

# Índice

<b>Definições</b>	<b>4</b>
<b>Sistemas de Produção</b>	<b>5</b>
<b>Produção em série</b>	<b>5</b>
<b>Produção por lotes</b>	<b>5</b>
<b>Sistema flexível de fabrico</b>	<b>6</b>
<b>Tecnologia CIM – Fabrico Integrado por Computador</b>	<b>7</b>
<b>CIM – Fabrico Integrado por Computador</b>	<b>10</b>
<b>Integração do Fabrico o Caminho para a Modernização</b>	<b>13</b>
<b>Implementação do CIM</b>	<b>14</b>
Passos para a automação	15
Factor Humano	16
Metodologia	17
Integração Homogénea	17
Integração Heterogénea	18
<b>CAD/CAM – Projecto e Fabrico Assistido por Computador</b>	<b>19</b>
<b>CAD – Projecto Assistido por Computador</b>	<b>20</b>
A importância da utilização dos sistemas CAD:	23
<b>CAM – Fabrico Assistido por Computador</b>	<b>23</b>
Planeamento do fabrico	24
Controlo de fabrico	25
<b>CAD/CAM Como componente CIM</b>	<b>25</b>
Diferença entre CAD/CAM e CIM	26
Vantagens do CAD/CAM	27
Funções do CAD/CAM	28
Diferença entre CAD/CAM e outras aplicações da engenharia	29
<b>CAPP – Planeamento do Processo Assistido por Computador</b>	<b>30</b>
<b>Conceito de CAPP</b>	<b>30</b>
<b>Tarefas do sistema CAPP</b>	<b>32</b>
<b>Tipos de Sistemas CAPP</b>	<b>33</b>
Interactivo	33
Automático	34
Variante	34
<b>Métodos de planeamento</b>	<b>34</b>
Planeamento do processo convencional	35
Planeamento do processo variante	36
Tecnologia de grupo	36
Planeamento do processo generativo automático	38
Códigos	39
Linguagem Descritiva	39
Modelação via CAD	39

Planeamento do processo híbrido	40
Aplicações do CAPP	40
<b><i>PCP – Planeamento e Controlo de Produção</i></b>	<b>42</b>
<b>Conceito de PCP</b>	<b>43</b>
<b>Funções do PCP</b>	<b>44</b>
<b>Actividades de planeamento e controlo da produção</b>	<b>44</b>
<b>Em que consiste o PCP</b>	<b>46</b>
<b>O PCP em ambiente industrial</b>	<b>46</b>
Nível estratégico	48
Nível tático	48
Nível operacional	49
Planeamento estratégico da produção	49
Planeamento mestre da produção	50
Programação da produção	50
Acompanhamento e controlo da produção	51
<b>Sistemas PCP</b>	<b>51</b>
MRP I	51
MRP II	52
Aplicação do MRP II	53
Factores que influenciam o MRP II	54
CRP – Planeamento de recursos de Capacidade	55
<b><i>Robótica</i></b>	<b>56</b>
<b>Robôs</b>	<b>56</b>
<b>Anatomia de um Robô</b>	<b>57</b>
<b>O que é um Robô Industrial</b>	<b>59</b>
<b>Princípios da Robótica e da sua Tecnologia</b>	<b>60</b>
Configuração comum dos robôs	60
Fontes de alimentação para robôs	61
Motor Hidráulico	61
Motor Eléctrico	62
Motor Pneumático	62
Sensores da Robótica	62
Sensores de Posição	63
Sensores de Extensão	63
Sensores de Velocidade	63
Sensores de Proximidade	63
Movimento e Precisão de um Robô	64
Controlo e desempenho dinâmico	64
Aplicação dos robôs	66
<b>Impacto da Robótica</b>	<b>66</b>
Sócio - Económico	66
Empresas	66
Emprego	67
<b><i>Sistemas Automáticos de Apoio à Produção</i></b>	<b>68</b>
<b>Movimentação automática de materiais</b>	<b>68</b>
AGV	69

Monitor	70
Máquina	71
Armazém	72
<b>Princípios de funcionamento, constituição de sistemas automáticos.</b>	<b>73</b>
Fase de Preparação	73
Fase de Definição	75
Fase de Implementação	77
<b><i>Sistemas Automáticos de Inspeção e Qualidade</i></b>	<b>79</b>
<b>Sistemas de inspeção automática baseados na tecnologia de visão artificial</b>	<b>79</b>
<b>O que é, e para que serve visão artificial</b>	<b>80</b>
<b>Características dos sistemas de inspeção visual automática</b>	<b>81</b>
Precisão determinada pela informática	82
Imagem detectada por lentes e luz	83
Vantagens	84
Aplicação	85
<b><i>Fábrica do Futuro</i></b>	<b>88</b>
<b>Como será a Fábrica do Futuro</b>	<b>88</b>
<b>Factores a ter em conta para a Fábrica do Futuro</b>	<b>89</b>
<b>Automação Total</b>	<b>90</b>
<b>Fábrica do Futuro</b>	<b>91</b>
<b>Dificuldades na Implementação da Fábrica do Futuro</b>	<b>92</b>
<b>Sistema informativo de uma fábrica automatizada</b>	<b>93</b>
<b>A Robótica no futuro</b>	<b>93</b>
<b>O desenvolvimento dos sensores</b>	<b>94</b>
Comunicação homem-máquina	94
<b>Os trabalhadores da fábrica do futuro</b>	<b>94</b>
Mão humana na fabrica do futuro	95
Desemprego	96
Impacto social	96
Como será a sociedade do futuro	97
Como será o emprego nesta sociedade	98
<b>Como é que nos podemos preparar para este futuro</b>	<b>99</b>
Equipes Virtuais	99
Automação do Processo de Negócio	99
Controlo Numérico	100
<b>Fábricas do Futuro não Automatizadas</b>	<b>100</b>
<b><i>Bibliografia</i></b>	<b>102</b>

## ***Definições***

**Fabrico** – é um conjunto de operações e actividades relacionadas, que incluem, projecto do produto, selecção do material, planeamento do produto, inspecção, gestão e marketing do produto para a indústria de fabrico.

**Fabrico do produto** – é uma série de processos adoptados para fabricar (produzir) um produto, estes processos não incluem a parte de projecto, planeamento e controlo de produção.

**Processo de fabrico** – é o nível mais baixo da actividade de fabrico do produto, existem os processos tradicionais de maquinagem, por ex. : torneamento, fresagem, etc.

**Engenharia de fabrico** – envolve o projecto, operação e controlo dos processos de fabrico. É o centro do projecto, planeamento e controlo do sistema de fabrico e requer conhecimentos de outras áreas, como a Eng. Electrotécnica, Mecânica, Materiais, Química e Informática.

**Sistema de fabrico** – é uma organização que envolve muitos subconjuntos relacionados com o fabrico. O seu objectivo é fazer a interface com funções externas da produção para otimizar a performance total da produtividade do sistema, tais como tempo, custo e utilização das máquinas de produção. As actividades destes subconjuntos incluem projecto e planeamento, fabrico e controlo. Estão também ligadas com as funções externas do sistema de produção, tais como, marketing, financiamento e pessoal.

## ***Sistemas de Produção***

Uma maneira de classificar os sistemas de produção é consoante a quantidade de produção do produto.

### *Produção em série*

É o fabrico contínuo de produtos idênticos. A produção em série é caracterizada por grandes produções, o equipamento é único e simplesmente para o fabrico de determinado produto, para elevadas taxas de procura. Não só há máquinas específicas para o produto, mas usualmente a fábrica é feita para executar um único produto. A taxa da procura e a taxa de produção são relativamente iguais. A produção em massa pode dividir-se em duas categorias:

*Produção em quantidade* – envolve a produção em massa de produtos em máquinas ferramentas standard, como as máquinas de injeção de moldes, prensas puncionadoras. Estas máquinas podem ser aplicadas a casos particulares pela adaptação de ferramentas, moldes (para a máquina de moldes) e ferramentas de corte (para as prensas puncionadoras), o equipamento satisfaz a tempo inteiro uma taxa de procura elevada. Ex.: parafusos, anilhas, porcas, etc.

*Produção em fluxo* – o termo sugere um fluxo de produto como nas refinarias de petróleo e nas refeições embaladas. Este termo também é aplicado ao fabrico de partes de produtos complexos, ex. o bloco do motor de um automóvel, ou junção de diferentes partes que formam um produto. Nestes casos existe um fluxo de operações ao longo das quais chega o material através de passadeiras rolantes e outros sistemas.

### *Produção por lotes*

Esta envolve o fabrico de lotes de tamanho médio do mesmo produto. Os lotes podem ser produzidos apenas uma vez, ou com uma certa regularidade, uma vez que a taxa da procura é inferior à taxa de produção, o fabrico de

determinado produto é feito para satisfazer as necessidades da taxa da procura. Fabrica-se determinado produto até satisfazer a procura, passa-se para o fabrico de outro produto, quando o stock do primeiro está a acabar e existe nova procura torna-se a fabricar. O equipamento utilizado é de utilização geral, mas é para grandes níveis de produção. Ex.: prensas de impressão de livros, jornais, etc.

### *Sistema flexível de fabrico*

Esta envolve uma produção em pequenas quantidades. O tamanho dos lotes produzidos é muito pequena, muitas vezes apenas de uma unidade. Esta é muito utilizada quando a procura de determinado produto é muito específico, logo a empresa é muito versátil no fabrico de peças. O equipamento é muito flexível e de utilização geral. A formação dos trabalhadores é superior. Ex.: protótipos, máquinas ferramentas, naves espaciais, ferramentas especiais com características diferentes das existentes no mercado.

Um FMS é sistema industrial controlado por um computador central automatizado. Os componentes físicos essenciais para este tipo de sistema são:

- Máquinas ferramentas NC, capazes de executar múltiplas funções, e terem capacidades de mudar de ferramenta automaticamente;
- Sistemas de entrega-recolha de partes automáticos, para se moverem entre a máquina ferramenta e as diferentes estações;
- Todos os componentes são controlados por computadores hierarquicamente;
- Equipamentos como máquinas medidoras de coordenadas e dispositivos.

Antes de se maquinar as peças elas estão em cima de paletes numa determinada instalação, o sistema de entrega-recolha, vão buscar as paletes e levam-nas até ao centro de maquinagem de processamento, mas se essa máquina estiver ocupada, o sistema leva a palete para outro centro de maquinagem idêntico.

Conclui-se então de que este tipo de sistema é constituído por dois tipos de subsistema:

- Subsistema físico – é composto por todos os componentes físicos existentes, como as máquinas ferramenta, etc.;
- Subsistema de controlo – é constituído por todos os computadores e ferramentas de computadorização, que fazem o controlo de todo o sistema.

### ***Tecnologia CIM – Fabrico Integrado por Computador***

Um modelo CIM faz a integração das funções de uma empresa, desde macro funções como finanças, produção, etc. até as actividades concretas de coordenar operações, recolha de dados operacionais etc. [ COSTA, L.S.S. ; CAULLIRAUX, H. M. - 1995].

No final da década de 70, período em que fabricantes de hardware como a IBM, DEC, Honeuweell-Bull, entre outros, construía os seus próprios modelos para os sistemas CIM, estes modelos ganharam grande importância. Apesar destes serem integrações amplas, durante a década de 80, o sistema PRÓ-CIM perdeu força. A falta de padronização, a dificuldade de integração informática, os altos custos dos sistemas e o crescente sucesso mercadológico japonês entre outros, fizeram com que o sistema CIM fosse posto em segundo plano.

No entanto, no final da década de 80 e início da década de 90, algumas empresas com participação de capital japonês, por exemplo a NUMMI com a GM, a Rover com a Honda, etc., iniciaram novos desenvolvimentos para a integração da informática com a automação dos processos de produção.

O modelo Y [SCHEER, A. - 1991] apresentado na figura 1, é um modelo CIM que representa a integração de actividades nas áreas de engenharia do produto, engenharia do processo (ou industrial), planeamento do processo, produção e vendas/ marketing.

No lado esquerdo do modelo apresentado estão encadeadas as actividades de planeamento e controlo da produção, enquanto do lado direito estão as

actividades técnicas de engenharia e produção. Na parte superior do modelo tem-se o nível de planeamento, enquanto na parte inferior aparecem as actividades de implementação dos programas de produção. No meio do "Y" um banco de dados alimenta o fluxo de informações do sistema com listas de materiais, fluxogramas de produção, dados sobre os equipamentos, níveis de stokes, etc.

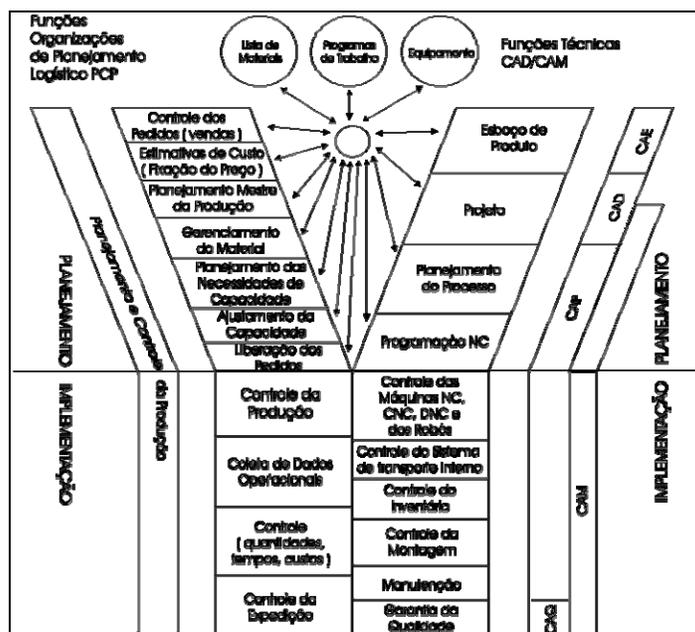


Fig. 1 – Modelo Y do sistema CIM

O sistema CIM, conforme apresentado na figura 1 envolve a utilização de uma série de tecnologias que produzem ferramentas para as actividades de planeamento e implementação do sistema de produção. Algumas delas são:

Engenharia Assistida por Computador - CAE

Como o próprio nome indica, consiste em implementar um sistema computacional para desenvolver e auxiliar as especificações funcionais de produtos, peças componentes e processos de fabrico.

Projecto Assistido por Computador - CAD.

É um sistema computacional implementado para a elaboração de desenhos, lista de materiais e outros conjuntos de instruções para as actividades de produção, como uma base de dados gráfica de peças, desenhos, simulação gráfica interactiva, armazenamento e acesso a documentos, edição de documentos técnicos, etc.

#### Planeamento do Processo Assistido por Computador - CAPP.

Este sistema computacional gere o fluxo produtivo das peças e componentes através do sistema de produção. Normalmente, as peças são catalogadas em famílias, agrupadas pelas características similares de fabrico, permitindo o desenvolvimento de planos padrões de processo para cada família.

#### Fabrico Assistido por Computador - CAM.

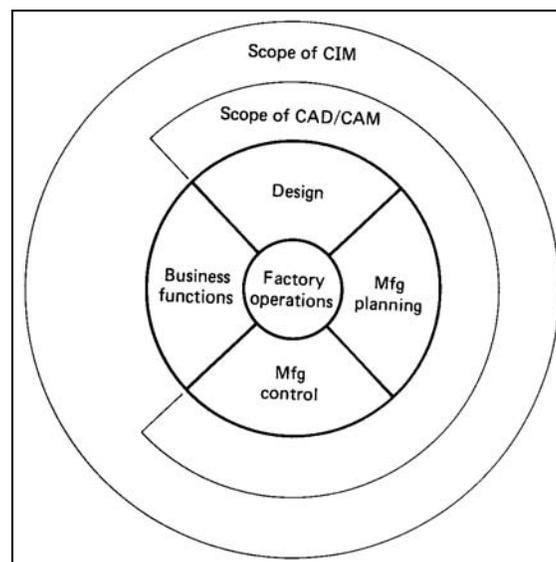
Desenvolve as actividades de geração, transmissão e controlo na execução dos programas de comando numéricos aplicados às máquinas-ferramentas e robôs, sistemas de manipulação de materiais, inspecção e teste da produção. Na realidade, o CAM engloba uma série de actividades que, de certa forma, podem dividir-se em tecnologias, como:

- CAP - Produção assistida por computador
- CAT - Teste assistido por computador
- CAQ - Qualidade assistida por computador.

Um dos grandes problemas da implementação dos sistemas CIM, consiste na falta de padronização entre os fabricantes dos sistemas computacionais, dificultando a interacção entre os vários módulos. Logicamente, a proposta dos sistemas CIM, a nível de engenharia e fabrico, consiste em que as informações contidas nos projectos de CAE sejam entendidas pelo CAD, que deve passar os desenhos para o CAPP, que por sua vez deve comunicar com o sistema CAM, para serem executados. Além disto, do outro lado, o planeamento e controlo da produção deve estar integrado com os dados. [TUBINO, D.F. - 1997].

## *CIM – Fabrico Integrado por Computador*

A definição de CIM compreende a informatização e integração das actividades de uma empresa, de modo que um sistema CIM necessita de informatizar integrar e automatizar as suas actividades, utilizando ferramentas informáticas e recursos de produção programáveis e também permitir que a informação gerada por essas aplicações e recursos possam fluir rapidamente pela empresa, recorrendo para isso a redes de comunicação, bases de dados partilhadas, plataformas distribuídas ou outras soluções tecnológicas que permitam agilizar os fluxos de material e informação. Os sistemas CIM surgem da necessidade de aumentar a produtividade, qualidade e rapidez da resposta da empresa às solicitações de mercado. A instalação fabril baseia-se num sistema flexível de produção, este sistema é controlado por computador e agrupa várias células de fabrico flexíveis com transporte automático de materiais entre elas. Uma célula de fabrico é formada por duas ou mais máquinas ferramenta com sistema automatizado de carga e descarga de materiais e ferramentas.



**Fig. 2** – Funções incorporadas no CIM

A eficiência dos fluxos de informação desempenha um papel cada vez mais importante em qualquer sistema produtivo. Desse modo, são necessárias soluções integradoras de suporte às diferentes funções produtivas e que estimulem o desenvolvimento. Esse conceito é muitas vezes referido como Fabrico Assistida por Computador (CIM - Computer Integrated Manufacturing), e consiste na integração de todas as actividades intervenientes no processo de produção.

Para isso é necessário que ferramentas de processamento da informação suportem os domínios da Engenharia do Produto (Concepção, Projecto e Análise de Engenharia -CAD/CAE), de Engenharia do Processo (Planeamento do Processo - CAPP, Geração de Programas de Comando Numérico - CNC, Controlo Estatístico do Processo - SPC), de Engenharia da Produção (Planeamento e Controlo da Produção - PPC) e de Gestão e Organização da empresa.



Fig. 3 – Descrição dos diferentes processos de informação.

O conceito principal do CIM é que todas as operações da empresa relacionadas com as funções de produção, estão incorporadas num sistema integrado de computador para assistir e automatizar as operações. Neste sistema o output de

uma actividade serve de input à actividade seguinte e assim sucessivamente até à distribuição do produto.

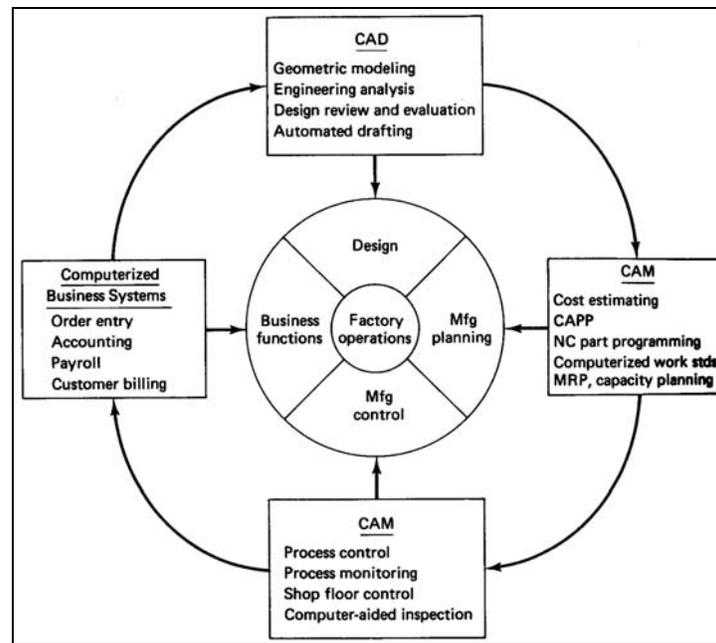


Fig. 4 – Elementos possíveis de automatizar num sistema CIM

### Exemplo:

A encomenda do cliente chega e é introduzida no sistema, esta contém as especificações que identificam o produto.

