actividade quotidiana, procura as soluções, propõe essas soluções à sua hierarquia e acompanha a sua concretização.

Os círculos devem utilizar uma metodologia rigorosa de resolução de problemas, que conduz a colocar problemas, a pesquisar as suas causas e soluções e a escolher a melhor.

#### 2.2.4 Avaliação

Avaliar em Engenharia Industrial consiste em comparar diversas alternativas ou analisar um determinado projecto, utilizado para tal, critérios monetários e critérios não-monetários. Qualquer mudança na Organização, quer seja por um novo investimento ou por um aumento da capacidade produtiva ou mesmo pela implementação de processos alternativos, deve ser sempre justificada em termos dos custos e benefícios para a Organização. O rigor com que se efectua uma Avaliação depende, essencialmente, do procedimento de avaliação adoptado, dos critérios escolhidos, do peso de cada um dos critérios e dos pressupostos tidos em conta para a avaliação das alternativas.

Num processo de Avaliação deverão ser seguidos os passos seguintes:

- ✎ Definir o objectivo da Avaliação;
- ✎ Descrever claramente as alternativas que vão ser avaliadas;
- ✎ Definir os pressupostos em que a Avaliação se deverá basear;
- ✎ Escolher os procedimentos de Avaliação;
- ✎ Definir / adaptar os critérios de Avaliação;
- ✎ Para avaliações não-monetárias, estabelecer a escala de valores que cada rácio deverá assumir;
- ✎ Para avaliações monetárias, decidir a unidade monetária em que os resultados da avaliação deverão ser apresentados;
- ✎ Determinar, se necessário, o peso de cada critério;
- ✎ Avaliar cada uma das alternativas segundo os critérios escolhidos;
- ✎ Comparar resultados;
- ✎ Escolher a alternativa "vencedora", explicando a viabilidade do investimento proposto.

As avaliações monetárias realizam-se quando os principais custos e benefícios que determinado investimento / mudança implica para a Organização, podem ser traduzidos em unidades monetárias (por exemplo, duas máquinas semelhantes com diferentes preços e capacidades). As avaliações efectuadas em termos não-monetários são mais utilizadas quando o horizonte da avaliação é o médio e longo prazo e quando o investimento em causa é susceptível de alterar a política da Organização (por exemplo, investimentos que impliquem a implementação de sistemas celulares de produção flexível ou mesmo a introdução de novas formas de organização do trabalho). Porém, muitas das soluções propostas para o aumento

da produtividade necessitam de investimento de capital e trazem consequências não-monetárias (por exemplo, a satisfação dos colaboradores no trabalho), sendo nestas situações, preferível utilizar metodologias de avaliação combinadas (monetárias e não-monetárias).

Na Figura 10, podemos observar o campo de aplicação destes três tipos de avaliação.

Técnica	Aplicação	Principais características
Avaliação Monetária (análise custo / benefício)	Cálculo do custo ou do rácio custo/benefício das alternativas.	Calculam-se os custos das alternativas, são estimados os benefícios, e calcula-se o rácio custo/benefício. As empresas desenvolvem procedimentos específicos, alguns dos quais comparam o custo – produtividade.
Avaliação não Monetária (avaliação integral dos sistemas)	Comparação das alternativas através de critérios não-monetários.	Estabelecem-se critérios como a flexibilidade produtiva, enriquecimento de funções, nível de utilização da capacidade, estabelece-se a escala de valores que cada rácio deverá assumir para as diferentes alternativas e comparam-se resultados.
Avaliação Combinada (monetária e não-monetária)	Comparação das alternativas através de critérios monetários e critérios não-monetários.	Conduzem-se, em separado, procedimentos de avaliação monetários e não monetários. As decisões tomam-se, tendo por base resultados quantitativos e qualitativos.

Figura 10: Avaliação

(Fonte: adaptado de Organização Internacional do Trabalho, 1996)

⇒ **Avaliação Monetária:**

Na avaliação das alternativas de investimento podemos utilizar diferentes tipos de procedimentos, que vão desde o mais simples ao mais complicado. A diferença principal entre os procedimentos utilizados reside na forma como avaliam o custo do capital envolvido no investimento e o intervalo de tempo compreendido entre o investimento e o retorno esperado. Os procedimentos de avaliação também diferem segundo o critério de avaliação: *custos, benefícios, período de retorno ou proveitos*.

As avaliações efectuadas em termos da *comparação de custos*, são particularmente úteis, quando as alternativas de investimento têm características de performance semelhantes e diferem apenas, por exemplo, no preço ou no seu tempo de vida útil. É o que sucede, por exemplo, quando o departamento de Engenharia Industrial é chamado a avaliar duas propostas de aquisição de equipamento com características semelhantes em termos de *performance*, diferindo apenas no preço e no tempo de vida útil. Esta situação complica-se se a capacidade utilizada das duas máquinas for diferente. Nesta situação a comparação de custos deverá basear-se no custo total por unidade produzida.

Quando os benefícios inerentes às alternativas de investimento são muito diferentes, uma avaliação do tipo custo/benefício (Análise de Sensibilidade) poderá ser aconselhada.

Outro importante critério de avaliação consiste no período de retorno de um investimento. Ou seja, quanto tempo é necessário para recuperar o investimento efectuado? Geralmente, as alternativas que requerem maiores investimentos, trazem maiores retornos, mas necessitam de maiores períodos de tempo para que o investimento seja recuperado.

⇒ **Avaliação não-Monetária:**

Existem inúmeros procedimentos de avaliação não-monetária. O procedimento mais simples consiste em registar os argumentos a favor e os argumentos contra as soluções propostas e basear a decisão de escolha na ponderação dos argumentos apresentados.

Existem também os rácios relativos à produtividade, que permitem comparar a situação actual com a situação futura proporcionada pelas soluções propostas.

A escolha entre uma linha de montagem e células de fabrico traz implicações para a Organização que extravasam o campo puramente monetário: têm implicações ao nível da flexibilidade, da qualidade, da motivação dos trabalhadores. Se a avaliação fosse efectuada apenas com base em critérios monetários não conduziria certamente à escolha da melhor solução.

#### 2.2.4.1 Importância dos Indicadores de Desempenho

Certas definições parecem indispensáveis para a compreensão de como pode funcionar um sistema de indicadores de desempenho numa Organização. Existe uma definição, hoje aceite por todos, respeitante à noção de indicador de desempenho:

Um indicador de desempenho é um dado quantificado que mede a eficácia de todo ou parte de um sistema relativamente a uma norma, um plano ou um objectivo que deverá ser determinado e aceite, no quadro de uma estratégia global. (Courtois *et al.*, 1997)

Explicitemos esta definição:



- ✓ Um indicador de desempenho é um dado expresso em quantidade e não em valor, uma vez que pode ser difícil poder exprimir-se sob forma de um montante financeiro. É o caso, por exemplo, quando pretendemos avaliar o valor de um *stock* de matérias-primas. Se o preço de compra das matérias-primas cresce considerável e rapidamente no tempo, podemos estar a esconder uma diminuição da quantidade média do *stock*.
- ✓ Um indicador mede a eficácia, logo, a aptidão do sistema de produção para gerir um desempenho de todo ou de parte de um processo ou de um sistema. Pode tratar-se de um posto de trabalho, de uma secção, de uma oficina, de uma fábrica ou de uma Organização na sua globalidade. Existem, portanto, indicadores de diferentes níveis hierárquicos.
- ✓ Um indicador mede a eficácia relativamente a uma norma, um plano ou um objectivo fixado e aceite. É, por isso necessário mobilizar, motivar o pessoal da Organização para que este aceite envolver-se para que o projecto seja bem sucedido.
- ✓ Um indicador exprime-se no quadro de uma estratégia global. É necessário verificar a coerência do conjunto de indicadores, utilizados a todos os níveis na Organização.

Os indicadores de desempenho são uma tentativa de cobrir dois aspectos do sistema de produção: um aspecto associado aos *resultados* e outro associado ao *processo*. Para tal podem ser definidas duas categorias de indicadores:

- ☞ Os *indicadores de resultado* indicam o resultado que podemos alcançar. Por exemplo, a quantidade produzida de um elemento fabricado na empresa.
- ☞ Os *indicadores de processo* que permitem exprimir a forma de obter um resultado. Por exemplo, para um indicador de resultado como a “quantidade produzida” teremos indicadores de processo

tais como o número de incidentes, o número de peças rejeitadas, o nível de qualidade dos componentes utilizados, entre outros.

Como deve uma Organização proceder para construir um sistema de indicadores coerente e objectivo?

Na base da construção de um sistema coerente de indicadores deverá estar uma estratégia claramente definida. Com efeito, o objectivo do sistema de indicadores será o de avaliar a adequação ou não das diferentes acções implementadas/a implementar para respeitar a estratégia.