As especificações servem de input para o departamento de projecto, um novo produto é projectado no sistema de CAD, são projectados todos os componentes do produto, é feita uma lista de materiais e todos os desenhos são elaborados.

Estes servem de input à engenharia de fabrico, onde o planeamento do processo, projecto das ferramentas e actividades similares são efectuadas para preparar a produção, muitas destas tarefas são executadas no sistema CIM.

Este serve de input para o planeamento e controlo de produção, onde se efectua o planeamento do material a encomendar, utilizando o sistema CIM.

E assim sucessivamente até à distribuição do material para o cliente.

## Integração do Fabrico o Caminho para a Modernização

Para garantir a sua sobrevivência num mercado cada vez mais competitivo e globalizado as empresas têm recorrido a diferentes abordagens tecnológicas, filosóficas, etc. Muitas vezes estas abordagens técnicas trazem resultados significativos. No entanto, a quantidade de mudanças esgota a capacidade dessas empresas de decidir qual o caminho a seguir, conforme pode ser visto na figura 2. [ROZENFELD, H.-1996]



Fig. 5 – Dificuldades na decisão.

A dificuldade de competição das empresas tem aumentado, devido ao aparecimento de novos critérios de competitividade mundial. Estes termos podem ser traduzidos por três tipos de pressões que afectam intensamente os sistemas de fabrico: pressões externas, pressões internas e impactos ocasionados por novos desenvolvimentos tecnológicos.

As pressões externas são representadas tanto pelo novo papel assumido pelo mercado consumidor, como pelos novos padrões de concorrência presente no mundo dos negócios [HAMMER, M., CHAMPY, I - 1994]. O mercado consumidor passa a ter um tratamento individual, ou de que um produto só é comprado se

atender às necessidades e expectativas reais. Já a concorrência está cada vez mais cerrada, pois hoje lida-se com produtos semelhantes, que são vendidos em diferentes mercados com bases competitivas completamente distintas, como: preço, opções, nível de qualidade e de atendimento (antes, durante e após a venda), entre outras.

Quanto as pressões internas, estas são traduzidas pelos inadequados sistemas administrativos e da organização do trabalho, pelo baixo nível de qualificação da mão-de-obra e pela pouca utilização de tecnologias e conceitos modernos.

Com relação ao desenvolvimento tecnológico observam-se grandes mudanças, tais como desenvolvimento de novos materiais, modernização dos processos produtivos e evolução da tecnologia de informação [MARTINS. R.A - 1983]. Estas mudanças afectam as empresas e muitas vezes exigem reestruturações à procura da sobrevivência e do aumento de competitividade.

Perante este quadro e pressionada pela necessidade de actualização tecnológica, resta à gerência das empresas perceber o desenvolvimento tecnológico que passa ao lado de suas actividades.

### *Implementação do CIM*

A implementação do CIM tem de ser feita por etapas, devido a dois grandes obstáculos existentes; a componente humana, o bom funcionamento da sua implementação e o seu custo.

Existem companhias que se dedicam apenas a implementar o CIM noutras empresas. A implementação exige muito tempo para formação e adaptação dos operários, o que implica uma implementação parcial.

A razão principal para uma implementação parcial deve-se à sua funcionalidade, ou seja, a automatização completa tem um custo muito elevado, portanto, as etapas serão implementadas umas em função das outras, o que implica que as alterações de uma etapa se irão reflectir na etapa seguinte.

Para se integrar deve-se ter uma visão única do negócio, compartilhada por todas as pessoas da empresa. Esta visão pode ser representada por seus processos de negócio. Os objectivos da empresa devem estar alinhados com as suas estratégias e com os objectivos pessoais de cada um. Ela deve se tornar parceira dos fornecedores e atender sempre as necessidades de seus clientes. As acções de melhoria adoptadas pela empresa devem ser harmónicas entre si. Os sistemas de gestão precisam suportar todos esses requisitos, etc..

Pode-se listar um número maior ainda de características e actividades correspondentes que leva à integração. No entanto o processo de integração depende de dois factores básicos: factor humano e metodologia.

### Passos para a automação

- **Especificações das operações** – utilizar o equipamento para executar determinada operação com a maior eficiência possível (especialização laboral).
- **Combinação de operações** – quando a produção é uma sequência de operações, produtos complexos podem passar por dezenas de operações. A intenção é tentar diminuir ao máximo o número de operações necessárias, o número de máquinas e até o número de secções.
- **Operações simultâneas** – executar ao mesmo tempo duas peças diferentes que na próxima secção serão utilizadas as duas ao mesmo tempo.
- **Integrar operações** – diferentes secções fazem parte de um único mecanismo integrado, utilizando robôs, passadeiras rolantes, etc., para transportar as peças entre secções.
- **Aumentar a flexibilidade** – utilizar ao máximo o equipamento, ou seja, utilizar o mesmo equipamento para executar a maior variedade de peças.

- **Melhorara a entrega e armazenamento de material** – uma grande oportunidade para melhorar o tempo de não produtividade, é utilizar sistemas automáticos de entrega e armazenamento de material.
- **Inspecção on-line** – a inspecção da qualidade do produto é tradicionalmente efectuada depois do processo. Fazer uma inspecção incorporada na produção, permite correcção à medida que o produto é fabricado. Este reduz o número de produtos com defeito e eleva a qualidade do produto perto do nível de projecto.
- **Optimização e controlo do projecto** – este inclui um largo leque de esquemas de controlo que actuam individualmente em cada processo associando o equipamento mais eficientemente. Assim o tempo individual de cada processo diminui e a qualidade do produto aumenta.
- **Controlo das operações da fábrica** – a estratégia anterior fazia o controlo individual da produção em cada processo, esta faz o controlo da fábrica. Esta tenta gerir e coordenar as operações da fábrica mais eficientemente.
- **Fabrico integrado por computador** – a estratégia anterior e dar um passo em frente, tem-se a integração das operações da fábrica com a parte de projecto e muitas das funções de gerência da empresa. O CIM envolve intensivamente a utilização de aplicações de computador, bases de dados, uma rede interna de computadores por toda a empresa, permitindo o acesso às diferentes secções da empresa.

### Factor Humano

A integração começa com o factor humano. Utiliza se aqui o significado amplo do termo educação, para explicar o factor humano. A educação influencia principalmente a cultura técnica da empresa e a sua capacidade de aprendizagem, passando por motivação e tomando como referência as necessidades e habilidades existentes. Deve-se actuar na educação em todos os níveis da empresa, do presidente e directoria aos operários ("colaboradores").

Nos primeiros devem estar fundamentados os conceitos de integração, business process, técnicas de gerência, estabelecimento de estratégias, etc. Para os últimos, conceitos de suas múltiplas funções, habilidades necessárias, conhecimentos específicos, etc..

### Metodologia

A metodologia deve proporcionar um leque de métodos, técnicas e ferramentas, que o indivíduo pode aceder e utilizar conforme a sua necessidade específica. É uma referência de como se deve agir para se obter a integração.

### **Integração Homogénea**

Parte do princípio que existe uma base de dados única para todos os aplicativos. Isto é conseguido através de sistemas de gestão integrados (ERP), que contém teoricamente todos os aplicativos que uma empresa de manufactura necessitaria. Esses sistemas são bem flexíveis, pois podem ser configurados para diversas alternativas. Uma dificuldade desses sistemas integrados é o seu tempo e custo de implantação (por falta de profissionais que suportem uma implantação rápida) e limitações funcionais para atender às especificidades de cada negócio. Devido a isso, existem vários aplicativos complementares, que já trabalham integrados com esses sistemas. O problema ainda fica na integração da base de dados, pois os modelos dos sistemas integrados normalmente fazem um uso extenso da integridade referencial, dificultando a troca on-line de dados com aplicativos não nativos no sistema integrado. Alguns sistemas, no entanto, fornecem interfaces de dados padrão, onde se armazenam os dados que se deseja inserir, ficando a criação do relacionamento referencial a cargo do próprio aplicativo. Normalmente, o problema de integração é resolvido pelos fornecedores do sistema complementar e do ERP. Existem sistemas integrados baseados na arquitectura cliente-servidor, outros com base em intranet.

**Integração Heterogénea**

A integração heterogénea, como o próprio nome diz, preocupa-se em integrar sistemas distintos, desenvolvidos por fornecedores diferentes. Ela toma como base um repositório de dados também conhecido como meta base de dados, que é uma espécie de dicionário de todos os dados que estão nas bases de dados de cada um dos aplicativos a serem integrados. A grande desvantagem aqui é o armazenamento redundante de dados. Por utilizar sistemas diferentes, pode acontecer que em um ambiente heterogéneo exista também uma redundância das funções oferecidas por dois aplicativos ou mais. Nesse caso o modelo do processo de negócio adoptado como referência deve prever qual funcionalidade de qual sistema é para ser utilizada na realização de uma actividade.

Um padrão que pode colaborar para a efectivação deste tipo de integração é se todos os fornecedores de sistemas integrados oferecerem interfaces em conformidade com os padrões (STEP), seria tal iniciativa se houvesse uma especificação para todos os possíveis objectos das empresas de manufactura

## ***CAD/CAM – Projecto e Fabrico Assistido por Computador***

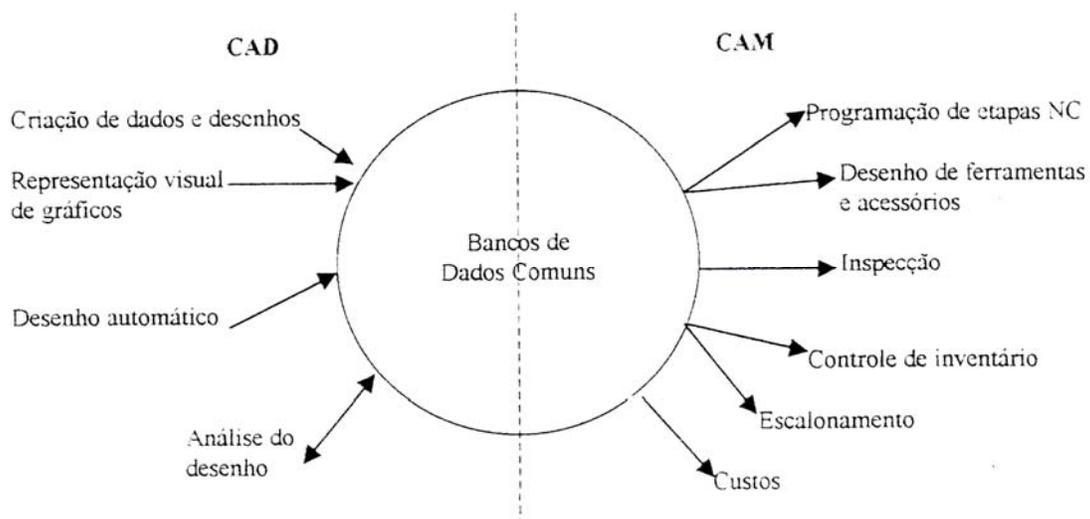
O aparecimento dos computadores provocou um grande impacto em todas as actividades industriais e científicas, onde se expandiu rapidamente.

Na década de 60, passou-se pela primeira vez a interagir com o computador através da linguagem visual de desenho, ou seja, solicitando-se o desenho de linhas e círculos, que eram mostrados nas telas dos terminais.

A partir de 1971 a industria CAD/CAM adquiriu a forma que conhecemos hoje e o modelo PC tornou-se o hardware padrão para sistemas CAD/CAM, baseados em micro-computadores hoje existentes.

O CAD/CAM assume hoje um papel preponderante na industria, permitindo criar, modificar e visualizar rapidamente todas as ideias.

Como avanço da tecnologia de micro computadores, os sistemas de computação gráfica foram adaptados para outros sectores, inclusive o do vestuário. O termo CAD/CAM passou a ser associado de forma mais livre, com diversos programas de computação gráfica.



**Fig. 6** – Divisão de tarefas num sistema integrado CAD/CAM.

### *CAD – Projecto Assistido por Computador*

Na parte de projecto, o computador é utilizado na parte de análise e representação. A aplicação do CAD na representação não é limitada ao desenho. A modelação tridimensional, a modelação em arame, a modelação e representação das condições fronteira, a modelação sólida são métodos representativos disponíveis para os utilizadores do CAD. Na análise à pacotes que executam análise cinemática, análise de circuitos e simulação, modelação com elementos finitos, etc.

As aplicações gerais incluem aplicações de engenharia mecânica, engenharia civil e arquitectura, circuitos electrónicos, etc. O sistema CAD consiste num conjunto de muitas aplicações que têm em comum uma base de dados e um editor gráfico.

Os sistemas CAD classificam-se quanto ao:

#### Hardware

- *Mainframe* – estes sistemas são usados em muitas empresas, especialmente quando existe um grande projecto de engenharia envolvido. Estes sistemas têm vantagens na modelação, permitem correr grandes softwares de modelação; em redes, comunicação com outras estações como a contabilidade, planeamento e controlo de bases de dados.
- *Minicomputer* – com grande avanço no campo da electrónica, podem efectuar quase todas as funções dos primeiros ‘mainframe’ a um custo mais baixo e com mais eficiência, contêm também um melhor ambiente de trabalho para o CAD/CAM. A estrutura e organização de um ‘minicomputer’ são similares à de um ‘mainframe’, à excepção de que o ‘anfitrião’ é um minicomputador em vez de um ‘mainframe’.
- *Engineering Workstation* – Os sistemas ‘Workstation’ representam uma evolução descendente das tecnologias de sistema baseadas em ‘super-minicomputer’, bem estabelecidas para ambiente de escritório ou para um

único utilizador. Estes têm algumas vantagens sobre os sistemas 'Mainframe' e 'Minicomputer'. Por exemplo o problema de haver 'time-sharing', facilidade de acesso a uma central computacional através de terminais com monitor gráfico, que existe em sistemas 'mainframe' e 'super-mini', é eliminado neste tipo de sistemas.

- *Microcomputer* – Actualmente 'Microcomputers' dominam ambos os mercados de computadores e aplicações mundiais. Estes sistemas são os mais populares que se encontra a correr os softwares de CAD/CAM. Existem muitas razões para que estes sistemas sejam tão populares, preços baixos, rapidez, tamanho, eficiente, e foram superados problemas de precisão nos últimos 10 anos.

#### Área de aplicação

- Eng. Mecânica;
- Projecto de circuitos e quadro de saída;
- Projecto de Arquitectura e Eng. Civil;
- Cartografia.

#### Método de Modelação

- Desenho bidimensional;
- Desenho tridimensional;
- Superfícies "sculptured";
- Modelação sólida tridimensional.

#### Modelação de objectos tridimensionais

- Modelos de arame – Têm como entidades de base as linhas (segmentos de rectas ou curvas).

*Vantagens:* eficácia sob o ponto de vista de rapidez de representação dos objectivos.

*Limitação:* não permitem efectuar cálculos complementares de áreas ou volumes, não se consegue a remoção de linhas invisíveis, não permitem a

determinação de interferências, não permitem uma visualização em “color shading”

- Modelação de superfícies – No caso de geometrias simples recorre-se à representação matemática exacta das superfícies, ex:
  - *cubo*: seis superfícies planas
  - *Cilindro*: 1 superfície cilíndrica e 2 superfícies planas
  - *Esfera*: uma única superfície

Outras superfícies não regulares são representadas pelas respectivas equações paramétricas.

Para uma rápida visualização das superfícies estas são representadas por facetas, utilizando uma visualização tipo modelo de arame.

Características da modelação por superfícies:

- A noção de volume não está intrinsecamente associada, pode obter-se através do tratamento da direcção normal às superfícies limites.
  - É possível interpolar sobre a superfície. Isto é, obter as coordenadas de qualquer ponto da superfície.
  - É possível calcular as intersecções entre superfícies.
  - É possível modificar a forma e efectuar a “smoothing” das superfícies.
- Modelação sólida – os sólidos podem ser obtidos a partir de três formulações diferentes, podendo coexistir mais do que uma no mesmo “package”.
    - Extrusão e ou rotação de perfis “ Sweep representation”
    - Representação de fronteiras” Brep-boundary representation”
    - Primitivas sólidas “C.S.G. constructive solid geometry”

### A importância da utilização dos sistemas CAD:

- **Aumenta a produtividade do projecto** – esta é conseguida ajudando o projectista a concretizar o produto e seus componentes. O tempo de análise e execução do projecto diminui.
- **Aumenta a qualidade do projecto** – com o sistema CAD o projectista consegue fazer uma melhor análise, permite-lhe também considerar um número maior de alternativas de projecto.
- **A documentação do projecto melhora** – o output gráfico do sistema CAD resulta numa documentação melhorada do projecto. A qualidade dos desenhos é superior, os erros são menores, a normalização standard é mais utilizada e os desenhos são mais legíveis.
- **Criação de uma base de dados para a produção** – no processo de criação da documentação de projecto do produto, é criada maior parte da base de dados necessária à produção, ex.: especificações geométricas do produto, dimensões dos componentes, especificações dos materiais, etc.

### *CAM – Fabrico Assistido por Computador*

Esta aplicação gera programas de controlo numérico automaticamente, evitando erros que podem ocorrer com a programação manual e reduzindo o tempo de programação. Os programas CAM são como pacotes de informação que fornecem às máquinas parâmetros indispensáveis para o seu funcionamento e realização das operações envolvidas nos projectos.

Este é definido como a utilização efectiva da tecnologia dos computadores no planeamento, gestão e controlo das funções de fabrico.

A aplicação do CAM pode ser dividida em duas categorias:

Planeamento de fabrico

Controlo de fabrico

### Planeamento do fabrico

É aquele em que o computador é utilizado indirectamente para apoiar a função de produção, mas há ligação directa entre o computador e o processo. O computador é utilizado para obter informação para o planeamento e gestão das actividades de produção.

#### *Aplicações importantes:*

- *Estimativa de custos* – O computador é programado com todas as etapas para a obtenção da lista de materiais e todos os custos associados ao novo produto.
- *Planeamento do processo assistido por computador* – O planeamento do processo trata da reparação da lista de sequência de operação e os centros de maquinagem necessários para fabricar o produto e todos os seus componentes.
- *Sistema de base de dados de máquinas compotorizadas* – Um dos problemas em trabalhar com máquinas ferramentas para corte de aço é determinar velocidades de rotação e avanço indicadas para executar determinada peça, tendo em conta o material e todas as condições associadas à tarefa a executar.
- *Programação NC assistida por computador* – Quando a geometria das peças é complexa a programação assistida por computador representa o método muito mais eficiente do que a programação manual, para gerar a instrução de controlo para a máquina ferramenta.
- *Desenvolvimento do trabalho standard* – Os programas de computador utilizam tempos standard, que foram desenvolvidos com base em elementos de trabalho. Ao saber o tempo standard de cada tarefa, o programa faz uma estimativa do tempo necessário para o fabrico do produto.
- *Balanceamento da linha de produção assistida por computador* – Colocar todos os equipamentos da linha de produção no melhor local seguindo a

melhor sequência é um trabalho difícil, logo existe software que ajuda a resolver este difícil problema (COMSOAL, CALB).

- *Planeamento do inventário e da produção* – esta função inclui manutenção do inventário, reordenação automática dos itens e stock quando sai alguma coisa, verificar prioridades relativamente às encomendas (clientes), e encomenda de material (fornecedores).