Dever-se-á, em seguida, definir os objectivos principais associados a esta estratégia. Depois procurar-se-á identificar as actividades da Organização cujo desempenho se pretende melhorar no quadro dos objectivos estratégicos globais. De seguida identifica-se o conjunto dos factores que influenciam o desempenho das actividades. E finalmente define-se um plano de acção, que contemple uma avaliação precisa com o objectivo de actuar modificando o desempenho das actividades em causa.

A existência de indicadores justifica-se então como uma ferramenta de controlo e avaliação de melhorias progressivas. Para tal é indispensável definir para cada indicador uma especificação, um modo de cálculo, uma unidade de medida, uma periodicidade de controlo associada à capacidade de introdução de melhorias assim como uma base de referência (para saber de onde partimos) e um objectivo (para saber onde queremos chegar).

### 2.2.5 Implementação

Uma vez concebido, não é uma tarefa fácil tornar um sistema de produção completamente operacional. Encontram-se numerosos problemas nesta fase do ciclo do sistema de produção. Descobre-se que as tarefas e as actividades não estavam bem definidas, que alguns aspectos do sistema foram ignorados e que ocorrem incidentes imprevistos. A forma, talvez mais adequada, para guiar este

período de transição entre a concepção do sistema e a sua operação no estado estacionário é através de técnicas de gestão de projectos. Neste ponto abordaremos a gestão de projectos e abordaremos as técnicas de programação do *Program Evaluation and Review Technique (PERT)* e do *Critical Path Method (CPM)* que facultam uma análise lógica dos tempos de desempenho das actividades e auxiliam a estimativa do tempo para o final do projecto.

Um projecto é simplesmente uma declaração ou proposta de algo a fazer. Num sentido mais lato, pode ser definido como uma série de tarefas relacionadas dirigidas normalmente no sentido de algum *output* principal e necessitando de um período de tempo significativo para realizar.

A *gestão de projectos* pode ser definida como *planear, dirigir e controlar* recursos (pessoas, equipamentos, materiais) para satisfazer as restrições técnicas, de custo e de tempo do projecto.

Dentro da *gestão de projectos* podemos distinguir três funções principais:

- Planeamento das diferentes operações / tarefas a realizar num determinado período e dos meios materiais e humanos a reunir para realizar o projecto;
- Execução, isto é, realização das diferentes operações pré-definidas e seu respectivo acompanhamento;
- Controlo por comparação entre o planeado e o realizado; identificação e análise dos desvios podendo conduzir a modificações na forma de realização do projecto.

Um projecto começa como uma descrição do trabalho. Esta descrição pode ser uma descrição escrita dos objectivos a atingir, com uma descrição breve do trabalho a realizar e uma proposta de programa especificando as datas de início e de fim. Também contém medições de desempenho em termos de orçamento e fases de finalização e os relatórios escritos a fornecer.

Para assegurar correctamente a realização destas funções é necessário:

- ✎ Definir de maneira bem precisa o projecto.
- ✎ Designar em seguida um responsável de projecto ao qual será prestada informação da evolução do mesmo e que deverá tomar as decisões importantes.
- ✎ Analisar o projecto por grandes grupos de operações a realizar para ter uma ideia relativamente precisa do acordado e de todas as ramificações do projecto.
- ✎ Detalhar os diferentes grupos de operações e precisar o seu encadeamento e a sua duração.
- ✎ Avaliar os custos correspondentes, o que pode colocar em causa certos elementos do projecto que terão de eventualmente ser modificados.
- ✎ Realizar os controlos periódicos para verificar se o sistema não sofre desvios e tomar as medidas correctivas necessárias se tal ocorrer.

Para organizar e gerir as diferentes fases de um projecto, torna-se necessário recorrer a diferentes métodos. Os Método de Gantt, o *PERT* e o *CPM* irão ser desenvolvidos nos parágrafos seguintes.

#### ⇒ Método de Gantt:

Trata-se de um método bastante antigo, dado que data de 1918, mas muito utilizado ainda sob formas e aplicações modernas.

Consiste em determinar a melhor maneira de posicionar as diferentes tarefas de um projecto a executar num período determinado, em função de:

- Duração de cada uma das tarefas;

- Relação de precedência entre as diferentes tarefas;
- Prazos a respeitar;
- Capacidades disponíveis.