### Controlo de fabrico

A segunda aplicação do CAM está relacionada com o desenvolvimento de sistemas de computador para a implementação das funções de controlo de fabrico. Está relacionada com a gestão e controlo das operações físicas da fábrica. Controlo do processo, controlo de qualidade, controlo da produção e monitorização do processo, são funções incluídas nesta aplicação. Controlo de fabrico refere-se às técnicas de gestão da produção para recolher dados, directamente da fábrica, para ajudar no controlo da produção e no inventário da fábrica.

### *CAD/CAM Como componente CIM*

Através do CAD/CAM existe a possibilidade de interagir entre o projecto inicial e a máquina que o está a executar, tudo isto de uma forma directa, rápida e eficaz, manipulando informação, criando um só arquivo para várias tarefas, gerindo convenientemente “stocks”. Todas as funções contribuíram de forma decisiva para o progresso, para que se instala-se na regra da competitividade entre empresas, não lhes deixando outra via se não a da total integração de sistemas automáticos.

Sendo o CAD um dos primeiros, senão mesmo o primeiro, sistema a ser implementado na indústria, que contribui de forma decisiva para a implementação em alguns casos, gradual, do CIM.

### Diferença entre CAD/CAM e CIM

O CAD/CAM está ligado às funções criadas para projecto e fabrico, existe uma integração entre as actividades de projecto e o fabrico por meio de um sistema de computador, o método de fabrico de um produto é função directa de seu projecto. A meta do CAD/CAM é não só automatizar algumas fases do projecto e do fabrico, mas também automatizar a fase de transição do projecto para o fabrico.

O CIM (Computer Integrated Manufacturing) inclui todas as funções do CAD/CAM, mas também inclui as funções empresariais da firma. O sistema ideal CIM aplica a tecnologia do computador a todas as funções operacionais e funções de processamento de informação na produção, desde o projecto e produção, até ao envio do produto.

O conceito de CIM, diz-nos que todas as operações da firma relacionadas com a produção, estão incorporadas num sistema de computador, que assiste e automatiza as operações. O sistema de computador é universal ao longo de toda a firma apoiando todas as actividades da produção, a saída de dados de uma etapa, corresponderá á entrada de dados da etapa seguinte, começando com a ordem do vendedor e acaba com o envio do produto.

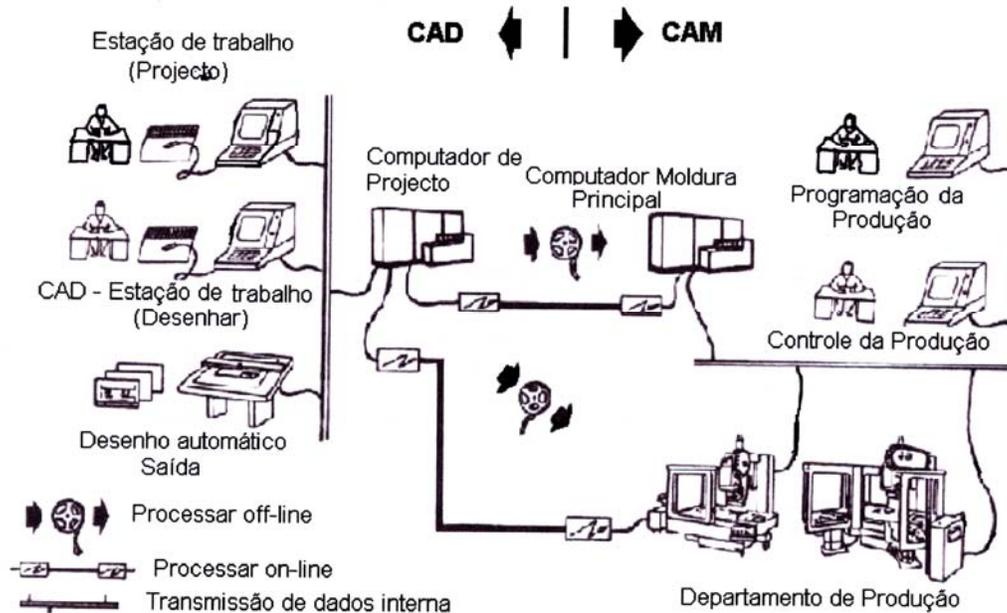


Fig. 7 – Integração computacional de um sistema CAD/CAM.

### Vantagens do CAD/CAM

- *Aumento da produtividade* – A maior e mais óbvia vantagem do CAD/CAM é o aumento da produtividade. Esta é sem dúvida a maior consideração que influencia a maioria dos potenciais empresários a investir grandes quantias de capital, necessárias a implementar o CAD/CAM. A decisão de compra é baseada num comércio de custo inicial muito alto de um sistema de CAD/CAM, contra o reduzido custo da vida do sistema. Na maior parte dos casos existe inicialmente uma diminuição da produtividade nos primeiros meses, verificando-se apenas enquanto o operador aprende a trabalhar com o sistema CAD/CAM. No entanto o aumento global da produtividade durante o primeiro ano é na generalidade dos casos o dobro, ao fim de alguns anos a produtividade global pode aumentar para três ou quatro vezes mais. Uma aplicação que aumente a sua produtividade para o dobro justifica a implementação de

- um sistema CAD/CAM. Com este aumento de produtividade o sistema amortiza-se em dois ou três anos.
- *Aumento da capacidade analítica do operador* – Esta implementação leva a um aumento da capacidade analítica e coloca-a ao alcance do operador, permite uma análise rigorosa do produto que será virtualmente impossível de executar manualmente.
  - *Redução de custo e desenvolvimento do produto* – Uma outra vantagem do CAD/CAM é a redução do custo e desenvolvimento do produto, que é o resultado directo do aumento global da produtividade e o uso sofisticado das capacidades analíticas do sistema CAD/CAM.
  - *Aumento da criatividade do produto* – O aumento da criatividade do operador, é sem duvida uma grande vantagem deste tipo de sistema, não tendo sido intenção inicial, mas que foi notória, após o grande aumento da utilização deste tipo de sistema.

### Funções do CAD/CAM

Um utilizador num computador com um sistema gráfico de CAD, pode desenhar uma peça, fazer análises de tensões e deflexão, fazer um estudo mecânico e produzir os desenhos de definição automaticamente. A geometria da peça é considerada como a característica mais importante, visto que é com base nela que são executadas todas as outras funções. Da descrição geométrica proveniente do programa CAD, programadores podem produzir programas de comando numérico (NC), gerir planos de projecto, programar robôs, podem também administrar operações da fábrica com um sistema CAM.

Estas duas tecnologias com as suas capacidades associadas foram combinadas num sistema CAD/CAM, por outras palavras, o projecto é criado e o processo de fabrico controlado e executado, através de um único sistema de computador. Este sofisticado sistema é usado em algumas operações de fabrico, mas um grande número de empresas está actualmente a testar essas capacidades. Algumas pessoas, consideradas peritos, prognosticam que os sistemas

integrados CAD/CAM, conduziram para as fábricas automatizadas, que à muito são pressentidas pelos empresários.

*Diferença entre CAD/CAM e outras aplicações da engenharia*

O que distingue CAD/CAM de outras aplicações de engenharia e fabrico em computador é basicamente:

- Uso de recursos gráficos interactivos;
- Modelação geométrica;
- Reutilização da informação do produto armazenado.

Embora possam operar de forma independente, somente com um banco de dados integrado e compartilhado, a utilização do CAD e do CAM se torna eficaz e produtiva a fim de assegurar o retorno do investimento.

## ***CAPP – Planeamento do Processo Assistido por Computador***

A competitividade globalizada, forçou as empresas a desenvolver produtos com maior qualidade, menor tempo e custo. Existe uma lacuna entre o CAD e o CAM, que é a geração de planos de processos ou roteiros de fabrico.

A aplicação de sistemas CAPP, surge justamente para dar maior agilidade e qualidade na geração das informações contidas nos planos de processo. Porém cada empresa tem uma maneira particular de emissão de planos de processo e criação de documentação. Desta forma é necessária a implementação de um sistema CAPP flexível que se adapte ao ambiente no qual ele está inserido. Sendo a sua implementação feita através de um planeamento, sendo este integrado através de um computador.

### *Conceito de CAPP*

Os sistemas CAPP (planeamento de processo assistido por computador) são ferramentas utilizadas para gerar planos de processos, e orientar a execução das diversas operações sequenciais de cada tarefa de produção. Nesta fase são utilizadas as atribuições do CAM (fabrico assistido por computador) através da geração dos programas CNC, simulações, gerência de arquivos de programas, pós-processamento e comunicação para o DNC (controle numérico distribuído).

Planeamento do processo, processamento de materiais ou roteiro de maquinagem, são algumas terminologias utilizadas para referenciar o CAPP, que pode ser definido como a actividade responsável pela conversão de dados de um projecto em instruções de trabalho, detalhando sistematicamente a sequência de maquinagem, os métodos e parâmetros de corte que serão utilizados para converter uma matéria bruta em peça acabada de maneira económica, única e competitiva.

O sistema CAPP permite definir tempos envolvidos em cada operação, quais as máquinas ou células que são capazes de executar determinado conjunto de

operações, a sequência e as ferramentas necessárias durante a fabrico do produto.

Influencia directamente uma série de actividades da empresa. Um exemplo é a determinação da carga-máquina no PCP (Planeamento e Controlo da Produção) que utiliza a sequência de operações e seus tempos. A sequência de operações é essencial para os sistemas de PCP que trabalham com ordens de produção. No “chão da fábrica” o plano de processo instrui o operador indicando-lhe qual o melhor método de fabrico de um produto.

O planeamento subdivide-se em dois níveis distintos:

- *Planeamento global ou macro* - envolvendo actividades relacionadas ao planeamento do processo de fabrico de uma determinada peça. Inclui-se neste nível: a selecção de matéria-prima, a selecção dos processos e operações, o desenvolvimento da sequência de operações e a selecção das máquinas e ferramentas;
- *Planeamento detalhado ou micro* - envolvendo o planeamento de detalhes relativos a cada operação individualmente. Incluem-se: a determinação de planos de corte, os cálculos dos parâmetros de corte, a selecção das ferramentas e fixações, as superfícies de referência e cálculo de maquinagem.

Dentre as várias etapas para análise e planeamento de um processo de fabrico por maquinagem pode-se destacar:

- Análise do desenho;
- Selecção de matéria-prima;
- Selecção dos processos e operações;
- Desenvolvimento da sequência de operações;
- Selecção das máquinas e ferramentas;
- Selecção de ferramentas;

- Parâmetros de corte;
- Fixação da peça;
- Selecção das superfícies de referência.

A criação deste plano, com estas e outras etapas, é necessário para a operação eficiente das empresas. Tendo o projecto do produto, o trabalho de planeamento do processo pode exercer um impacto sobre custos, qualidade e taxas de produção maior do que qualquer outra actividade no âmbito da empresa.

Ao contrário do projecto, onde a representação gráfica significa a maior parte das informações necessárias, o planeamento é caracterizado pela grande diversificação das informações envolvidas.

A utilização dos planos de processo varia de empresa para empresa, podendo em alguns casos, ser pouco mais do que uma sugestão sobre quais máquinas devem ser utilizadas na fabrico de determinadas peças, e em outros, podem ser folhas de operações altamente elaboradas, as quais delineiam em grandes detalhes os métodos a serem usados no processo de fabrico.

### *Tarefas do sistema CAPP*

- *Preparação do Planeamento:* quais são os dados necessários na folha de processo, prazos de elaboração, pessoas envolvidas, etc.;
- *Especificação dos Dados Organizacionais:* como e onde vão ficar os dados da empresa, nome, número, código, revisão e status do plano, etc.;
- *Determinação da Peça em Bruto:* interpretação do desenho e visualização da passagem da matéria-prima para a peça em bruto;
- *Determinação dos Processos de Fabrico:* identificar que operações e processos de fabrico, a manufactura da fábrica é competente para realizar ou planear;
- *Determinação das Operações e suas Sequências:* destacar as operações que a peça em bruto vai sofrer para se transformar na peça acabada e ordená-las de modo a atender às especificações exigidas;

- *Seleccção de maquinagem:* com as operações e a especificação do cliente, seleccionar a(s) máquina(s), e ao mesmo tempo, não sobrecarregar a(s) mesma(s). Às vezes pode-se fazer várias simulações para se chegar a um quadro ideal;
- *Seleccção de Ferramentas:* com o conhecimento da máquina e das especificações das operações, determinar uma ferramenta que esteja disponível e cujo custo seja o mais baixo possível;
- *Determinação das Condições de Trabalho:* escolher o nível do operador adequado para realizar a operação, indicar o modo de preparação da máquina e da ferramenta (setup) e determinar o modo com que a operação deve ser realizada (indicando, por exemplo, velocidade de rotação, avanço, etc.);
- *Cálculo dos Tempos de Fabrico:* com a utilização dos parâmetros de fabrico (diâmetro, comprimento, material e outros) especificar as equações e/ou tabelas utilizadas para cálculo dos tempos de fabrico;
- *Especificação dos Tempos de Fabrico:* previsão dos tempos de fabrico por experiência anterior ou por medições dos tempos de peças similares;
- *Cálculo do material excedente:* indicação de sobra de material para que a operação possa ser realizada nas especificações (por exemplo, o material excedente deixado para o acabamento após uma passada de desbaste);
- *Elaboração de Croquis:* ilustrar como é feita a operação para o estágio de fabrico da peça, ou para a preparação da máquina, ou ainda detalhar uma operação de forma a facilitar a interpretação para o operador;
- *Programação CN:* elaborar um programa de comando numérico que transforme a matéria-prima em produto acabado.

### *Tipos de Sistemas CAPP*

#### *Interactivo*

Este tipo de sistema CAPP é bastante utilizado onde os planos de processo não possuem dados semelhantes permitindo reaproveitamentos de informações. O

sistema CAPP Interactivo possui uma característica que permite a geração de qualquer plano de processo, porém o tempo de sua confecção não é muito satisfatório. Um aumento da produtividade e qualidade deste tipo de sistema CAPP acontece através da utilização de padrões de planeamento.

### Automático

O sistema CAPP automático gera um plano de processo a partir do reconhecimento de características “features” e do processamento de regras ou algoritmos baseados nessas características. Essas características “features”, de maneira simplificada, podem ser consideradas como a descrição técnica e geométrica de regiões de um produto, normalmente provinda de um sistema CAD. Este tipo de sistema pode gerar informações de alta precisão numa velocidade bastante elevada. Entretanto, tais sistemas são difíceis de serem abrangentes, mais aplicáveis a indústrias com itens muito semelhantes e normalmente de baixa complexidade. Um grande problema desta solução é o um tempo de implantação elevado

### Variante

Um sistema Variante permite encontrar e copiar um plano semelhante, para servir de base para o novo plano de processo. Este plano pode ser obtido a partir de um produto com geometria próxima às do produto original ou através da parametrização de planos de produtos semelhantes em famílias. Com isso, consegue-se uma padronização maior dos planos de processos e uma elevada velocidade de geração de planos de processo. As alterações ou ajustes nos planos de processos podem ser realizados utilizando o sistema CAPP Interactivo.

## *Métodos de planeamento*

### Planeamento do processo convencional

Neste tipo de planeamento, geralmente o projectista inicia a partir de um desenho do produto, que passa as sequências do plano do processo, documentadas de forma manuscrita ou computacional. Actualmente a maioria das empresas utilizam computadores para documentar estes processos de fabrico, porém, estas empresas não utilizam sistemas CAPP, e sim editores de textos, etc. As empresas que adoptam estes sistemas estão inclinadas a entrarem num caos computacional pois, na maioria dos casos não estão protegidos por uma base de dados.

Uma grande variedade de características atrasam a produtividade desta área de engenharia, pode-se destacar:

- O sector de engenharia da empresa continua cheio de papéis;
- Projectistas perdem 63% de seu tempo na redacção do plano e 20% na recuperação de informações;
- Existe pouca integração entre o projecto e o processo;
- Os prazos de desenvolvimento não são cumpridos;
- Documentação que chega ao chão de fábrica é imprecisa;
- Não existe uma base segura para previsão de custo;
- Cada projectista tem os seus próprios manuais e catálogos;
- Os tempos especificados são inválidos;
- Medidas de padronização não vingam;
- Orçamentos são demorados e imprecisos;
- Alimentação do sistema PCP é demorada.

Todos esses problemas são normalmente amenizados com a contratação de um projectista que passa então a realizar um trabalho pouco relacionado com o seu conhecimento sobre o processo. Eles tornam-se "burocratas" técnicos e mesmo assim não conseguem realizar um trabalho preciso e no tempo necessário . Pela burocracia do planeamento convencional, os projectistas em tempo de crise levam a empresa a perder qualidade de seu planeamento de processo. À utilização de uma maior quantidade de pessoas envolvidas na definição dos

planos, aumentam a diversificação das especificações técnicas e o seu efeito tem um aumento no custo do produto final.

### Planeamento do processo variante

#### **Tecnologia de grupo**

Esta forma é derivada do tradicional planeamento de processos, num sistema variante a *tecnologia de grupo*, as técnicas de classificação e codificação são utilizadas para catalogar as peças em famílias. As famílias são então agrupadas pelas suas características similares de fabrico, permitindo que um plano de processo padrão possa ser desenvolvido para cada família de peças. Assim, quando uma nova peça for introduzida, o plano padrão para aquela família particular é alterado, acomodando quaisquer variações requeridas na fabrico da nova peça.

O plano de processo resultante torna-se, dessa forma, uma variação do plano padrão, origem do nome variante.

O conceito de tecnologia de grupo (TG) tem sido praticado por muitos anos como parte da "boa prática em engenharia". No começo deste século, Taylor já usava um sistema que codificava e classificava peças. Porém, a formalização do conceito veio no livro "The Scientific Principles Of Group Technology" de S.P. Mitrofanov..

A Tecnologia de Grupo considera que muitos problemas são similares e que, se forem agrupados por similaridade, uma única solução poderá resolver tais problemas, economizando tempo e dinheiro.

A aplicação da Tecnologia de Grupo dá-se tanto na área de fabrico como em projectos. No fabrico pode-se ver que existem peças de formas e funções diferentes, mas que requerem processos de fabrico semelhantes como tornear, facejar e furar. Portanto, existe uma similaridade entre as peças, e seu agrupamento formará uma família de produção. No projecto de peças, agrupam-se aquelas que possuem formas semelhantes. Assim, um novo projecto pode ser feito apenas modificando algumas características de um componente já existente. Desta maneira, as peças com projecto semelhante formarão famílias

de projecto. Estes conceitos facilitam o trabalho de planeamento de processos. Como as peças são agrupadas por similaridade, basta a elaboração de um plano de trabalho que englobe essas características comuns, resultando então num plano padrão. Ele deverá ser de fácil adaptações às características particulares de cada peça que compõe a família. De um modo geral, a forma variante de planeamento de processos apresenta dois estágios: um estágio preparatório e outro de produção.

Durante o *estágio preparatório* as peças existentes são classificadas, codificadas e finalmente agrupadas em famílias. Uma vez montada a família de peças, o passo seguinte consiste em elaborar o plano padrão para os componentes desta família. Este é armazenado numa base de dados e indexado com o código da matriz família.

O *estágio de produção* ocorre quando o sistema já está em execução, quando uma nova peça, um novo projecto vai ser executado. Primeiramente, a peça é analisada e codificada. Este código é colocado numa rotina de pesquisa que tentará enquadrar esta peça numa das famílias existentes. O código da família resgatará o plano padrão e o operador (ou projectista) irá proceder às adaptações do plano à nova peça.

Na utilização das técnicas de T.G. a codificação e a classificação de peças são dois aspectos de fundamental importância para uma correcta formatação de famílias. A codificação estabelece símbolos que comunicam determinados atributos das peças. A classificação é o processo onde as peças são separadas em grupos de acordo com as suas semelhanças. Para as aplicações em T.G., um sistema de codificação e classificação deve satisfazer, dentro do possível, os seguintes requisitos:

- Abrangência: deve abranger todos os itens existentes na produção;
- Mutuamente exclusivo: deve ser capaz de excluir peças diferentes e incluir peças semelhantes;
- Deve estar baseado em características visíveis e permanentes;
- Específico para as necessidades do usuário;
- Adaptável ao processamento por computador;

- Aplicável em todos os sectores da empresa.

### Planeamento do processo generativo automático

A forma generativa de planeamento de processos pode ser definida como a geração de um plano de trabalho a partir de informações de projecto contidas numa base de dados, sem a intervenção do operador. Uma vez recebido o modelo do projecto, o sistema é capaz de seleccionar as operações e a sequência de trabalhos necessários para fabricar a peça.

O processo generativo deve conter o conhecimento de manufactura codificado em forma de Software. Através de decisões lógicas, a forma generativa de planeamento de processos tenta imitar a flexibilidade de um projectista na execução de funções como selecção de ferramentas, máquinas - ferramentas, parâmetros de corte, instruções de operações, etc. A forma generativa, no sentido estrito, é aquela onde todas as decisões inerentes ao processo são tomadas pelo Software, que também exerce gerência sobre todas as variáveis envolvidas, tais como: capacidades dos meios de produção, custos, tempos, materiais, stocks de ferramentas, etc.. Este ideal de flexibilidade actualmente ainda não é atingido. O que existe são sistemas generativos aplicados a determinados tipos de operações, como por exemplo: torneamento, fresagem e corte de chapas.

A aproximação de sistemas existentes com a forma generativa conceptual vem sendo pesquisada na intenção de serem ultrapassados obstáculos como a identificação e armazenamento da tecnologia de vários processos de fabrico e a definição das formas da peça. Esta última, deve ser feita de forma clara e precisa, para que a lógica de processamento saiba como interpretar a geometria e identificar as superfícies que serão trabalhadas.

Há várias maneiras de dar entrada de dados nos sistemas generativos. Entre elas estão os códigos, a linguagem descritiva e a modelação via CAD.

**Códigos**

A codificação é mais utilizada na forma variante (tecnologia de grupo). Mesmo assim, alguns sistemas generativos, como APPAS e GENPLAN, também utilizam a codificação como entrada de dados. Os códigos no sistema generativo são mais detalhados e algumas vezes aglutinam valores de parâmetros. No sentido de determinar a sequência de fabrico, é apropriado dar um código para a peça, pois assim são atribuídas informações globais. Entretanto, no processamento de detalhes, é necessário a codificação de superfícies. Um código de superfície normalmente descreve a forma, dimensões, acabamento e tolerância desta. Embora o uso de códigos de superfície seja mais fácil para manusear e armazenar, é difícil gerar automaticamente o código (via Software). Nesse caso, a intervenção humana facilitaria a transmissão de informações do projecto para o sistema de planeamento do processo.

**Linguagem Descritiva**

As linguagens especialmente concebidas para descrever peças podem fornecer informações bastante detalhadas para o sistema de planeamento de processo. Embora as linguagens descritivas forneçam os elementos completos para a geração de um plano de trabalho, o problema principal. A dificuldade de assimilar o desenho original automaticamente persiste.

**Modelação via CAD**

Um projecto de uma peça num sistema CAD, gera um modelo que pode ser utilizado como entrada de dados para o sistema de planeamento de processos. Esta forma elimina a intervenção do operador para traduzir um desenho em códigos de linguagem. Um desenho modelado num sistema CAD pode conter todos os dados necessários para uma completa análise de planeamento. Entretanto, ainda existe uma barreira que deve ser transposta - um algoritmo que identifique as superfícies que serão trabalhadas, na base de dados do CAD. Esse pré-processador analisará os arquivos gráficos, extraindo dados como dimensões, tolerâncias e demais características de cada superfície. Esses

dados irão alimentar o sistema CAPP, fazendo com que exista uma perfeita integração entre os actos de projectar e planear os processos de fabrico.

### Planeamento do processo híbrido

O CAPP híbrido agrupa características de variantes e generativos. Baseia-se na essência do método generativo e incorpora algumas ferramentas disponíveis ao CAPP variante, principalmente conceitos de Tecnologia de Grupo, trabalhando de forma puramente interactiva. Por chegar mais próximo aos generativos, reduz a interacção com os utilizadores, através de características como sequências padrão de operações, tabelas de decisão e formulações matemáticas adicionais. Não é completamente generativo, mas pode ser extremamente útil em termos de ganhos de tempo e custo. O CAPP híbrido pode ser tratado como um estágio de transição rumo ao generativo puro.

### Aplicações do CAPP

Com a aplicação do CAPP obtém-se informações confiáveis. A empresa que trabalha com um sistema de informações distribuído poderá ter acesso a estas informações em qualquer local da empresa, garantindo a rápida adaptação dos procedimentos a eventuais mudanças de planeamento. Trabalhando com padrões e deixando o projectista com mais tempo para se dedicar ao processo, os sistemas CAPP fazem com que a qualidade das informações dos processos aumentem. O CAPP adquire importância crescente dentro da filosofia CIM, por viabilizar a integração CAD/CAM. Alguns autores afirmam que a integração parcial CAD/CAPP/CAM é o primeiro passo rumo ao CIM.

Os sistemas CAPP estão-se a tornar mais flexíveis do ponto de vista de atender as necessidades da produção das mais variadas empresas.

Tem como requisitos:

- Rodar de forma distribuída em diferentes ambientes;
- Ser ajustado à realidade de cada empresa;
- Trabalhar com base em padrões estabelecidos pelos utilizadores;

- Possuir uma boa interface homem-máquina;
- Ser fácil de ser implantado de forma gradativa;
- Eliminar o tempo de escrita dos projectistas;
- Permitir a criação de representações gráficas com base em sistema CAD;
- Trabalhar integrado com outros sistemas de engenharia.

## PCP – Planeamento e Controlo de Produção

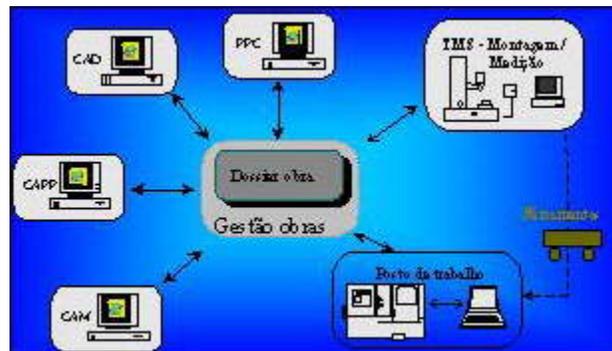


Fig. 8– Sistema Integrado de Maquinagem.

O sistema integrado de maquinagem inclui interfaces com sistemas CAD (Computer Aided Design), TMS (Tool Management System), CAM (Computer Aided Manufacturing), SFC (Shop-Floor Control) e sistemas desenvolvidos de CAPP (Computer Aided Process Planning) e de Escalonamento e Controlo Ofical. O controlo da informação que circula entre as várias aplicações é realizado por um sub-sistema de gestão da informação. Toda a informação de produção gerada é arquivada num dossier de obra. O sistema CAD é utilizado no projecto dos vários componentes possibilitando a obtenção do modelo geométrico e tecnológico dos mesmos. Esse modelo é utilizado na geração das gamas de fabrico pelo sistema CAPP.

As empresas para sobreviverem têm de melhorar o desempenho global, qualidade, lucro e flexibilidade. A filosofia CIM, baseia-se nas necessidades de processamento de informação integrada para as tarefas técnicas e operacionais de uma empresa industrial. As tarefas operacionais podem ser referidas como o planeamento de controlo de produção PCP.

A função do PCP é organizar recursos humanos e físicos necessários, dirigir a acção de recursos humanos, sobre os recursos físicos e controlar esta acção para correcção de eventuais desvios. É função do PCP fornecer informações necessárias no dia a dia do sistema de produção, reduzindo com isso conflitos existentes entre vendas, finanças e o chão da fábrica, à controlo do tempo de

cada tarefa, e de cada máquina para que seja possível entregar o produto final a tempo.

### *Conceito de PCP*

A filosofia da CIM baseia-se nas necessidades de processamento de informação integrada para as tarefas técnicas e operacionais de uma empresa industrial. As tarefas operacionais podem ser referidas como o sistema de planeamento e controle da produção (PCP), representado pelo braço esquerdo do modelo Y, na figura 1 do capítulo do CIM.

O sistema PCP é determinado pela gerência dos pedidos, enquanto os componentes CAx (CAD, CAM, CAE, CAPP) suportam a descrição do produto e os recursos de produção.

A utilização deste modelo torna-se mais adequada quando as empresas apresentam as seguintes características:

- Produzem por lotes repetitivos segundo o pedido do cliente;
- Possuam alto conteúdo tecnológico, onde o projecto do produto e revisão deste sejam frequentes, onde exista complexidade em termos de números e processamento de ordens;
- Operem com sistemas de produção com lógica de produção empurrada (sistemas do tipo MRP);
- Possuam as informações tecnológicas organizadas e disponíveis.

Considerações acerca das actividades de PCP dentro de um ambiente de manufactura utilizando um sistema CIM.

- Com a redução dos ciclos produtivos, as actividades de PCP tornam-se mais importantes visto que a produção deve ser programada e controlada de forma mais fechada e precisa, ou seja, não há mais espaço para equívocos e grandes folgas;

- Alto nível de integração esperado requer um eficiente sistema de controlo da produção, ou seja, sem isso os AMS (automatic manufacturing systems) não podem utilizar integralmente todo o seu potencial.

Tendências e implicações devido a utilização dos AMS:

- A simulação deverá ser a maior ferramenta dos sistemas de PCP;
- O controlo ferramental torna-se mais importante;
- Os módulos de controlo do chão da fábrica deverão estar necessariamente ligados com os outros módulos do PCP;
- -Os lotes serão de pequeno tamanho e existirá pouco 'stok' de segurança;
- A utilização de sistemas especialistas e inteligência artificial deverá crescer.

### *Funções do PCP*

*Gestão de 'stoks'* – controlo dos materiais necessários à produção;

*Emissão de ordens* – toma providências para ter a tempo todas as peças, componentes e produtos;

*Programação de Ordens Fabricação* – verifica a viabilidade da execução dessas ordens;

*Movimentação das Ordens de Fabrico* – regista, informa e transfere o material fabricado;

*Acompanhamento da Produção* – compara o planeamento com a execução e controla a sua correcção.

### *Actividades de planeamento e controlo da produção*

Num sistema de fabrico, são formulados objectivos, é necessário formular planos de como atingi-lo, organizar recursos humanos e físicos necessários para a acção, dirigir a acção dos recursos humanos sobre os recursos físicos e

controlar esta acção para a correcção de eventuais desvios. No âmbito da administração da produção, este processo é realizado pela função de Planeamento e Controlo da Produção (PCP).

Segundo Zacarelli (1979), denomina o PCP como Programação e Controlo da Produção, definindo-o como " um conjunto de funções inter-relacionadas que objectivam comandar o processo produtivo e coordená-lo com os demais sectores administrativos da empresa".

Para Burbridge (1988),"o objectivo do PCP é proporcionar uma utilização adequada dos recursos, de forma que produtos específicos sejam produzidos por métodos específicos, para atender um plano de vendas aprovado". Já para Plossl (1985),"o objectivo do PCP é fornecer informações necessárias para o dia à dia do sistema de manufactura reduzindo os conflitos existentes entre vendas, finanças e chão da fábrica".

Na visão de Martins (1993), "o objectivo principal do PCP é comandar o processo produtivo, transformando informações de vários estores em ordens de produção e ordens de compra – para tanto exercendo funções de planeamento e controle – de forma a satisfazer os consumidores com produtos e serviços e os accionistas com lucros". Para atingir estes objectivos o PCP reúne informações vindas de diversas áreas do sistema de manufactura. Sendo assim, pode-se considerar o PCP como um elemento central na estrutura administrativa de um sistema de fabrico, passando a ser um elemento decisivo para à integração da manufactura.

Russomano (1995) considera o PCP um elemento decisivo na estratégia das empresas para enfrentar as crescentes exigências dos consumidores por melhor qualidade, maior variação de modelos, entregas mais confiáveis. Por isso, a necessidade de se buscar uma maior eficiência nos sistemas de PCP.

Zacarelli (1979) afirma que dificilmente se encontra, na prática, dois sistemas de Planeamento e Controlo da Produção iguais. Os principais factores responsáveis por esta diferenciação são: tipo de indústria, tamanho da empresa e diferenças entre estruturas administrativas.

No entanto, independente do sistema de fabrico e estrutura administrativa, um conjunto básico de actividades de PCP deve ser realizado. Estas actividades são necessárias para a consecução dos objectivos do PCP, mas não necessariamente deverão estar todas sendo executadas numa área específica. Isto dependerá da configuração organizacional adoptada pelo sistema de manufactura (Martins / 1993).

### *Em que consiste o PCP*

É uma função de apoio de coordenação das várias actividades de acordo com os planos de produção, de modo que os programas preestabelecidos possam ser atendidos com economia e eficiência e um apoio para a Produção e as Compras cumprirem as suas finalidades de acordo com as vendas.

O Controlo da Produção é a função da administração que planeia, dirige e controla a restituição do material e as actividades de processamento de uma indústria.

O PPC envolve, geralmente, a organização e o planeamento dos processos de fabrico. Planear a sequência de operações, da programação da movimentação, da coordenação da inspecção, no controlo de materiais, métodos, ferramentas e tempos operacionais. O objectivo final é a organização, restituição e movimentação dos recursos humanos, utilizando as máquinas e actividades relacionadas, de modo a atingir os resultados de produção desejados, em termos de qualidade, quantidade, prazo e lugar.

### *O PCP em ambiente industrial*

A Gerência Industrial tem o objectivo de cumprir o Programa Geral da Produção, Compras e outros departamentos, a fim de que sejam cumpridos os planos de produção preestabelecidos. Os encarregados do PCP devem tentar procurar os resultados dos sectores que não lhe são subordinados.

O PCP exige dois pré-requisitos: Roteiro da Produção e Planeamento da Capacidade. O Roteiro da produção é serviço da Engenharia Industrial, informa como o produto será montado e como as peças serão fabricadas. O Planeamento da Capacidade (tarefa do comité de planeamento) consiste no acerto de um programa de produção que concilie as perspectivas de vendas com a capacidade da fábrica.

O ambiente de um sistema produtivo tem como metas formular planos, definir estratégias, administrar recursos humanos e físicos. Estas actividades em seu conjunto são desenvolvidas pelo Planeamento e Controlo da Produção [Tubino, - 1997].

A complexidade no sistema de produção de uma indústria decorre do grande número de variáveis envolvidas nos planeamentos e tempos dos processos. Por este motivo, tem-se a dificuldade de prever como o trabalho será distribuído entre os vários grupos de máquinas em qualquer período de tempo. As prioridades de entregas tornam-se mais difíceis com eventos não previstos como, avaria de máquinas, atrasos na entrega de materiais e componentes, etc. Os prazos aos clientes tornam-se normalmente difíceis de cumprir, devido às flutuações dos *lead-times* (intervalos de tempo necessários para a execução de uma actividade).

De acordo com NUNES e outros [1996], a estrutura de uma empresa fabricante de produtos sob encomenda está distribuída da seguinte forma:

*Negócio*: produtos sob encomenda;

*Variedade* dos produtos: muito grande (cada pedido, normalmente um produto diferente ou mais);

*Frequência de produção*: não/pouco repetitiva, com lotes frequentemente unitários;

*Natureza da demanda*: contra pedido (a partir do pedido do cliente);

*Composição do produto*: produzido pela transformação de materiais a serem beneficiados através da fabrica, tratados e montados utilizando um número grande de características de cada produto final.

*Após a chegada do pedido:* elaboração do projecto, definição do processo, compra, fabrico, tratamento e expedição.

*Fluxo de produção:* várias etapas, item acabado, produzido a partir de "n" componentes fabricados.

O PCP dever ser exercido nos três níveis hierárquicos de planeamento e controle das actividades produtivas de um sistema de produção. São eles: nível estratégico, nível tático e nível operacional.

### Nível estratégico

São definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa. Neste nível é que são tomadas as decisões de compra de equipamentos, aumento do número de horas disponíveis através de contratações de recursos humanos, implementação de novas tecnologias para actuar em outra fatia do mercado, definição do tipo de produto que será oferecido (como exemplo: moldes de injeção de plásticos, moldes de sopro para plásticos, moldes de alumínio e outros). Estas informações são encaminhadas ao PCP para elaboração do planeamento estratégico de produção, que permite a montagem de um plano de produção com valores agregados de previsão de procura. O horizonte usualmente adoptado para este nível é de um ano.

### Nível tático

São estabelecidos os planos de médio prazo para a produção. O PCP desenvolve o planeamento mestre de produção e através deste é obtido o plano mestre de produção (PMP). O PMP equaciona a capacidade produtiva observando dados como: número de turnos, recursos humanos, horas disponíveis e informa a programação de fábrica.

### Nível operacional

São preparados os programas de curto prazo de produção e é realizado o acompanhamento dos mesmos. O PCP prepara a programação de produção administrando o sequencialmente, emitindo e liberando as ordens de compras (OC), ordens de serviços (OS) e ordens de montagem (OM). Neste nível também são executados, o acompanhamento e controlo da produção.

As informações dentro destes três níveis devem estar consolidadas, ou seja o plano mestre de produção gerado pelo planeamento mestre da produção só será viável se estiver compatível com as decisões tomadas a longo prazo, previstas no planeamento estratégico da produção, como a aquisição de equipamentos, negociação com fornecedores etc.

Da mesma forma, a programação de fabrico de determinado componente será efectuada de forma eficiente se a capacidade produtiva do sector responsável pela mesma tiver sido equacionada no planeamento mestre da produção, com a definição do número de turnos, recursos humanos e materiais utilizados.

Conforme SANTOS, [1997] as actividades desenvolvidas pelo PCP dentro de um ambiente de indústria estão assim descritos:

### Planeamento estratégico da produção

Consiste em estabelecer um plano de produção para determinado período (geralmente definido em um ano) segundo a disponibilidade de recursos financeiros e produtivos. No caso de uma ferramentaria, a estimativa de vendas é feita baseada em históricos e metas atribuídas à equipe de vendas ou mesmo aos representantes. Serve para prever os tipos de moldes (por exemplo moldes de até 2 toneladas, ou 5 toneladas) e quantidades de horas que se espera vender no horizonte de planeamento estabelecido. A capacidade de produção é o factor físico limite do processo produtivo, e pode ser incrementada ou reduzida, desde que planeada a tempo, pela adição de recursos financeiros. No planeamento estratégico da produção o plano de produção gerado é pouco

detalhado, normalmente trabalha com tipos de produtos, tendo como finalidade possibilitar a adequação dos recursos produtivos à demanda esperada dos mesmos.

### Planeamento mestre da produção

Quando a situação é produção seriada, este consiste em estabelecer um plano mestre de produção (PMP) de produtos finais, detalhado no médio prazo, período, a partir do plano de produção, com base nas previsões de vendas de médio prazo ou nos pedidos em carteira já confirmados. Num ambiente de indústria a situação torna-se mais complexa para se estabelecer que produto será vendido e quantas peças ou conjunto este terá. Cada pedido fechado normalmente é único e deverá ser projectado para então ser fabricado. No caso de indústria o planeamento mestre da produção só pode ser elaborado mediante os pedidos. Dependendo do tipo de empresa, e da situação do mercado, o horizonte de trabalho está entre 60 a 120 dias de pedidos assumidos. A partir da definição do cliente, o plano de produção considera famílias de produtos, o PMP especifica itens finais que fazem parte destas famílias. A partir do estabelecimento do PMP, o sistema produtivo passa a assumir compromissos de fabricação e montagem do bem.