Escolhemos um exemplo muito simples para explicar a forma de construir um diagrama de Gantt. Suponhamos que pretendemos programar a realização de 5 tarefas de um projecto com as seguintes características:

*Tarefas a realizar:*

Tarefa "A": duração 3 dias;

Tarefa "B": duração 6 dias;

Tarefa "C": duração 4 dias;

Tarefa "D": duração 7 dias;

Tarefa "E": duração 5 dias.

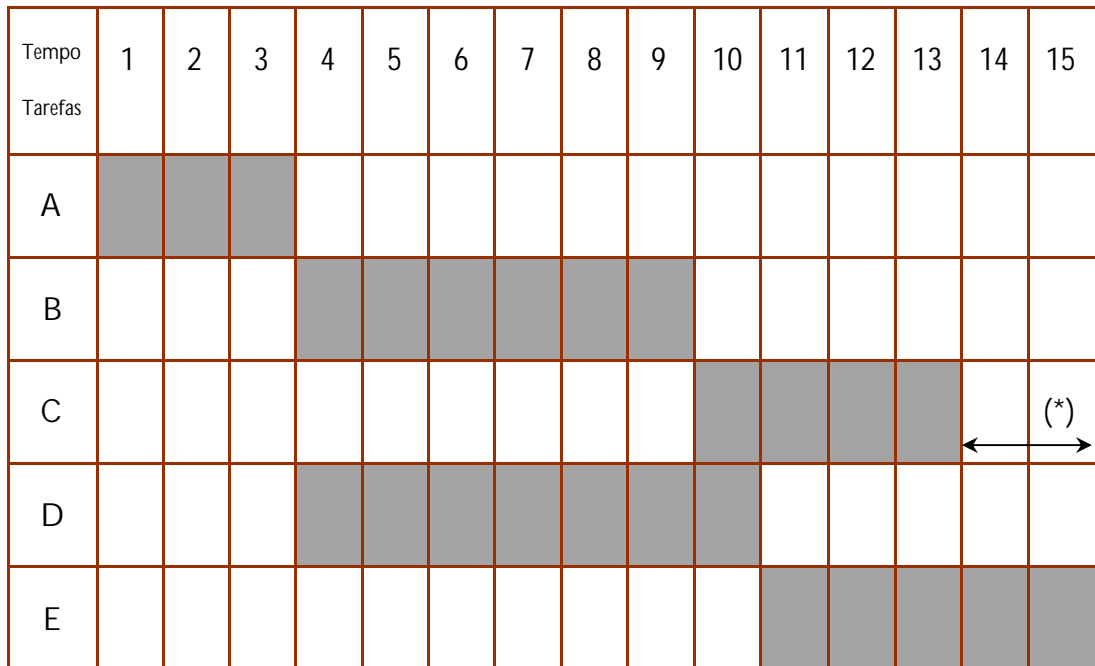
*Ligações entre as operações:*

Para que haja uma sequência lógica de realização das tarefas / operações é necessário respeitar: "B" e "D" sejam realizadas depois de "A"; "C" depois de "B"; "E" depois de "D".

O diagrama de Gantt apresenta-se sob a forma de um gráfico de barras onde cada coluna corresponde a uma unidade de tempo e cada linha uma operação / tarefa a realizar.

Definimos uma barra horizontal para cada tarefa; o comprimento de cada barra corresponde à sua duração. A posição da barra no gráfico é função das ligações entre as diferentes tarefas.

A Figura 11 ilustra o diagrama de Gantt correspondente ao exemplo precedente:



(\*) Folga

Figura 11: Diagrama de Gantt

(Fonte: adaptado de Courtois et al., 1997)

Começamos pelas tarefas que não têm tarefas precedentes. Representamos em seguida as tarefas que têm por tarefas precedentes as já representadas e assim por diante.

Existem diferentes possibilidades para definir as ligações entre as diferentes tarefas de um projecto:

- Prioridade à fabricação do produto com a data de entrega mais cedo respeitando o mais possível os prazos.
- Primeira encomenda confirmada, primeira encomenda executada, para não lançar em fabricação produtos que não se venderão. Esta solução tem um grande inconveniente; conduz à criação de *stocks* e não responde à procura em função do prazo.
- Prioridade à tarefa / operação cuja duração é mais curta. Esta proposta pode parecer um pouco surpreendente. Utiliza-se normalmente quando a empresa possui muitas urgências para gerir e necessita de fazer passar

adiante certas operações programadas. O facto de fazer passar primeiro as tarefas de duração mais reduzida permite intercalar entre elas operações urgentes sem cortar a primeira operação realizada e assim economizar as mudanças de série.