Ao executar o planeamento mestre da produção e gerar um PMP inicial, o PCP deve analisá-lo quanto às necessidades de recursos produtivos com a finalidade de identificar possíveis incompatibilidades que possam inviabilizar este plano quando da sua execução a curto prazo. Identificados os potenciais problemas, e tomadas as medidas preventivas necessárias, o planeamento deve ser refeito até chegar-se a um PMP viável;

### Programação da produção

Com base no PMP, a programação da produção estabelece no curto prazo quanto e quando comprar, fabricar ou montar de cada item necessário à composição dos produtos finais. Portanto, são dimensionadas e emitidas ordens

de compra para os itens comprados, ordens de fabrico para os itens fabricados internamente, e ordens de montagem para as sub montagens intermediárias e montagem final dos produtos definidos no PMP. Em função da disponibilidade dos recursos produtivos, a programação da produção encarrega-se de fazer as ordens emitidas sequencialmente, de forma a otimizar a utilização dos recursos. No caso da indústria o plano de produção deve providenciar os recursos necessários, e o PMP equaciona as incompatibilidades, para diminuir a hipótese de ocorrerem problemas na execução do programa de produção.

### Acompanhamento e controlo da produção

O acompanhamento e controlo da produção através da análise dos dados, pretende garantir que o programa de produção emitido seja executado. Quanto mais rápidos os problemas forem identificados, mais efectivas serão as medidas correctivas para garantir o cumprimento do programa de produção. Além das informações de produção úteis ao PCP, o acompanhamento e controlo da produção normalmente está encarregue de analisar dados (índices de defeitos, horas/máquinas e horas/homens consumidas, consumo de materiais, índices de quebras de máquinas, etc) para outros sectores do sistema produtivos.

## *Sistemas PCP*

MRP (Planeamento de recursos de materiais) - este divide-se em dois tipos:

- MRP I
- MRP II (MRP + Circuito de Planeamento)

### MRP I

O MRP I permite que as empresas calculem quantos materiais de determinado tipo são necessários, e em que momento. Para fazer isso, ele utiliza os pedidos em carteira, assim como uma previsão para os pedidos que a empresa acha que irá receber. O MRP verifica, então, todos os ingredientes ou componentes que

são necessários para completar esses pedidos, garantindo que sejam providenciados a tempo.

O cálculo do MRP I pode ser feito em duas etapas:

A *primeira etapa* refere-se a pedidos firmes programados para algum momento no futuro;

A *segunda etapa* consiste em estimativas realísticas da quantidade e momento de pedidos futuros.

### MRP II

Os objectivos dos principais sistemas de cálculos de necessidades são permitir o cumprimento dos prazos de entrega de pedidos dos clientes com mínima formação de stock, planeando as compras e a produção de itens componentes para que ocorram apenas nos momentos e nas quantidades necessárias, nem mais, nem menos, nem antes, nem depois.

A finalidade estratégica é uma consideração que depende da empresa em particular, dos seus produtos e dos locais de mercado particulares que se pretenda atingir.

Desta forma, os sistemas do tipo MRP II são mais adequados àquelas empresas cujos objectivos estratégicos prioritários forem aqueles privilegiados pela técnica, o cumprimento de prazos e a redução de stocks. Muitas empresas encaixam-se nesta categoria num ambiente em que a competição é crescente, o cumprimento de prazos ganha importância e, ao mesmo tempo, os altos custos da manutenção de stocks (custos financeiros e outros, como os custos decorrentes da "capacidade" dos stocks ignorarem a ineficiência do processo) sugerem a sua redução.

É um sistema para ajudar a planear e controlar uma organização de fabrico. É mais sobre planeamento do que produção.

O MRP II planeia ter os itens certos, no local certo, no momento certo, na qualidade certa para satisfazer a exigência.

É uma lógica que calcula o que precisa ser comprado e manufacturado, e quando, para satisfazer uma exigência, ele planeia para satisfazer as necessidades de materiais.

É um circuito de Planeamento, para qualquer projecto ou actividade, primeiro deve-se estabelecer o plano e organizá-lo. Em seguida ocorre a execução deste plano. Medir o desempenho em relação ao plano e reconhecer a realização inferior ou superior. Mudanças e ajustes precisam ser feitos ao plano ou aos recursos e precisam de ser postos em funcionamento. Continuar a executar o plano e continuar a realizar os planos no tempo e custo previsto.

### Aplicação do MRP II

A maior dificuldade das empresas em adoptar o MRP II está na sua implementação. Alguns aspectos que devem ser tidos em consideração:

- *Comprometimento da gerência* – a direcção da empresa deve estar comprometida com os resultados;
- *Escolha adequada de sistema, hardware e software;*
- *Formação;*
- *Gestão da implantação.*

**Tabela 1** - Algumas das vantagens e desvantagens na utilização dos sistemas de PCP.

<b>Sistema</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
MRP II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampla base de dados propicia a tecnologia CIM;</li> <li>• Aplicável a sistemas produtivos com grandes variações de demandas e mix de produtos;</li> <li>• Feedback dos dados e controles on-line abrangendo todas as principais actividades do PCP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização intensa de computadores com volumes de dados muito grande;</li> <li>• Custo operacional alto;</li> <li>• Necessita de alta eficácia dos dados;</li> <li>• Implementação geralmente complexa;</li> <li>• Assumir capacidade infinita em todos os centros produtivos;</li> <li>• Não enfatiza o envolvimento da mão-de-obra no processo.</li> </ul>

JIT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplicidade;</li> <li>• Melhoria da qualidade;</li> <li>• Mudanças positivas na organização e mão-de-obra;</li> <li>• Baixo nível dos stocks;</li> <li>• Praticamente não depende de computadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe a necessidade de se estabilizar a demanda e o projecto dos produtos;</li> <li>• Necessidade de grandes mudanças na organização e mão-de-obra;</li> <li>• Necessidade de desenvolver parcerias com os fornecedores.</li> </ul>
OPT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de capacidade finita;</li> <li>• Capacidade de simulação da produção;</li> <li>• Aplicável a sistemas produtivos com grandes variações de demanda e produtos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande dependência de computadores (embora menor que o MRP);</li> <li>• Desconhecimento da sistemática de trabalho do módulo OPT;</li> <li>• Mais aplicável a programação e controlo da produção;</li> <li>• Poucos resultados sobre implantação têm sido divulgados;</li> <li>• Não enfatiza o envolvimento da mão-de-obra no processo.</li> </ul>

### Factores que influenciam o MRP II

- Melhorar a competitividade para manter ou melhorar a participação no mercado, reduzir custos e ser capaz de reduzir preços;
- Manter ou melhorar lucros
- Adoptar um enfoque de unidade de negócio
- Reduzir custos – directos e indirectos.
- Realizar regularmente desempenho de entrega, tanto em termos de confiança como de velocidade.
- Ser conhecido como um bom gerente de pessoas e dessa forma atrair o pessoal.
- Entregar um produto de qualidade consistente, aceitável ao cliente.
- Focalizar as necessidades reais dos clientes.
- Medir o desempenho e melhorá-lo quando necessário.
- Ser conhecido como um fornecedor de qualidade

- Ser um líder na adopção de nova tecnologia tanto no produto quanto nos processos utilizados.

### CRP – Planeamento de recursos de Capacidade

O planeamento da capacidade de produção é tão importante como o planeamento dos próprios materiais. A capacidade de produção insuficiente pode deteriorar o desempenho de uma empresa em termos do cumprimento de prazos, um critério competitivo de importância crescente no mercado competitivo actual também fica afectada a quantidade de stocks em processo e o ânimo das pessoas que trabalham na manufactura, além de proporcionar que se estabeleça uma mentalidade de complacência da mão-de-obra e da administração com os atrasos frequentes. Por outro lado, capacidade de produção em excesso pode representar custo desnecessário, que muitas vezes pode ser reduzido, caso a capacidade em excesso seja identificada a tempo.

Os sistemas de administração da produção do tipo MRP II têm o módulo de planeamento das necessidades de capacidade actuando em mais de um nível. É feita uma avaliação prévia, chamada rough-cut capacity planning, cujo objectivo é localizar inviabilidade de determinado plano mestre de produção que sejam identificáveis a partir de cálculos simples e agregados.

O módulo CRP calcula então, período a período, as necessidades de capacidade produtiva, de forma detalhada, permitindo a identificação de ociosidades ou excesso de capacidade e possíveis insuficiências.

## ***Robótica***

Desde o desenvolvimento do primeiro braço articulado na década de 50, e consequente desenvolvimento na área da tecnologia de microprocessadores, os robôs tornaram-se acessíveis numa grande variedade de tamanhos, tipos e estilos. Eles são capazes de executar uma enorme variedade de tarefas. De facto a força motriz para a compra de robôs é a sua aplicabilidade em ambientes hostis, activos, e repetitivos como também em situações altamente competitivas com pressão económica forte. Tais aplicações incluem soldar, pintar, e escolher e repor material, entre outros. Robótica está a começar a fazer parte integral dos sistemas automáticos de fabricação, tais como sistema flexível de produção.

Robótica é outro exemplo de automação programável em sistemas de produção. No controlo numérico, as instruções de um programa são usados para controlar o movimento relativo dos eixos das ferramentas das máquinas, um robô também requer um programa para controlar e coordenar os seus eixos, a diferença é que um robô tem um braço mecânico que move em lugar de um jogo de deslizamentos de ferramenta.

## ***Robôs***

Gerações de Robôs

**1ª Geração** – Os robôs desse período limitavam-se a realizar tarefas repetitivas e simples, não possuindo receptividade sensorial própria, sendo que alguns robôs realizavam as suas tarefas mediante um programa de computador de escassa complexidade sendo utilizados principalmente na indústria automóvel.

**2ª Geração** – As máquinas dessa geração caracterizavam-se por possuírem instrumentos e sensores próprios e programação informatizada dotada de meios de auto-correcção frente a estímulos externos variáveis, ou de se adaptarem às novas condições se acontecer algo diferente do que foi programado.

**3ª Geração** – Os robôs de terceira geração, ainda em desenvolvimento, empregam avançados métodos informáticos conhecidos como sistemas de inteligência artificial e procedimentos de recepção multisensorial.

### *Anatomia de um Robô*

A anatomia do robô ocupa-se da construção física do corpo, braço e punho da máquina. A maioria dos robôs utilizados hoje em fábricas é montada numa base fixada ao piso. O corpo está ligado à base e o braço ao corpo. Na extremidade do braço encontra-se o punho, que consiste em inúmeros componentes que lhe proporcionam orientações numa diversidade de posições. Os movimentos relativos entre os diversos componentes do corpo, braço e punho são proporcionados por uma série de juntas. O conjunto formado pela base, braço e punho é geralmente denominado manipulador. Ligado ao punho está o órgão terminal (garra), o qual não é considerado como parte da anatomia do robô. As juntas do braço e corpo do manipulador são utilizadas para posicionar o órgão terminal, e as juntas do punho são utilizadas para orientar o órgão terminal.

Os robôs são braços automatizados que executam uma grande variedade de tarefas num sistema do CAD/CAM, estes podem seleccionar e posicionar ferramentas para máquinas ferramentas de NC, ou movimentar o equipamento ou as peças para várias posições dentro de uma dada área, também podem usar as suas mãos mecânicas para agarrar e operar brocas, soldadores, e outras ferramentas.

Presentemente a maioria dos robôs é programado de um modo denominado instruído “teach”. Neste modo um operador conduz o robô em todos os passos de uma determinada operação. Este tipo de programação manual “teach”, é um consumidor de tempo e existe uma grande probabilidade de ocorrência de erros. Para que se efectuem alterações no programa é necessário que se repita toda a sequência de passo.

Para ultrapassar essas dificuldades, e estender as capacidade dos robôs para além do tradicional modo “teach”, presentemente a área da robótica está a

desenvolver avançadas linguagens de programação, com a qual as instruções podem ser emitidas aos robôs através de computadores. Uma dessas avançadas linguagens de programação é desenvolvida pela IBM “AUTOPASS – Autometed Parts Assembly System”, esta linguagem tenta eliminar a necessidade de instruções minuciosas emitidas para o robô., o programa determina automaticamente pontos de apoio e caminhos de movimento da base de dados geométrica.

O computador que controla o robô deve possuir as seguintes características:

- Memória para guardar os programas;
- Conexões para os controladores dos motores;
- Conexões para entrada e saída de dados e para activar os programas operacionais;
- Unidade de comunicação controlada por um humano.

Algumas linguagens pretendem operar com a introdução de sensores artificiais que evitam que o robô actue independente.

Por exemplo:

- Research Institute Robot Programming Language (RPL) inclui capacidades de interpretação de sinais de vídeo, não permitindo ao robô que visualmente identifique algumas partes.
- Draper Industrial Assembly Language (DIAL) desenvolveram usos realimentação de força electrónica para duplicar o tacto humano em componentes de montagem.

Sistemas avançados de robôs estão também a ser desenvolvidos como parte do projecto da U.S.Air Force ICAM, em que o objectivo é organizar todos os passos de produção com base na automatização computacional, como parte deste sistema, um sistema de robô foi desenvolvido para fabricar folhas de metal, componentes para um “F-16 aircraft”, o robô perfura jogos de furos com

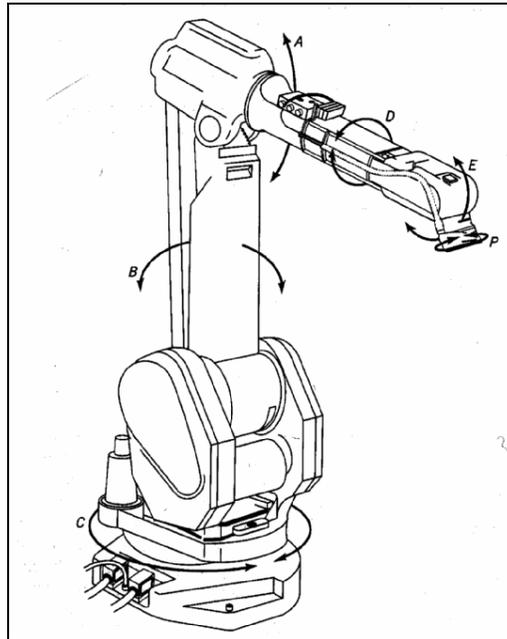
tolerâncias de 0.005-in.a ferramenta é seleccionada de uma prateleira de ferramenta, e maquina perímetros de 250 tipos diferentes de partes, este sistema é quatro vezes mais rápido do que a fabricação manual convencional.

Planos de presente para desenvolvimentos de cad/cam futuro, coordenaram equipas de robôs e ferramentas de maquinas NC divididas em grupos de tecnologia de trabalho

### *O que é um Robô Industrial*

O primeiro braço articulado foi desenvolvido na década de 50, como já foi referido, mas já houveram muitos avanços na área da robótica desde então, motivados pelo desenvolvimento na área da automação industrial em particular, e fabricação assistida por computador em geral.

Um robô industrial consiste num numero rigido de vinculos ligados por juntas de diferentes tipos, contolados e monotorizados por um computador. Para uma grande extenção, a construção física de um robô assemelham-se a um braço humano Aasemblagem de vinculos acima referidos, são conectados ao corpo, que usualmente é montado na base, esta assemblagem é geralmente referida como um braço robô, um pulso é fixo ao braço. Para facilitar agarrar, e manejar, uma mão é fixa no fim do punho, na terminologia da robótica, essa mão é chamada de “end-effector”. O movimento completo da mão “end-effector”, é realizado por uma série de movimentos e posições dos vinculos, juntas e do pulso. Um robô industrial com seis graus de liberdade pode ser visto na Figura 15.



**Fig. 9** - Robô industrial com seis graus de liberdade. O movimento do robô é brevemente descrito: Eixo 1 (C), rotação completa do robô; Eixo 2 (B) movimento para a frente e para trás do primeiro braço; Eixo 3 (A) movimento para baixo e para cima do segundo braço; Eixo 4 (D) rotação completa do centro do pulso; Eixo 5 (E) o pulso curva-se em torno do seu próprio centro; Eixo 6 (P) virar a flange de ascensão ( rotação do disco).

## *Princípios da Robótica e da sua Tecnologia*

### Configuração comum dos robôs

Os robôs podem ter várias formas, tamanhos e configurações físicas. A maioria dos robôs comercial disponíveis actualmente, possui uma das seguintes configurações básicas:

**Polar** – Utiliza um braço telescópico que pode ser levantar ou baixar em redor de um pino horizontal. O pino está montado numa base rotativa. Estas características proporcionam ao robô a capacidade de mover o seu braço dentro de um espaço esférico.

**Cilíndrica** – Utiliza uma coluna vertical e um suporte que pode ser movido para cima ou para baixo ao longo desta. O braço do robô está ligado ao suporte para que possa ser movido radicalmente em relação à coluna. Rodando a coluna, o

robô é capaz de alcançar um espaço de trabalho que se aproxima de um cilindro.

**Coordenadas cartesianas** – Utiliza três regras perpendiculares para construir eixos X, Y e z. Deslocando-se as três réguas, de uma relação à outra, o robô pode operar dentro de um espaço cúbico.

**Articulado** – É semelhante à do braço humano. Consta de dois componentes rectos, correspondendo ao antebraço e braço humano, montados em um pedestal vertical. Estes componentes estão conectados por duas juntas rotacionais correspondentes ao ombro e cotovelo. Um está unido à extremidade do antebraço, proporcionando assim, diversas juntas adicionais.

### Fontes de alimentação para robôs

Um elemento importante do robô é o seu sistema motor. Este fornece a potência necessário, para que o robô possa ter movimento. A performance dinâmica do robô é determinada pelo sistema motor adoptado, que depende essencialmente, do tipo de aplicação e potência necessária. Os três tipos de sistemas motores geralmente usados na indústria robótica são:

- Motor Hidráulico;
- Motor Eléctrico;
- Motor Pneumático.

### **Motor Hidráulico**

Os motores hidráulicos fornecem aos robôs grande velocidade e força. Estes são desenhados para actuar linearmente ou por juntas rotativas. A principal desvantagem deste tipo de motor, é que ocupa muito espaço, mais do que aquele que o robô necessita, existem também problemas de fuga, o que implica ter o chão sujo. São adoptados para grandes empresas de robótica, são usados em ambientes, em que os motores eléctricos causariam danos, exemplo: tintas de spray.

**Motor Eléctrico**

Comparados com os motores hidráulicos, motores eléctricos fornecem menos velocidade e força. Estes são usados em robôs mais pequenos, mas são mais precisos, e ao contrário dos motores hidráulicos não têm fugas. Estes são os mais comuns na indústria robótica.

**Motor Pneumático**

Os motores pneumáticos tal como os eléctricos são mais usados em pequenos robôs. Estes têm poucos graus de liberdade, têm tarefas muito simples, e com pequenos ciclos de tempo, como apanhar um objecto e colocá-lo em cima de uma mesa. São mais económicos do que os motores eléctricos e pneumáticos. Uma das suas vantagens é o seu simples modo de construção, usando componentes standard comercializáveis, o que torna possível para uma firma construir o seu próprio robô.

**Sensores da Robótica**

O movimento do robô é obtido por movimentos precisos nas suas juntas e punhos, enquanto os movimentos são obtidos, é importante assegurar que o movimento é preciso e macio. O sistema motor deve ser controlado por meios próprios para regular o movimento do robô, juntamente com controladores, os robôs requerem habilidades sensoriais, para realizar certas tarefas. Sensores fornecem uma resposta ao sistema de controlo e fornecem aos robôs mais flexibilidade. Os modelos avançados de robôs estão equipados com sensores, mas a sua capacidade ainda é limitada. Os sensores podem ser classificados de muitas maneiras com base na sua utilidade, os geralmente usados em robôs são:

- Sensores de Posição;
- Sensores de Extensão;
- Sensores de Velocidade;
- Sensores de Proximidade.

**Sensores de Posição**

Os sensores de posição são usados para monitorizar a posição das juntas. A informação da posição, é devolvida ao sistema de controlo, que é usada para determinar a precisão das juntas de movimento. A precisão é reflectida no posicionamento correcto do “end-effector”, que eventualmente leva a cabo a tarefa prescrita.

**Sensores de Extensão**

Sensores de extensão medem a distância entre um ponto de referência e um ponto importante. Este é realizado por meios de câmaras de televisão, ou transmissores de sonar e receptores. O maior problema é que alguns pontos de interesse podem não ser visualizados da posição dos transmissores, a resolução é usar um numero maior de sensores.