- Prioridade à tarefa que tem a *folga* mais pequena.

*Folga* = tempo que resta até à entrega / tempo total de acabamento do projecto

Esta situação permite ter em conta separadamente o prazo de entrega e o tempo de fabricação.

- Prioridade à tarefa que tem o *rácio crítico* mais fraco.

*Rácio crítico* = tempo que resta até à entrega / somatório dos tempos das operações que falta realizar

Esta operação tem igualmente em conta, separadamente, o prazo de entrega e o tempo de fabricação.

O diagrama de Gantt permite visualizar a evolução de um projecto e determinar a sua duração global.

Podemos evidenciar as folgas existentes em determinadas tarefas. Uma folga corresponde ao tempo de atraso que podemos considerar relativamente a uma tarefa particular sem que tal conduza ao aumento da duração global do projecto. As folgas são os elementos de flexibilidade que permitem à empresa perder algum tempo sem consequências.

O diagrama de Gantt clássico consiste em representar as operações / tarefas fazendo-as iniciar o mais cedo possível o que é designado por escalonamento de datas mais cedo.

Com as preocupações *just in time* temos hoje em dia a tendência para iniciar as operações o mais tarde possível de modo a respeitar imperativos fixados pelo cliente procedendo-se a um escalonamento de datas mais tarde.

Podemos igualmente, para encurtar prazos, utilizar a técnica de sobreposição que consiste em fazer iniciar uma operação antes que a precedente esteja terminada ou a realizar operações em paralelo para diminuir o tempo global de realização do projecto.

O Gantt não é um planeamento estático mas antes um planeamento dinâmico que deve fazer aparecer em tempo real as modificações das operações em datas e durações ligadas a imperativos de replaneamento e reprogramação.

O principal interesse do Gantt reside na sua simplicidade de construção, de apresentação e de compreensão. Trata-se de uma ferramenta que permite visualizar a solução para um problema. Permite tomar em consideração as limitações modernas do *just in time* através da sobreposição de tarefas e o escalonamento de datas mais tarde.

Todos estes elementos explicam a razão pela qual o Gantt ainda tem utilização nos dias de hoje. Por outro lado, podemos constatar que numerosas aplicações informáticas integram a técnica Gantt. Contudo, a sua utilização torna-se difícil quando o número de tarefas ou postos de produção se torna elevado.

### ⇒ **Técnicas do Caminho Crítico:**

A programação do caminho crítico refere-se a um conjunto de técnicas gráficas utilizadas no *Planeamento e Controlo* de projectos. Em qualquer projecto existem três factores a considerar: tempo, custo e disponibilidade dos recursos. As técnicas do caminho crítico foram desenvolvidas para lidar com cada um deles, individualmente e em conjunto.

As duas técnicas do caminho crítico mais conhecidas, *PERT* (Técnicas de Avaliação e Revisão de Programas) e *CPM* (Método do Caminho Crítico) foram ambas desenvolvidas no final dos anos 50. O *PERT* foi desenvolvido sob a égide do Gabinete de Projectos Especiais da Marinha dos EUA em 1958, como uma ferramenta de gestão para programar e controlar o projecto do míssil Polaris. O



*CPM* foi desenvolvido em 1957 por J. E. Kelly da Remington-Rand e M. R. Walker da Du Pont para ajudar a programação de interrupções da actividade para manutenção de fábricas de processamento químico. Têm sido concebidas várias variantes que embora pouco diferentes no conceito básico, elevaram a invenção de acréscimos até quase uma forma de arte.

As técnicas de programação do caminho crítico mostram um projecto em forma gráfica e permitem relacionar as actividades componentes de uma forma que concentra a atenção nas que são cruciais para a realização do projecto. Para as técnicas de programação do caminho crítico serem mais adequadas, um projecto tem de ter as seguintes características:

- ✎ Tem que ter actividades ou funções bem definidas cuja realização marca o fim do projecto.
- ✎ As actividades ou funções são independentes; elas podem ser iniciadas, interrompidas e conduzidas separadamente no âmbito de uma sequência dada.
- ✎ As actividades ou funções estão ordenadas; têm que se seguir uma às outras numa dada sequência.

As indústrias de construção civil, aeronáutica e construção naval satisfazem geralmente estes critérios e as técnicas de caminho crítico encontram nelas uma vasta aplicação. A aplicação da gestão de projectos e das técnicas de caminho crítico estão a tornar-se muito mais comuns em empresas industriais em áreas de rápida evolução.