**Sensores de Velocidade**

Os sensores de velocidade são usados para estimar a velocidade com que o manipulador é movido, pois esta é uma parte importante da performance dinâmica do manipulador. A variação da aceleração durante o movimento entre pontos dá lugar à natureza dinâmica do manipulador. Forças de inércia devido a mudanças da aceleração, forças “damping” devido a mudanças da velocidade, forças da fonte devido ao alongamento nos vínculos, causados pela gravidade e pelos pesos carregados, devem ser monitorizados e controlados, para uma boa performance dinâmica do manipulador.

**Sensores de Proximidade**

Os sensores de proximidade são usados para “sentir” e indicar a presença de um objecto dentro de uma distancia especifica ou espaço, sem nenhum contacto físico, o que ajuda a prevenir acidentes e danos com o robô. Estes actuam através de sinais que recebem do objecto, os sinais são gerados usando um transmissor de “diodo” que emite luz, é recebido por um receptor de

“photodiode”. Os sensores de proximidade podem ser substituídos por sensores de extensão.

### Movimento e Precisão de um Robô

Rapidez de resposta e estabilidade são duas características importantes do movimento do robô. A velocidade define a rapidez com que o braço do robô se move de um ponto para outro, estabilidade refere-se ao movimento do robô com a menor oscilação possível. Um bom robô é aquele que é suficientemente rápido, mas que ao mesmo tempo tem uma boa estabilidade. Velocidade e estabilidade são muitas vezes metas conflituosas, mas um bom sistema de controlo pode ser projectado para que o robô facilite uma boa complementação entre os dois parâmetros.

A exactidão do movimento do robô é definida por três características básicas:

- **Resolução espacial** – é o incremento mais pequeno de movimento em que o robô pode dividir o seu volume de trabalhos;
- **Precisão** – pode ser definida como a capacidade do robô para posicionar o fim do seu pulso a um ponto designado desejado, dentro de seu alcance;
- **“Repeatability” repetiabilidade** – refere-se à habilidade do robô em posicionar o seu “end-effector” num ponto que tinha sido ensinado previamente ao robô.

### Controlo e desempenho dinâmico

Um robô deve Ter meios de controlar o seu sistema de accionamento a fim de regular adequadamente os seus movimentos. Os robôs classificam-se em quatro categorias de acordo com os seus sistemas de controlo:

**Sequência fixa** – Não emprega servo-controlo para indicar posições relativas das juntas. São controlados mediante instalação de chaves limite e/ou batentes mecânicos para estabelecer os pontos externos de deslocamento para cada

uma das juntas. Com este método de controlo, as juntas individuais somente podem ser movidas para os seus limites extremos de deslocamento, o que restringe seriamente o número de pontos distintos que podem ser especificados num programa para estes robôs.

**Repetição com controlo ponto a ponto** – Podem executar ciclos de movimentos que consistem numa série de localizações desejadas. O robô é movimentado até cada um dos pontos, e estes são registados na unidade de controlo do robô. Durante a repetição, o robô é controlado para se mover de um ponto para outro na sequência adequada. Robôs ponto a ponto não controlam a trajectória tomada para ir de um ponto até ao próximo.

**Repetição com controlo de trajectória contínua** – Podem realizar ciclos de movimento em que a trajectória seguida pelo robô é controlada. É geralmente realizado fazendo com que o robô se desloque através de uma série de pontos pouco espaçados em relação à trajectória total que descrevem a trajectória desejada. Os pontos individuais são definidos pela unidade de controlo e não pelo programador. O movimento linear é uma forma comum de controlo por trajectórias contínuas para robôs industriais.

**Inteligentes** – Constituem uma classe crescente de robôs industriais que possuem capacidade não apenas de repetir um ciclo de movimento programado, mas também interagir com seu ambiente de modo a parecer inteligente. Invariavelmente, a unidade controladora consiste num computador digital ou dispositivo similar (por ex.: controlador programável). Os robôs inteligentes podem alterar o ciclo programado em resposta a condições que ocorrem no local de trabalho. Podem tomar decisões lógicas com base nos dados sensoriais recebidos do local de trabalho.

### Aplicação dos robôs

- Indústria;
- Exploração Oceânica;
- Operações Militares;
- Medicina;
- Agricultura;
- Jogos e Lazer;
- Educação;
- Programas Espaciais.

### *Impacto da Robótica*

#### Sócio - Económico

O impacto foi muito profundo, tanto no que diz respeito ao aspecto da produtividade, do avanço da ciência e da tecnologia, e sobretudo, no campo social com as mudanças nas relações do trabalho.

Os robôs saíram do campo da ficção científica e da fantasia, e transformaram todo o conceito de economia. Estes são vistos por oferecerem expectativas de vida mais enriquecidas e mais aperfeiçoadas devido ao importante progresso nas actividades nas quais eles estão presentes. Estes são uma consequência de toda uma evolução tecnológica impulsionada pela revolução Industrial.

#### Empresas

São vistos por estas por oferecerem vantagens como suportar condições de trabalho consideradas insuportáveis para o homem, por não ficarem doentes, por não fazerem greve, além de realizarem um trabalho com mais eficiência e menos custos. Os robôs invadiram tanto as linhas de produção das grandes empresas, que o mercado ficou saturado, causando queda de vendas nas empresas fabricantes de robôs.

### Emprego

Pelo facto de os robôs substituírem o ser humano em actividades de produção de uma empresa, trabalhadores que ainda exercem essas actividades receiam perder os seus empregos. As empresa consideram mais compensador investir em robôs, que executam o mesmo trabalho que cinco, dez ou vinte pessoas com mais eficiência do que pagar salários a essa mesma quantidade de pessoas, incluindo os encargos sociais. Muitas das grandes empresas do mundo demitiram pessoas por não serem consideradas necessárias às actividades desenvolvidas por estas empresas, um grande exemplo é a utilização de robôs nas linhas de produção da indústria automóvel.

O Japão e os EUA já mostraram uma situação diferente, já que estes países, que têm o maior “plantel” de robôs industriais no mundo, possuem baixas taxas de desemprego (caso em que as economias robotizadas são mais competitivas e geram mais empregos). O desemprego estrutural associado à robotização das empresas é o resultado de toda uma política sócio – económica vigente no contexto da Globalização.

## ***Sistemas Automáticos de Apoio à Produção***

Já lá vai o tempo em que a principal vantagem da automação era a economia de custo de mão-de-obra. A procura de baixos custos de mão-de-obra em muitos países, inclusive o Brasil, foi algo passageiro, enquanto o dólar apresentava uma taxa favorável. Hoje, muitos projectos de automação visam não só obter economia de custos de mão-de-obra, mas também melhorar a qualidade dos produtos, produção e entrega rápida – e quando é empregue a automação, aumenta a flexibilidade de mudar de produto ou volume de produção. O enorme crescimento no campo da automação industrial trouxe uma grande quantidade de equipamentos automáticos com diversos recursos. Alguns desses tipos de equipamentos são especialmente dignos de nota: dispositivos que automatizam processos, máquinas de controlo numérico, robôs, sistemas automáticos de identificação, controlos automáticos etc.

### *Movimentação automática de materiais*

A automação pode envolver vários níveis de aplicação tecnológica. Por exemplo:

- Automação da informação;
- Automação das operações;
- Completa automação de todas as operações e fluxos de informações.

Este é o conceito de "caixa preta" – sem qualquer intervenção humana.

Na logística, entendemos por automação um sistema de movimentação interna de materiais que caracteriza a integração de múltiplas tecnologias, por exemplo: AGVS – sistemas de veículos automaticamente guiados, transportadores contínuos etc., com o processamento de informações sem papel.

### AGV

O Sistema Multi-Agente desenvolvido tem as seguintes características: Cada uma das máquinas é representada por um agente. Sempre que uma máquina acaba de processar uma peça, negocia a transferência desta com as máquinas responsáveis pelas etapas seguintes. Esta negociação tem em conta os factores velocidade de produção e custo, respondendo cada máquina com os diferentes valores para os diversos modos de operação. A máquina vencedora é encontrada tendo em conta o peso de cada um dos factores na negociação. Concluído este processo, a nova deslocação entre a máquina proponente e a máquina vencedora da negociação é comunicada a um agente denominado Monitor. Este agente anuncia a todos os AGVs activos no sistema a existência de uma nova deslocação a realizar. Cada um dos AGVs é responsável por encontrar qual o custo que essa deslocação terá para si. Este custo não depende apenas na distância a que o AGV se encontra da máquina, mas de todo um processo de optimização do percurso a realizar pelo AGV. Uma vez determinado o custo da nova deslocação cada AGV comunica-o ao agente Monitor. O agente Monitor recebe todas as propostas e determina qual o AGV vencedor de acordo com o interesse global do sistema. O vencedor é notificado e, após incluir a nova deslocação no percurso a realizar, optimiza-o de acordo com a sua posição actual, carga actual e capacidade máxima de carga. O ambiente neste tipo de cenário é altamente dinâmico. A qualquer momento pode ocorrer um das seguintes situações:

- Novas deslocação a realizar pelos AGVs;
- Os AGVs estão em posições diferentes da posição em que estavam quando negociaram uma deslocação;
- Os AGVs têm um percurso diferente a realizar;
- Os AGVs têm diferentes valores para a sua autonomia e carga actual;
- Um ou mais AGVs iniciou o processo de recarga das baterias;
- Surgiu um novo AGV;

- Todos os AGVs se mostraram indisponíveis para a realização da deslocação solicitada.

Assim, o sistema pode renegociar uma deslocação que já foi atribuída a um qualquer AGV, mas que ainda não foi iniciada por este. Esta renegociação pode ter um dos seguintes resultados:

- O vencedor é o anterior detentor da deslocação. Neste caso tudo permanece inalterado;
- O vencedor é uma AGV diferente do anterior detentor da deslocação. Neste caso o anterior detentor da deslocação retira-a do seu percurso e optimiza o novo percurso a realizar. O novo detentor da deslocação adiciona-a ao percurso a realizar e optimiza-o de acordo com o processo descrito anteriormente.

### Monitor

O agente Monitor é responsável pela interface com o utilizador e faz a ligação entre os agentes que representam cada uma das máquinas e os agentes que representam cada um dos AGVs. Através deste agente o utilizador pode ter uma visão global da fábrica, incluindo transferências solicitadas pelas máquinas, deslocações dos AGVs, máquinas e AGVs activos/inactivos no sistema, etc. Assim, qualquer alteração ao ambiente (um AGV muda de posição, uma máquina é desactivada, um AGV inicia o recarregamento das baterias, etc.) tem de ser comunicada a este agente. De acordo com a mensagem recebida o agente Monitor actualiza a interface de modo a reflectir o novo estado do ambiente. A este agente é atribuída a tarefa de encontrar o melhor AGV para efectuar as transferências solicitadas pelas máquinas. Sempre que é solicitada uma nova transferência, resultante de um processo de negociação prévio entre as máquinas, o agente Monitor anuncia essa deslocação a todos os AGVs activos no sistema. Cada um dos AGVs responde a esse anúncio com o custo que essa deslocação representa no seu percurso. Após a recepção de todas as respostas, ou até ter expirado um determinado tempo, o agente Monitor

seleciona o AGV com a proposta mais vantajosa e anuncia o vencedor. Este agente é também responsável pela renegociação das deslocações atribuídas aos AGVs. Para este agente o processo negocial é semelhante ao de uma nova transferência solicitada pelas máquinas. No entanto, para os AGVs a determinação do custo da deslocação e a actualização da sua agenda é substancialmente diferente.

### Máquina

Cada máquina possui dois modos de operação com diferentes velocidades e custos de produção associados. É o peso de cada um destes factores que terá um papel determinante no processo negocial entre as máquinas. Sempre que uma máquina termina a produção de uma dada peça, tem de negociar a sua transferência para uma outra máquina. A máquina de destino terá de ser uma máquina de uma operação de produção por onde a peça ainda não tenha passado. Se a peça já tiver completado o ciclo de produção é negociada a transferência para um dos armazéns automáticos existentes na fábrica. Após determinar qual a operação a cumprir pela peça, a máquina começa por pedir os diferentes modos de operação (velocidade e custo) às máquinas dessa operação. A máquina aguarda a recepção das respostas e, em seguida, ordena-as de acordo com o peso de cada um dos factores tempo e custo para o sistema produtivo. Emite então um pedido de confirmação à máquina melhor classificada. Se a resposta for positiva indica ao agente Monitor que uma nova transferência foi encontrada entre as máquinas. Se a resposta for negativa escolhe a máquina seguinte, no processo de ordenação, e o processo repete-se até encontrar uma máquina que possa receber a peça ou até não existirem mais máquinas. Neste caso a máquina que pretende negociar a transferência aguarda algum tempo até iniciar novamente todo o processo. Cada uma das máquinas pode estar num dos seguintes estados:

**Parada** - A máquina não tem nenhuma tarefa atribuída ou em execução;

**Negociar** - A máquina está a negociar a transferência de uma peça;

**Produzir** - A máquina está a produzir uma peça que lhe chegou, resultante de um processo negocial anterior;

**Comprometida** - A máquina comprometeu-se a receber uma peça vinda de uma outra máquina. A partir deste momento não aceita mais nenhuma transferência.

Note-se que a máquina pode estar a produzir mas, ao mesmo tempo, participar num processo negocial para a transferência de uma peça, neste caso como destino dessa transferência. Este processo pode ter como resultado o comprometimento dessa máquina com uma nova transferência. Quando um AGV pousa uma peça numa máquina, esta inicia a sua produção. Mas, qual o modo de operação (velocidade e custo) a escolher? Este terá de ser aquele que, de acordo com o peso dos factores velocidade e custo, fizeram com que a máquina receptora fosse a escolhida para destino da transferência. No entanto, se chegar uma nova peça e a máquina ainda não tiver negociado a transferência da peça que acabou de produzir, a máquina aguarda que essa negociação termine antes de iniciar a produção da peça recebida. Isto porque não vale a pena produzir peças a um ritmo superior ao que o sistema as pode absorver.

### Armazém

Cada armazém possui uma determinada capacidade de carga e diferentes velocidades e custos para descarregar. Sempre que a capacidade máxima do armazém ainda não tiver sido atingida o armazém está disponível para aceitar novas peças. Quando a carga, a actual mais as quantidade de peças que se comprometeu a receber, o armazém passa a recusar novas peças. No momento em que a carga actual atinge o limite o armazém inicia o processo de descarregamento das peças. Durante este período não está, obviamente, disponível para receber novas peças. Quando o processo de descarga termina o armazém fica novamente disponível para receber novas peças. Tal como nas máquinas, o modo de operação dos armazéns depende do peso dos factores velocidade e custo no sistema produtivo.

### *Princípios de funcionamento, constituição de sistemas automáticos.*

O desenvolvimento de um projecto típico de automação pode ser dividido em três grandes fases:

*A fase de preparação* – que tem como principais actividades a formalização dos objectivos do projecto e a formação da equipa responsável pelo seu planeamento e implementação.

*A fase de definição* – onde são criados os novos processos e a partir de então são definidos os softwares que darão suporte à operação bem como os equipamentos de movimentação.

*A fase de implementação* – quando são adquiridos os itens necessários, o pessoal é treinado, os equipamentos são testados e colocados em operação.

#### *Fase de Preparação*

A fase de preparação inicia-se com a formação de um equipa de projecto que deverá ser composta por representantes de todas as áreas funcionais da empresa afectadas pelo projecto. Inicialmente poderá contar apenas com pessoal daquelas áreas directamente relacionadas, mas à medida que o projecto avança outros membros devem participar. O núcleo mínimo é composto por pessoal de distribuição e armazenagem, que deverá ter conhecimento de todo processo actual e pessoal da área de sistemas de informação, que deverá assegurar a compatibilidade entre o projecto de automação e os sistemas da empresa. Se o projecto é de grande dimensão, poderá ser necessário a indicação de um gerente, trabalhando de forma exclusiva na coordenação, acompanhamento e gestão das actividades. Caso contrário, um dos membros da equipa poderá realizar esta tarefa.

Nas fases seguintes serão detalhadas as funcionalidades dos sistemas de gestão de armazéns (WMS) e o sistema de movimentação de materiais, que são os componentes principais dos projectos de automação. A especificação e avaliação destes sistemas para posterior escolha requerem conhecimentos específicos, pois envolvem novas tecnologias e a definição de novos processos

que fazem uso de todas as suas potencialidades. Estes processos podem-se diferenciar consideravelmente das práticas correntemente utilizadas no sistema de distribuição actual e, provavelmente, a empresa não possui nos seus quadros perfis como este, levando à necessidade de trazer elementos externos para participar na equipa.

Uma das vantagens de incorporar membros externos é a de trazer uma nova visão, livre dos paradigmas utilizados e com uma nova perspectiva para a definição do novo sistema de armazenagem e distribuição. De facto, é interessante haver um balanço na equipa de projecto entre membros internos, com a profunda visão dos problemas e características do processo actual e elementos externos.

Uma das fontes de profissionais externos é os consultores especialistas em sistemas de gestão e em equipamento de movimentação de materiais que trabalharam com a implantação de projectos em outras empresas. A segunda fonte é os próprios fornecedores destes sistemas e equipamentos. Neste caso, envolve a escolha dos fornecedores, numa etapa muito antes do projecto. Embora isto seja comum, é preciso tomar cuidado para que não haja nenhum erro no sentido de adoptar a solução do fornecedor e não a solução mais adequada às necessidades da empresa.

O passo seguinte à definição da equipa de projecto, é a definição e formalização dos objectivos do projecto. Estes devem ser estabelecidos em termos concretos, a partir de metas quantitativas. Esta etapa é necessária por três motivos básicos:

- Primeiro, estabelece critérios de avaliação do projecto. O seu sucesso será medido pelo grau de atendimento das metas estabelecidas.
- Segundo, deixa claro para a equipa e para a empresa o que precisa ser alcançado e qual deverá ser o esforço necessário.
- Terceiro, define critérios bem objectivos sobre qual o sistema a escolher, colocando o foco do projecto no desempenho esperado e não na tecnologia em si. É preciso lembrar que a automação por si própria não é uma meta.

- Redução dos erros de inventário para menos de 0.5%;
- Expedir 95% dos pedidos dentro de 24hs desde o recebimento do pedido;
- Reduzir erros de expedição para menos de 0.3.

O projecto deve estar sintonizado com estratégia logística da empresa e portanto, do papel estratégico da armazenagem no processo logístico. As metas a serem atingidas devem estar alinhadas a esta estratégia.

A etapa de preparação acaba-se com a definição do “escopo” do projecto, ou seja com a delimitação do que faz e do que não faz parte do projecto. Um problema comum que ocorre é o crescimento do projecto pela inclusão de novas áreas de negócio ou funções antes não previstas. Portanto, estabelecer exactamente o “escopo”, minimiza as possibilidades de atrasos pois permite um melhor dimensionamento dos esforços e planeamento das actividades. Embora tipicamente restrito à operação de armazenagem, isto não quer dizer que o projecto não deva incluir outras áreas relacionadas como processamento de pedidos, contas a receber e a pagar etc.

### Fase de Definição

A fase de definição começa com a reavaliação do processo actual para que um novo processo seja definido, podendo partir de uma reestruturação completa ou de uma adaptação do actual às novas possibilidades trazidas pela introdução de novas tecnologias. Deve ficar claro que um projecto de automação não envolve somente a implementação de novos equipamentos mais rápidos ou de maior capacidade de armazenamento. Envolve também, e principalmente, o projecto de uma nova forma de operação que deverá tirar o máximo proveito dos equipamentos e softwares disponíveis. Algumas empresas simplesmente mecanizam os processos manuais ou adaptam um software de gestão aos seus processos actuais, podendo reduzir significativamente os processos benéficos da automação.