As técnicas básicas do *PERT* e *CPM* concentram-se na descoberta do caminho consumidor do tempo mais longo, através de uma rede de actividades, como base para planear e controlar um projecto. Existem algumas diferenças na forma como as redes das duas técnicas estão estruturadas e nas suas terminologias. Todavia, a diferença básica está no facto de o *PERT* permitir o tratamento explícito das probabilidades nas suas estimativas de tempo, enquanto que o *CPM* não o permite. Esta distinção reflecte a origem do *PERT* na programação de projectos de

desenvolvimento avançado, que são caracterizados pela incerteza, e a origem do *CPM* na programação da actividade razoavelmente rotineira da manutenção da fábrica.

Num certo sentido, ambas as técnicas devem o seu desenvolvimento ao seu antecessor amplamente utilizado, o Gráfico de Gantt. Apesar de o Gráfico de Gantt ser capaz de relacionar actividades com tempo de um modo utilizável para projectos muito pequenos, a inter-relação das actividades, quando apresentadas desta forma, tornam-se extremamente difíceis de visualizar e de manipular para projectos com um número de actividades superiores a 25 ou 30. Além disso, o Gráfico de Gantt não faculta qualquer procedimento directo para determinar o caminho crítico; apesar das suas deficiências teóricas é de grande valor prático.

⇒ **PERT:**

São necessários os passos seguintes para desenvolver e construir uma rede *PERT*:

- *Identificar cada actividade a realizar no projecto.* Assumindo que o analista de *PERT* tem a percepção dos aspectos técnicos do projecto, o *output* deste passo é simplesmente uma relação das actividades.

Sendo importante que sejam incluídas todas as actividades necessárias para completar o projecto, deve ter-se o cuidado de assegurar que estas sejam apresentadas com um nível constante de detalhe. Por exemplo, na construção de uma casa, uma actividade como “pregar o degrau da entrada” não seria mostrada no mesmo gráfico *PERT* que “assentar alicerces”. Na terminologia da rede, estão em *níveis de indentação* diferentes e uma tal mistura de actividades principais e secundárias seria inadequada.

- *Determinar a sequência de actividades e construir uma rede reflectindo as relações de precedência.* Este é um passo importante, mesmo que não seja efectuada uma análise *PERT* completa, pois força o analista a considerar as

inter-relações de actividades e a apresentá-las numa forma visual. A rede *PERT* é orientada segundo uma estrutura de *actividades nas setas*, *acontecimentos nos nós*, isto é, as setas indicam actividades e os nós indicam acontecimentos. As actividades consomem tempo e recursos, e os acontecimentos marcam o seu início ou fim. Assim. “Escrever livro” seria uma actividade e “Livro completo” seria um acontecimento.

Ao construir uma rede, tenha o cuidado de assegurar que as actividades e os acontecimentos estão na ordem correcta e que a lógica das suas relações é mantida. Em muitos projectos surgem problemas na demonstração da forma exacta das dependências e é necessário utilizar a extensão da rede designada *actividade fictícia*. As actividades fictícias não consomem quaisquer recursos e são normalmente representadas por setas com o traço mais fino.

- *Calcular estimativas de tempo para cada actividade.* O algoritmo *PERT* requer que sejam obtidas três estimativas para cada actividade.
  - *a* = Tempo optimista: o período de tempo mínimo razoável no qual a actividade pode ser completada (existe apenas uma pequena probabilidade, normalmente assumida como sendo 1%, de que a actividade possa ser completada num período de tempo menor).
  - *m* = o tempo mais provável: a melhor estimativa do tempo necessário (esta seria a única estimativa submetida se se estivesse a utilizar *CPM*). Uma vez que *m* seria o tempo considerado como o mais provável de aparecer, ele é também o modo da distribuição beta discutida no passo seguinte.
  - *b* = tempo pessimista: o período de tempo máximo razoável que a actividade demorará a ser completada (existe apenas uma pequena probabilidade, normalmente assumida como sendo 1%, de que a actividade possa ser completada num período de tempo superior).

Normalmente esta informação é recolhida junto das pessoas que vão desempenhar a actividade.