A definição do novo processo no ambiente automatizado deverá estar documentada em detalhes, através da descrição das suas regras de operação, de como as informações serão utilizadas para realizar cada tarefa e como serão os fluxos físicos em cada área da operação. O passo seguinte é partir para a definição dos sistemas de gestão (WMS) e de movimentação de materiais que darão suporte ao novo processo. Embora envolvam conhecimentos específicos, devendo contar com equipas diferentes, a definição destes dois componentes deve ser feita simultaneamente pois a forma de operação de um influencia o do outro.

Na definição e avaliação dos equipamentos de movimentação automáticos não se deve esquecer ou abandonar os processos manuais. Eles poderão ser úteis, para não se dimensionar os equipamentos de movimentação para o pico das exigências, mas deixando que nestes eventos sejam também operados os sistemas manuais. Além disto, os sistemas automáticos guardam uma relação inversa com a flexibilidade. Quanto mais automatizado, mais difícil será tratar de pedidos com características especiais ou tratar das situações de contingências. Como vimos anteriormente, não são raros os casos de dimensionamento incorrecto. Quando se subdimensiona, implica em baixo desempenho e o sobredimensionamento implica altos custos. Os sistemas de distribuição e armazenagem automatizados são altamente integrados, compostos de funções interdependentes e iterativas, tornando complexa a tarefa de dimensioná-los. Uma das ferramentas mais úteis e actualmente bastante utilizadas para auxiliar nesta tarefa é a simulação computacional, pois permite examinar os processos a serem implementados, antecipando os problemas que poderão ocorrer e avaliando as soluções alternativas para equipamentos de movimentação e armazenagem de produtos capazes suportar aos processos anteriormente especificados.

Através da simulação são construídos modelos em computador representando a operação como poderia ser estruturada (ver figura 4). Estes modelos poderão incluir detalhes como número de estações de trabalho, parâmetros dos equipamentos como velocidade de deslocamento, espaço disponível para

armazenagem e montagem de carga e regras de posicionamento de produtos. Na verdade poderão incluir tantos detalhes quanto sejam relevantes para avaliar o sistema. Um outra fonte de erro no dimensionamento de sistemas é tratar exigências, tempos de operação, tamanhos dos pedidos etc., através de seus valores médios. Na verdade, estes parâmetros poderão possuir uma grande variedade, trazendo um impacto enorme sobre o desempenho do sistema.

Actualmente a oferta de sistemas de gestão de armazenagem (WMS), atende a uma gama de necessidades relativamente grande. A não ser por processos muito peculiares de algumas empresas, uma solução natural deverá ser a aquisição do sistema e não o desenvolvimento propriamente dito. Sendo assim, uma forma de acelerar esta fase é partir dos sistemas existentes no mercado, solicitando informações aos fornecedores sobre as características dos seus produtos e avaliando sua adequação aos novos processos. Como raramente todas as necessidades serão atendidas, deverá ser considerada a possibilidade de adaptação do sistema do fornecedor, o que por sua vez, poderá implicar altos custos de desenvolvimento. Torna-se então necessário rever os processos anteriormente definidos e avaliar a possibilidade de modificações. A relação custo – benefício das duas alternativas é que ditará a decisão a ser tomada.

A fase de definição estará finalizada quando estiverem especificados e determinados os equipamentos de movimentação, hardware auxiliares, sistemas de gestão e escolhidos os respectivos fornecedores

### *Fase de Implementação*

A fase final de implementação caracteriza-se pela necessidade de integração e coordenação de esforços de um amplo conjunto de elementos: equipa interna, fornecedores de WMS, fornecedores de equipamentos de movimentação e hardware auxiliar e, possivelmente, de empresas e infra-estrutura. Estes elementos estarão envolvidos, cada um em sua respectiva área, na aquisição e adaptação dos vários itens que compõe o projecto de automação. O sucesso deste esforço coordenado depende em grande parte de uma rigorosa

programação, onde cada um sabe exactamente o resultado esperado das actividades e quando elas deverão estar concluídas. Nesta programação de actividades não devem ser esquecidas as actividades de teste, elaboração de manuais, treino e possivelmente contratação de novos funcionários.

Uma das etapas mais críticas da implementação é a conversão, ou seja, a passagem do sistema actual para o sistema automatizado. Existem basicamente duas formas para realizar a conversão:

- Conversão total – todas as operações de armazenamento, como recepção, posicionamento, recolha e expedição são instaladas simultaneamente. Como envolve um alto risco, esta opção é adoptada quando existem outros armazéns que poderão atender os clientes em caso de falhas, ou quando se realiza em período de exigência baixa, tornando menos crítica a operação de atendimento dos pedidos.
- Conversões parciais em fases – as operações são instaladas em momentos diferentes. Por exemplo, pode-se instalar no primeiro momento apenas as operações de recepção de produtos e de recolha. Outra alternativa é instalar toda a operação, mas iniciando por uma divisão de produtos ou clientes. Embora os riscos desta alternativa seja menor, o tempo de conversão pode ser muito longo.

É preciso prever que após a conversão, um grande número de problemas poderão surgir e que a capacidade de processamento estará abaixo da especificação. Mas à medida que o sistema fica em operação, os erros tendem a diminuir e a capacidade tende a atingir seus padrões normais.

## ***Sistemas Automáticos de Inspeção e Qualidade***

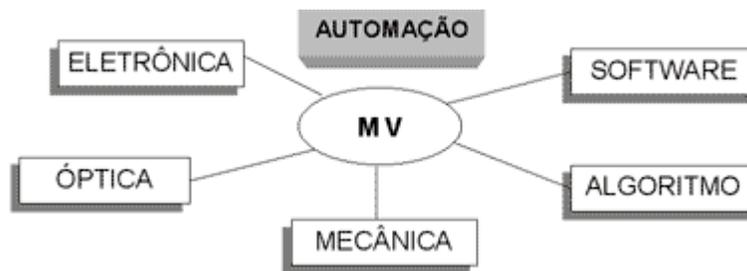
Quem não se modernizar certamente irá sucumbir logo nos primeiros anos do século XXI, sobrevivem apenas aqueles que conseguem adaptar-se rapidamente às mudanças. A principal resistência aos programas de gerenciamento com qualidade total acaba por recair nos custos relativos a investimentos em tecnologia, aperfeiçoamento de mão-de-obra e automatização das linhas de produção. Mesmo assim, a maioria dos empresários reconhece que sem esses itens será muito difícil suportar a concorrência que vem na esteira da globalização. Para assegurar a modernização das empresas e a qualidade final dos produtos, muitos tem optado pela automação de vários sectores. Principalmente no final da linha de produção, quando uma falha na inspeção da qualidade pode acarretar prejuízos à imagem da marca, além de justas reclamações de clientes cada dia mais exigentes.

### *Sistemas de inspeção automática baseados na tecnologia de visão artificial*

Esses sistemas são largamente empregues em aplicações em linhas de produção, tais como: Sistemas de Inspeção Automática baseados na tecnologia de Visão Artificial.

1. Verificação da montagem mecânica e electrónica;
2. Verificação de caracteres impressos;
3. Integridade de embalagens;
4. Detecção de defeitos em superfícies;
5. Aplicações que requeiram medições em geral.

Os Sistemas de Visão Artificial possibilitam aos fabricantes obter economia significativa, aumentando a qualidade da produção e melhorando o processo produtivo, eliminando os problemas de "recall".



**Fig. 10** – A máquina da visão artificial.

### *O que é, e para que serve visão artificial*

Sistemas de Visão Artificial são compostos por computadores (tipo PC ou industriais), placas de aquisição e processamento de imagens (conectadas ao computador) e câmaras de vídeo (conectadas às placas de imagem).

Estes sistemas captam imagens (tiram fotografias) do produto a ser inspeccionado. Logo após a aquisição e processamento das imagens, o software dedicado ao sistema analisa as características da peça de acordo com o plano de inspecção. Feita a análise, o software decide (de acordo com as especificações) se o produto está aprovado ou não. Essa análise é feita peça a peça, com toda a produção.

1. Posicionamento correcto da peça a ser inspeccionada;
2. Iluminação da peça, destacando o que se quer examinar;
3. Capturar a Imagem;
4. Processamento da Imagem, utilizando as informações fornecidas;
5. Tomar a Decisão, baseado em regras e tolerâncias estabelecidas;
6. Registrar os dados, que ficam disponíveis para análises posteriores.

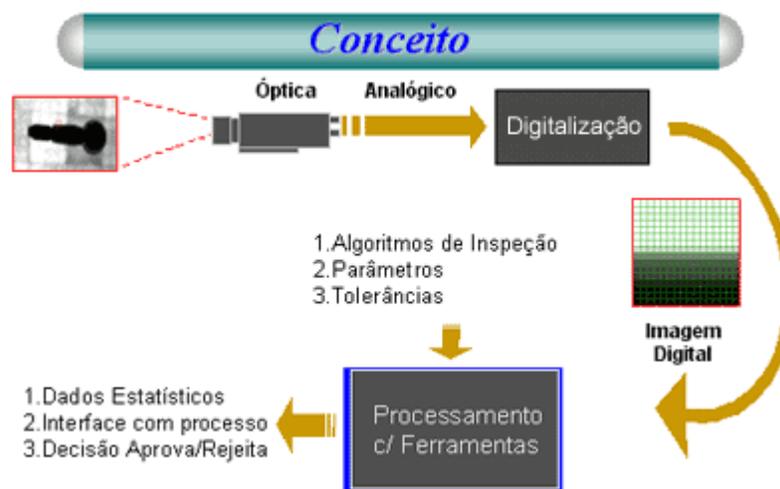


Fig. 11 – Modo de funcionamento da visão artificial.

### *Características dos sistemas de inspeção visual automática*

**Objectividade:** Uma vez definida a área de interesse e o parâmetro a ser observado, o sistema passa a operar de forma objectiva e obedece rigorosamente a todas as regras configuradas pelo utilizador.

**Velocidade:** A velocidade de inspeção é inversamente proporcional à quantidade de operações que se deseja executar sobre a imagem de um mesmo objecto. Quanto maior o número de medições, menor será a velocidade da inspeção. Entretanto, podemos minimizar (ou evitar) essa perda de velocidade, se adequarmos o software e o hardware ao tipo de inspeção realizada, para operarmos dentro da condição desejada.

**Precisão:** A precisão das medições pode chegar até a casa dos Microns (0,001mm), e é determinada pelo tamanho da área de interesse da imagem que se deseja inspeccionar. Outros factores, tais como: iluminação, velocidade, posicionamento e vibração, influenciam o grau de precisão que se pode ser obtida.

**Adaptabilidade:** Os sistemas produzidos devem-se destacar pelo seu alto grau de flexibilidade, permitindo uma perfeita integração aos vários tipos de linhas de produção existentes.

**Inspecção sem contacto:** Toda as inspecções são feitas sem qualquer contacto físico, uma vez que toda a análise do objecto em questão é feita com base no processamento da imagem obtida pelo dispositivo de captura.

**Repetibilidade:** Pela concepção básica e elevada performance, possibilitam que a apresentação dos objectos a serem inspeccionados seja feita de forma sequencial, de maneira constante ou variável.

**Evita a L.E.R.:** A Lesão por Esforço Repetitivo tem sido nos últimos tempos um dos frequentes motivos de afastamento de funcionários dos seus postos de trabalho. Sendo este um tipo de lesão de difícil tratamento, e muitas vezes sem cura definitiva, este é sem dúvida um grave problema existente na maioria de nossas fábricas. Os sistemas, por serem automáticos e sem contacto, dispensam a manipulação humana, solucionando de forma eficaz as causas deste tipo de lesão.

### *Precisão determinada pela informática*

O equipamento opera com ferramentas de software óptimas, específicas para cada tipo de aplicação, que determinam as exigências de qualidade do produto. O ambiente de trabalho é a Microsoft Windows, podendo ser ligado à rede das empresas e adequado à maioria dos sistemas de informática actuais. Com programas fornecidos de acordo com as necessidades de cada organização, é possível, através de uma simples imagem recolhida, efectuar medições, contagens, cálculos de posição, análise de superfícies, análise de presença ou ausência, identificação de cores, caracteres, logotipos, formas e outros itens de interesse do utilizador. Com isso, um fabricante poderia deixar a cargo do equipamento a verificação de uma imensa gama de itens como dimensão e localização de furos, análise de superfícies e de formas, detecção de furos e ondulações, contagem de furos, anéis, rebites, posicionamento de detalhes de peças, verificação de montagem de painéis e de roscas e inspecções.

### Imagem detectada por lentes e luz

O equipamento inspecciona qualquer objecto colocado no campo de visão do dispositivo de captura de imagem, que combina câmaras de alta resolução e conjuntos ópticos. Esse dispositivo fica em perfeita sintonia com o foco de iluminação, que garante máxima precisão e fidelidade da imagem emitida. A partir daí, o programa determina se ela está de acordo com a qualidade ideal exigida pelo fabricante.

Apesar de incomparavelmente mais veloz que a inspecção manual, a agilidade do processo sempre depende de algumas variáveis. É preciso ter em conta o número de áreas analisadas em cada objecto, quantidade de medições necessárias em cada área e o ritmo da esteira de alimentação da linha. Em muitos casos são conferidas 1800 medições por segundo. Sempre com uma precisão que pode chegar à casa dos microns (0,001 mm).

Os métodos de Visão Computacional devem satisfazer dois requisitos muito importantes:

**Devem ser rápidos** – Uma linha de produção não pode dar-se ao luxo utilizar métodos complexos para análise de imagens sob pena de comprometer a eficiência do processo de produção. Uma solução de Visão Computacional para o Controlo da Qualidade Industrial deve tipicamente ser tão ou mais rápida quanto um inspector humano realizando esta mesma tarefa.

**Devem apresentar alta fiabilidade** – Como o objectivo dos métodos de inspecção visual para controlo de qualidade é o de garantir a qualidade dos produtos produzidos, detectando produtos com falhas de produção, estes métodos devem ser extremamente fiáveis e não devem introduzir mais incertezas no processo de produção. Métodos de análise de imagens muito instáveis e que produzem resultados muito variáveis não podem ser aplicados nas empresas.

As tarefas a serem automatizadas num ambiente de controlo da qualidade geralmente são tarefas extremamente estereotipadas, com variações mínimas, e

que facilitam o processo de desenvolvimento. Podem citar-se as seguintes características principais deste tipo de aplicação:

**Simplicidade e Boa Definição da Tarefa** – As tarefas de análise de imagens no controlo de qualidade são geralmente tarefas simples e sem muitas variações, que estão bem definidas, como por exemplo: encontrar uma rachadura em um bloco de cerâmica (procura por linha com determinadas características), encontrar falhas ao tingir rolos numa linha industrial (procura por variações anómalas de cor), encontrar falhas em tecelagem (procura por variações anómalas de textura) ou encontrar falhas na matéria-prima (variações de coloração, forma ou tamanho de objectos). Esta simplicidade permite que se utilizem operações de análise de imagens bem conhecidas.

**Ambiente de aquisição de dados controlado.** Ao contrário de aplicações como o reconhecimento de faces ou cenas de trânsito, onde as condições de iluminação e contexto de uma situação em particular podem variar muito, no controlo de qualidade temos geralmente uma situação onde a aquisição de dados é realizada sob condições controladas e bem conhecidas, como por exemplo uma luz ultravioleta de intensidade e direcção bem definidas, uma luz branca difusa de intensidade conhecida, etc. Nestas aplicações, as condições de aquisição controladas das imagens permitem supor, ao se desenvolver a aplicação, que as imagens vão estar sempre dentro de um conjunto de parâmetros bem definidos e previsíveis. Isto facilita o design de uma aplicação e favorece a sua robustez.

### Vantagens

A rapidez e os baixos custos são algumas das vantagens, mas o grande trunfo do método de inspecção automatizada é permitir a formação de um banco de dados que informa a quantidade de peças inspeccionadas, quantas foram aprovadas e reprovadas, motivo das rejeições e outras informações necessárias para detectar o momento exacto em que ocorrem os problemas. Com isso é possível determinar em que partes da linha de produção podem estar ocorrendo

as falhas e partir para uma solução, diminuindo cada vez mais o nível de rejeição. Outras vantagens são:

- Inspecciona 100% dos produtos;
- Elimina devoluções pelos clientes;
- Investimento – inicial e manutenção;
- Detecta e separa defeitos automaticamente;
- Alta velocidade e adaptabilidade;
- Aumenta o índice de qualidade;
- Atrai novos clientes.

### Aplicação

Empresas dos mais variados sectores optam pela inspecção electrónica para evitar que seus produtos cheguem ao mercado com defeito.

- Medições: Medidas, sem contacto, na linha do processo ou fora dela. A precisão pode atingir a casa de microns.
- Orientação de componentes: Reconhecimento de posição e orientação de componentes em linha de fabricação automática.
- Verificação de códigos alfanuméricos (OCR) e códigos de barra.
- Verificação de impressão: Análise de posição e integridade de registros de impressão
- Integridade das tarefas de montagem e reconhecimento de peças (confere a posição e orientação de relevância).
- Detecção de falhas em superfícies: Ranhuras, erosões, partículas estranhas, dentes e marcas.
- Detecção de presença/ausência de peças.
- Identificação de cores.
- Contagem e selecção de produtos.

### Algumas áreas de aplicação:

Farmacêutica: Inspeção e revisão de blisters; inspeção de ampolas; etc..

Embalagens: Presença/ausência de talheres; inspecção do código de barras; inspecção das rolhas de plástico; etc..

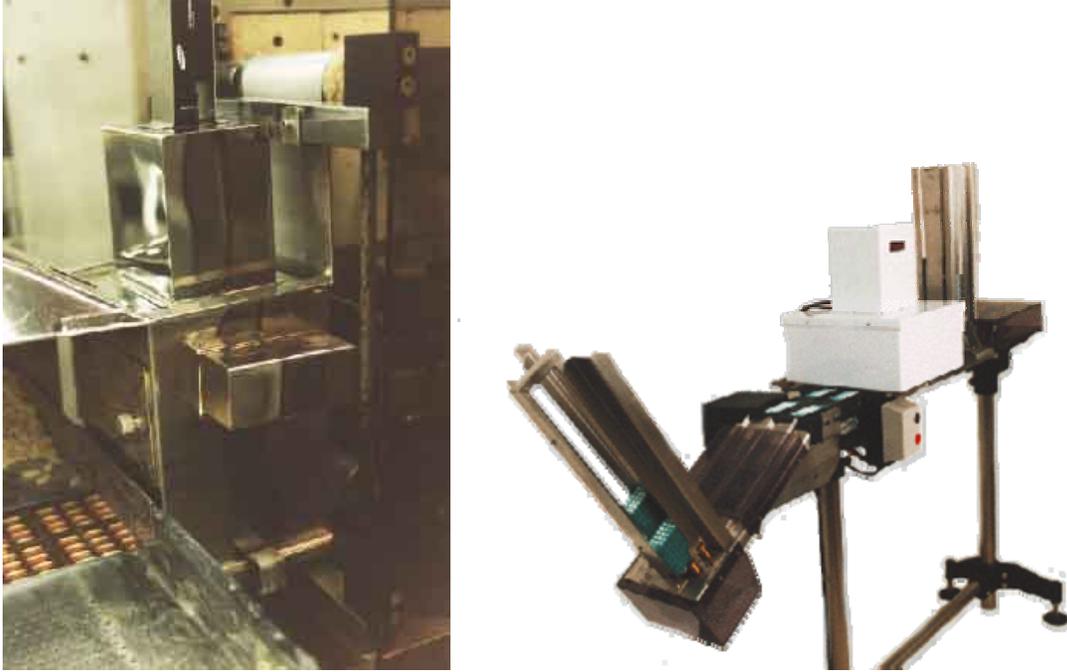
Ferramentas: Inspeção de serras industriais; etc..

Alimentação: inspeção de waffers; etc..