- *Calcular o tempo previsto (TP) para cada actividade.* A fórmula para este cálculo é a seguinte:

$$ET = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Este resultado é baseado na distribuição estatística beta e pondera o tempo mais provável ( $m$ ) quatro vezes mais do que o tempo optimista ( $a$ ) ou o tempo pessimista ( $b$ ). a distribuição beta foi seleccionada pela equipa de pesquisa *PERT* porque é extremamente flexível; pode tomar a variedade de formas que normalmente surgem, tem pontos de terminus finitos que limitam os tempos de duração possíveis e, na versão simplificada utilizada no *PERT*, permite o cálculo directo da média e do desvio padrão da actividade.

- *Cálculo das variâncias ( $\sigma^2$ ) dos tempos das actividades.* Especificamente, esta é a variância  $\sigma^2$ , associada com cada *TP*, e calcula-se da seguinte forma:

$$\sigma^2 = \left( \frac{b-a}{6} \right)^2$$

Com pode ver, a variância é o quadrado de um sexto da diferença entre as duas estimativas extremas de tempo e, logicamente, quanto maior for esta diferença, maior é a variância.

- *Determinar o caminho crítico.* O caminho crítico é a sequência mais longa de actividades interligadas na rede e é definido como o caminho com o tempo de folga igual a zero. O *tempo de folga* ( $T$ ), por sua vez, é calculado para cada acontecimento; é a diferença entre os tempos previstos de fim mais cedo e mais tarde para um acontecimento. A folga pode ser vista como a quantidade de tempo que se pode atrasar o início de um dado acontecimento sem atrasar o fim do projecto.

- *Determinar a probabilidade de completar o projecto numa dada data.* Uma característica exclusiva do *PERT* é que ele permite ao analista avaliar o efeito da incerteza no tempo de fim do projecto. A forma de calcular esta probabilidade é a seguinte:
  - Somar os valores de variância associados a cada actividade no caminho crítico.
  - Substituir este dado, bem como a data devida do projecto e o tempo previsto de finalização do projecto, na fórmula de transformação  $Z$ . Esta fórmula é:

$$Z = \frac{D - T_c}{\sqrt{\sum \sigma_{cp}^2}}$$

em que:

$D$  = data prevista para o projecto

$T_c$  = tempo previsto de finalização mais cedo para a última actividade

$\sum \sigma_{cp}^2$  = soma das variâncias ao longo do caminho crítico.

- Calcular o valor de  $Z$ , que é o número de desvios-padrão da data devida do projecto em relação à data de fim prevista.
- Utilizando o valor de  $Z$ , encontram a probabilidade de cumprir a data devida do projecto (utilizando uma tabela de probabilidades normais). O *tempo de fim* mais cedo para um acontecimento é encontrado começando no início da rede e somando os tempos previstos para cada acontecimento que precede o acontecimento que interessa. Se duas ou mais setas convergirem num nó de acontecimento, utilize o valor mais elevado calculado. O *tempo previsto de fim mais tarde* ( $T_l$ ) para um acontecimento é encontrado começando no final da rede e deslocando-se para o

princípio, subtraindo o tempo previsto de fim de cada acontecimento do  $T_i$  de cada acontecimento sucessor. O início do processo requer o estabelecimento de um  $Tt$  para o último acontecimento. Este valor é normalmente fixado como igual ao tempo de fim mais cedo ( $Tc$ ) para esse acontecimento, ou ao tempo desejado de fim do projecto  $D$ . Se das ou mais setas convergirem num nó de acontecimento, tome o menor valor calculado como o valor  $Tt$ .

⇒ CPM:

A principal distinção entre *CPM* e *PERT* é a utilização de estatísticas neste último. De resto, apesar de algumas diferenças na construção da rede e a terminologia, as abordagens são semelhantes.

São necessários os seguintes passos para desenvolver uma rede *CPM*:

- *Identificar cada actividade a realizar no projecto.* No *CPM*, o termo tarefa é frequentemente utilizado para referir a actividade a ser desempenhada, em vez de se separarem actividades e acontecimentos como no *PERT*. Todavia, uma vez ser prática corrente tratar os termos como sinónimos, referimos as tarefas *CPM* a desempenhar por *actividades*.
- *Determinar a sequência de actividades e construir uma rede reflectindo as relações de precedência.* O *CPM* é orientado por actividades, com setas a representar apenas a precedência. Os nós no *CPM* representam actividades no sentido do *PERT*, não acontecimentos.
- *Apurar as estimativas de tempo para cada actividade.* Isto é, a “melhor hipótese” de tempo que pode ser assimilado como equivalente do tempo previsto, que é calculado estatisticamente no *PERT*. Apesar de o procedimento *CPM* não ter qualquer dispositivo para estimar estatisticamente este valor, o indivíduo que faculta a estimativa pode

utilizar um simples modelo estatístico para chegar a um número. Por exemplo, ele pode achar que dois tempos são igualmente prováveis e, devido a isso, tomar a média como uma estimativa.

- *Determinar o caminho crítico.* Como no *PERT*, este é o caminho com zero de folga. Para chegar ao tempo de folga é necessário calcular quatro valores de tempo para cada actividade:
  - *Tempo de início mais cedo* ( $I_c$ ), o tempo mais cedo possível para que possa começar a actividade.
  - *Tempo de fim mais cedo* ( $F_c$ ), o tempo de início mais cedo mais o tempo necessário para completar a actividade.
  - *Tempo de início mais tarde* ( $I_t$ ), o tempo mais tarde que uma actividade pode começar sem atrasar o projecto.
  - *Tempo de fim mais tarde* ( $F_t$ ), o tempo mais tarde que uma actividade pode terminar sem atrasar o projecto.

É necessário calcular estes valores:

- Encontrar o  $I_c$ .
- Encontrar o tempo  $F_c$ .
- Encontrar os tempos de início mais tarde e de fim mais tarde. Apesar de o procedimento para efectuar estes cálculos poder ser apresentado de forma matemática, o conceito é muito mais fácil de explicar e compreender se for apresentado de uma forma intuitiva. A abordagem básica é começar no final do projecto com um qualquer tempo de fim pretendido ou assumido. Trabalhando inversamente, no sentido do início, uma actividade de cada vez, determinamos quanto tempo se pode atrasar o início desta actividade sem atrasar o início da que se lhe segue.

- Determinar o tempo de folga para cada actividade. A folga para cada actividade é definida ou como  $I_i - I_c$  ou como  $F_i - F_c$ .

Embora grande parte deste ponto tenha tratado das técnicas de elaboração de redes utilizadas na gestão de projectos, a gestão eficaz de projectos envolve muito mais do que simplesmente preparar um programa *CPM* ou *PERT*. Necessita, para além disso, de responsabilidades no projecto claramente identificadas, de um sistema de relatórios de progresso simples e preciso e de boas práticas de gestão de recursos humanos.





## Questões para discussão

- 1. Refira três das mais importantes ferramentas de Engenharia Industrial e discuta as suas áreas de aplicação?*
- 2. Como é que a empresa onde trabalha identifica os problemas existentes?  
Como é que estabelece uma ordem de prioridade para os problemas?*
- 3. Quais as principais barreiras que as empresas enfrentam ao nível da utilização das ferramentas de Engenharia Industrial?*
- 4. Defina Gestão de Projectos.*
- 5. Descreva o Método de Gantt.*
- 6. Em que é que uma rede PERT difere de uma rede CPM?*



## **BIBLIOGRAFIA E LEITURAS RECOMENDADAS**

Baranger, P., Hugel, G. (1994), *Gestão da Produção - actores, técnicas e políticas*, Sílabo Gestão.

Barros, José Maurício (2002), *Curso de AutoCAD 2002*, 2ª edição.

Caetano, António e Vala, Jorge (2000), *Gestão de Recursos Humanos - Contextos, Processos e Técnicas*, Editora RH, Lisboa,

Chase, Richard B. e Aquilano, Nicholas J. (1989), *Gestão da Produção e das Operações: Perspectiva do Ciclo de Vida*, Monitor.

Courtois, A., Pillet, M.e Martin, C. (1997), *Gestão da Produção*, Lidel, 4ª edição.

Lindon, Denis; Lendrevie, Jacques; Lévy, Julien; Dionísio, Pedro e Rodrigues, Joaquim Vicente (2004), *MERCATOR XXI: Teoria e prática do Marketing*, 10ª edição, Publicações Dom Quixote.

Peretti, Jean-Marie (1997), *Recursos Humanos*, Sílabo Gestão.

Organização Internacional do Trabalho (1996), *Productivity and Quality Management: a Modular Programme*.

Roldão, Victor Sequeira (2002), *Planeamento e Programação das Operações na Indústria e nos Serviços*, Monitor.

Teixeira, Sebastião (1998), *Gestão das Organizações*, McGraw-Hill.



## **SITES A VISITAR**

Associação Brasileira de Engenharia Industrial: <http://www.abemi.org.br>

Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, IP (INETI): <http://www.ineti.pt>

Instituto Português de Engenharia Industrial (IPEI): <http://www.ipei.pt>