*Exemplo de controlo de qualidade na industria farmacêutica:*

Produzem-se 30 mil *blisters* de medicamentos por hora, todos analisados para verificar se existem comprimidos partidos, comprimidos em falta ou em excesso ou se eles são diferentes daqueles que deveriam estar encapsulados. Caso esse volume de material tivesse de ser verificado manualmente, seria necessário um exército de funcionários. No caso de alguns laboratórios, existem câmaras de vídeo, ligadas a um software que reconhece formatos e cores dos medicamentos, respondem pela inspeção de qualidade. O sistema de inspeção electrónica de qualidade funciona da seguinte forma: as informações que devem ser verificadas (como formato e cor dos comprimidos) são armazenadas num computador. Quando o *blister* passa por uma câmara que é colocada na linha de produção, a imagem é digitalizada e enviada para o computador, que verifica se os dados conferem. Se houver algum problema, o sistema retira o *blister* da linha, evitando que ele seja embalado e enviado para o mercado. O software de reconhecimento é rápido a ponto de permitir que o medicamento que apresente algum problema seja retirado em menos de três segundos, além disso, ainda consegue reconhecer se o comprimido tem a cor certa. Muitas vezes, medicamentos possuem as mesmas dimensões, mas cores diferentes. Uma máquina que não considerasse essa variável poderia deixar passar um comprimido erroneamente colocado no *blister*.

A inspeção electrónica traz uma segurança e uma eficiência que eram impossíveis de obter pelos métodos tradicionais.



**Fig. 12** - Exemplo de um sistema de visão artificial de inspeção de blisters de comprimidos.

## ***Fábrica do Futuro***

Devido a aceleração repentina da era da tecnologia, as empresas deparam-se com o desafio de estar totalmente preparadas para mudanças significativas.

Na próxima década e depois, avanços rápidos e contínuos na capacidade de produção são requisitos fundamentais, não apenas para a competitividade, mas também para a sobrevivência da empresa.

Dentro da Fábrica do Futuro o ser humano será uma espécie em vias de extinção. Quem visitar as suas instalações, terá dificuldade em encontrar a presença humana, restando apenas o nome do humano responsável pelo desempenho de uma ou várias máquinas nos postos de trabalho das mesmas. As máquinas estarão a produzir sozinhas, e quando alguma irregularidade surgir elas terão a capacidade de pedir auxílio humano, alertando o seu responsável para que este possa intervir.

### *Como será a Fábrica do Futuro*

A Fábrica do Futuro possuirá um sistema de fabrico ágil e flexível que desenha, produz, e entrega produtos de alta qualidade satisfazendo as exigências do cliente e a baixo custo de produção.

A fábrica do futuro pode ser vista como sendo uma fábrica completamente integrada, onde subsistemas tais como os fornecedores, plantas, e outros estarão todos interligados através da utilização de redes internas e externas.

A integração será a chave para o sucesso onde a tecnologia de informação conduzirá todos os processos.

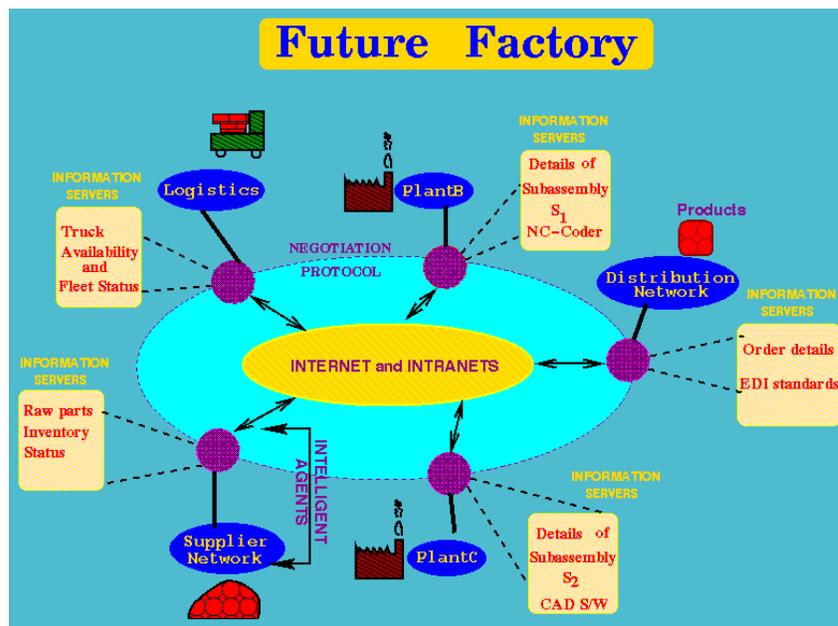


Fig. 13 – Diagrama de funcionamento da fábrica do futuro

### *Factores a ter em conta para a Fábrica do Futuro*

Há certos factores ter em conta dentro das fábricas, que irão influenciar a fábrica do futuro. Estes factores são resultado directo do aumento de produtividade e das novas tecnologias. Os principais factores são:

- Ciclos de vida dos produtos mais curtos, não propriamente devido degradação do material, mas devido à desactualização;
- Novos materiais estão constantemente a ser seleccionados em detrimento de outros mais convencionais;
- Maior utilização da electrónica, esta é uma área que cresce a um ritmo muito superior ao da indústria tradicional, o que permite a utilização de técnicas anteriormente impensáveis;
- Subcontratação, feita por empresas maiores a empresas menores, geralmente de componentes mais pequenos, já que se torna mais viável;
- Produção "Just -in- Time", o que significa um inventário reduzido de materiais de partes;

- A utilização da informática no fabrico, o que implica um melhor controlo e monitorização da produção.

### *Automação Total*

Automação total, não significa, uma fabrica sem pessoas, uma automatização à extensão pratica mais cheia. Para implementar a automação com eficiência, o CAM-I “ Advanced Factory Management System”, na fig.1 está descrito um tempo real, de um sistema de informação orientado em vários níveis de administração.

O sistema é hierárquico por natureza, no maior nível, um sistema global administra o ciclo completo da produção, desde a encomenda de matérias primas até ao produto acabado, controlando todas as actividades das muitas tarefas necessárias para a produção do produto final.

Em níveis mais baixos, existem centros de controlo de administração, que são uma combinação de operadores e máquinas, que compões os centros de trabalho individuais. Desta maneira, O sistema faz a interface entre operação manual, assim como de robôs de automação avançada e máquinas de ferramentas NC.

Nesta hierarquia, o nível inferior responde ás exigências do nível superior, e assim sucessivamente, este sistema tem o intento de levar a todos os níveis uma administração computacional, que depois se combinam entre si.

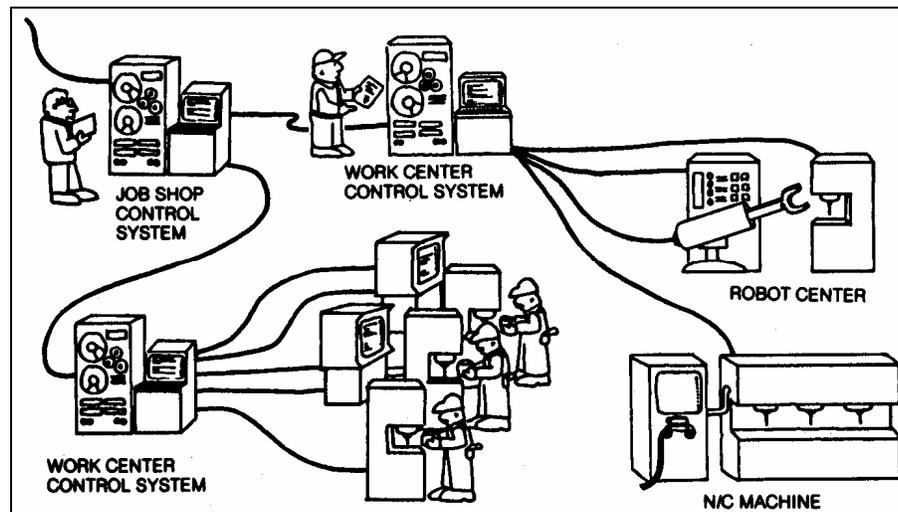


Fig. 14 – Sistema Avançado de Administração de Fabricas

### *Fábrica do Futuro*

Máquinas ferramentas, robôs, e os sistemas de computação de controlo, estão a ter um aumento rápido. A direcção que a tecnologia de CAM, é a da fabrica automatizada, onde o processo de produção será controlado através de computadores desde o início ao fim. Teoricamente, essa fábrica poderá ser controlada por apenas um indivíduo. Sentado num terminal de CAD/CAM, deste suposto sistema ideal, o operador irá monitorizar e dirigir todas as actividades de uma multiplicidade de robôs e máquinas ferramentas, controladas por uma central computacional.

A imagem ideal de uma fábrica automatizada, será sem duvida, muito complexa e dispendiosa monetariamente, para ser difundida numa empresa. O mais provável é a fábrica do futuro ter vários degraus de automação, em determinadas áreas. Maior parte das pessoas concorda que os operários, robôs, e máquinas ferramentas irão trabalhar como uma equipa, em que cada parte da equipa irá fazer o faz melhor.

Os potenciais benefícios de uma redução de custos e de um aumento de produtividade, que grandes empresas estão a investir em investigar e

desenvolver programas, que apontam para sistemas de máquinas ferramentas e robô, para a automação completa industrial. Grandes países como EUA, Japão, Inglaterra, Alemanha, etc., estão a desenvolver sistemas de CAM que nos levam para a automação industrial.

### *Dificuldades na Implementação da Fábrica do Futuro*

Uma fábrica do futuro é uma aglomeração de subsistemas altamente coordenados interna e externamente. Os subsistemas incluem a fábrica em si, logística, projecto e desenvolvimento de produtos, e a estrutura de organizacional.

Os subsistemas externos por sua vez, incluem os fornecedores, distribuidores, clientes, competidores e tecnologia.

A mera optimização das operações da fábrica através de tempos de tarefas impostos ou através da instalação de softwares de controlo caros, pode não levar a boas performances na produtividade da empresa. O conceito de fábrica do futuro envolve o estudo das interacções dinâmicas dos subsistemas internos e externos e efectivamente controlando as suas interfaces.

O modelo de uma fábrica do futuro oferece desafios únicos devido a tópicos tais como:

- Hierarquia das decisões envolvidas: estratégica, tática e operacional
- Complexidade resultante da presença de numerosas interacções dinâmicas
- Existência de interfaces entre funções: por exemplo, entre fornecedores e plantas; plantas e canais de distribuição, etc.
- A arbitrariedade das exigências dos clientes, tempos de actividades e disponibilidade de recursos.

Estes tópicos oferecem um rico potencial para o uso de modelos em programação matemática e objectos orientados por modelação.

### *Sistema informativo de uma fábrica automatizada*

Uma das grandes diferenças entre as fábricas actuais e a fábrica do futuro, será o sistema informativo, isto porque haverá um sistema base que conterà uma base de dados central, que irá conter toda a informação, referente ao processo de produção, administração, e controlo. O sistema do futuro terá não só a possibilidade de executar cálculos, mas terá a capacidade de calcular e entender os cálculos efectuados, podendo mesmo ter atributos de compreensão e inteligência. Este, informará todas as secções da mínima alteração realizada, se for necessário, se uma máquina ou qualquer outro equipamento avariar o sistema dará a melhor solução, etc..

### *A Robótica no futuro*

A grande quantidade de recursos destinados ao desenvolvimento e pesquisa em robótica já começou a dar frutos, e certamente conduzirá a grandes acontecimentos no futuro. Várias ferramentas têm sido desenvolvidas, e fontes de energia tem sido exploradas, para substituir o homem e ajudá-lo no seu trabalho. Actualmente o homem ainda é uma parte importante do sistema por ser responsável pela tomada de decisão.

O principal objectivo da robótica é liberar o ser humano de tarefas difíceis e cansativas. Para atingir esta meta, muita pesquisa deve ser realizada na área de Inteligência Artificial, para que o robot possa por si só tomar decisões e identificar os objectos ao seu redor. A robótica surgiu como resultado de intensa pesquisa na área de computadores e está num estágio precoce de desenvolvimento, abrangendo as áreas de controlo, computação e inteligência artificial. A próxima etapa depende do aparecimento de computadores que possam funcionar como cérebros. O cérebro do robot do futuro deverá ser um computador sofisticado, rápido, com grande espaço de memória e capacidade de analisar situações complicadas. É necessário também que seja pequeno e tenha baixo consumo de potência.

### *O desenvolvimento dos sensores*

O desenvolvimento de sensores de maior resolução, associados a sistemas mais sofisticados de tratamento de imagens, permitirão que os próprios instrumentos, também conectados em rede, destaquem e alertem o vigilante para algumas avarias que podem ser cruciais. Incorporando Sistemas Especialistas de Inteligência Artificial é possível analisar diversas componentes do projecto, comparando o caso presente com outros casos no âmbito nacional e internacional, e daí identificar o tipo de determinada avaria e prescrever os métodos de correcção mais indicados para ela. Em sistemas desse tipo, serão possíveis relatórios e memorandos utilizando comunicações com máquina pela voz.

Estando interligados em rede, estes sistemas terão acesso a Banco de Dados num âmbito mundial sobre todos os eventos e conhecimentos em produção para cada área.

### *Comunicação homem-máquina*

Actualmente os robots são programados para executar a mesma operação durante um longo período de tempo. Portanto, a programação via teclado é de acesso prático e satisfatória. No futuro, devido ao uso mais geral dos robots e à necessidade de maior flexibilidade, esta programação tornar-se-á muito lenta e ineficiente.

O método que substituirá o teclado será a comunicação pela voz. Muitos esforços têm sido feitos no que diz respeito ao avanço da área de reconhecimento de linguagem e análise da informação transmitida pela voz.

### *Os trabalhadores da fábrica do futuro*

Fábricas sem pessoas

Nos dias de hoje e para o futuro, o principal objectivo das indústrias será o desenvolvimento de plantas das linhas de produção que não requeiram a presença de pessoas. Toda a linha de produção será controlada por computadores que estarão conectados às máquinas, robots e sensores.

O computador central executará o planeamento de processos, fazendo a identificação e correcção de falhas. Uma ordem de produção vinda do departamento de vendas ou directamente dos clientes poderá ser iniciada imediatamente, de modo que as interferências humanas sejam mínimas. Esta fábrica será capaz de trabalhar continuamente, dispensando iluminação, excepto na sala de controle central, onde algumas pessoas estariam a gerir o funcionamento de toda a fábrica.

### *Mão humana na fábrica do futuro*

Esta participação humana não está directamente associada à produção, mas não à regionalização! a outro tipo de funções indirectas:

- Manutenção do equipamento – Tendo em conta que a fábrica é completamente dependente de máquinas automáticas, é de vital importância assegurar que não haja qualquer tipo de avaria, já que uma simples avaria numa das máquinas quebraria por completo a cadeia da planta.
- Programação – Os sistemas informáticos e as máquinas programáveis devem ser programadas de acordo com o tipo de fabricação requerida, pelo que é necessário que alguém introduza os dados.
- Trabalho de projecto de engenharia – A fábrica do futuro vai sempre necessitar que alguém tenha em conta as inovações tecnológicas, tais como novas ferramentas, de forma a actualizá-la de acordo com essas inovações.
- Segurança – Embora existam já vários sensores sofisticados neste campo, esta é uma tarefa em que o homem continua a ser insubstituível, dada a variedade de situações não previstas que possam ocorrer.

- Supervisionamento – Logicamente que alguém terá que estar encarregado da fábrica, de resto terá que haver uma equipa reduzida de engenheiros e responsáveis pela planta da fábrica.

Assim sendo, pode-se dizer que talvez quando se descobrirem meios para automatizar também estas tarefas, possamos dizer que estamos de facto perante a verdadeira fábrica do futuro.

### Desemprego

A longo prazo todos os preços tenderão a zero. Neste contexto, a inovação é que irá manter a empresa viva com novos produtos. Este esquema levará a uma redução de salários e por conseguinte aumentará o desemprego. Será necessário gerir recursos que compensem esta queda.

As empresas não vão mais trabalhar isoladas, vão trabalhar em redes de desenvolvimento, englobando utilizadores e até mesmo concorrentes, num esquema de desenvolvimento distribuído.

A utilização da Internet será fundamental. O conhecimento de uma língua estrangeira será fundamental, tal como já acontece actualmente.

Criatividade não é ter ideias. Temos o hábito de ter ideias sobre o que os outros devem fazer e isto é ser crítico e não criativo. Ser criativo é ter ideia e conseguir colocá-la na prática. Criatividade tem a ver com sonho, com competência e realização pessoal.

### Impacto social

A fábrica do futuro terá sem dúvida um grande impacto social, isto porque irá causar um grande desemprego, e para além disso o emprego que houver não estará relacionado com a produção. É claro que não podemos esquecer que esta fábrica significa a substituição de trabalhadores humanos por máquinas. De certo que, de um momento para o outro, não haver um grande numero de empresas a mudar de repente para uma fábrica automatizada, visto este projecto demorar um certo tempo “muito”.

A fábrica do futuro parece inevitável em sociedades de indústria moderna, tais como os EUA, Europa e Japão, onde certos factores sociais e económicos impelem a isso mesmo. Esses factores são tais como:

- A necessidade económica do aumento de produtividade;
- O desejo de aumentar a utilização de maquinaria;
- O desejo de reduzir os tempos de entrega, de forma a responder mais rapidamente às exigências dos clientes;
- A necessidade de utilizar materiais e energia da forma mais eficiente possível;
- A tentativa de obrigar as pessoas a procurar emprego no sector dos serviços e não na fabricação;
- Regulamentos que salvaguardam a segurança dos trabalhadores.

### Como será a sociedade do futuro

O mundo do futuro depende da evolução da tecnologia. A produtividade do profissional típico crescerá imenso. O modelamento físico de peças, dispositivos e equipamentos atingirá níveis de precisão muito altos, permitindo o desenvolvimento de artefactos precisos, e de altíssima qualidade. Este aumento de produtividade afectará fatalmente o nível de emprego, como já está a afectar, gerando uma grande massa de pessoas altamente instruídas e qualificadas, porém desocupadas e certamente insatisfeitas.

Os novos empregos gerados exigirão pessoas de maior nível intelectual e maior discernimento, para que possam tomar as decisões no instante adequado.

Num mundo, onde a velocidade de comunicação com o resto de todo o planeta é apenas limitada pela capacidade do cérebro comunicar com o meio externo, na área industrial, além de precisão de modelamento, torna-se fundamental tanto a rapidez de colocação de produtos no mercado, como a velocidade de modificação e adaptação desses produtos às exigências do mercado consumidor. A partir da utilização da computação visual e gráfica tridimensional, é possível nos dias atuais a geração de protótipos de peças e equipamentos em

questão de horas. Em linhas de produção, estes protótipos devem apresentar alta qualidade e permitir alta produtividade, sem as quais não existirão condições para a competitividade internacional.

O acesso a conhecimentos tecnológicos avançados será cada vez mais privilegiado e a custo cada vez maior. Estas informações serão cada vez mais resguardadas cuidadosamente, como moeda de alto valor. Com isso, as informações, sobretudo científicas e tecnológicas, tendem a ser a própria moeda de troca, e as empresas que não as tiverem ou mesmo que não tenham capacidade de as absorver em toda sua abrangência, e transformá-las de forma útil a seu favor, estarão condenadas à não competitividade e encerrarão suas actividades em curto prazo de tempo.

### *Como será o emprego nesta sociedade*

Existirá uma estrutura produtiva. Continuar-se-á a produzir, nem que seja conhecimento. O que importa é como é que o cérebro precisa de estar neste contexto em que a grande capacidade humana de lidar com o inédito e com o desconhecido. Poderemos dizer que estamos no fim da "mão de obra" e com oportunidades de entrar na "cabeça de obra" e "emoção de obra" que é o grande tom da nova sociedade.

Tudo o que for repetitivo mesmo de natureza intelectual vai ser feito por máquinas. artística e de ciência básica.

Na verdade várias transformações já estão a acontecer, e irão acontecer ainda mais num futuro próximo, digamos que num horizonte de 10 anos, surgirá uma intensa automação de escritórios, em virtude do baixo custo de equipamentos de informática destinados a este fim. A introdução maciça da comunicação homem/máquina pela voz, sem dúvida, contribuirá decisivamente para a aceleração desta automação.

### *Como é que nos podemos preparar para este futuro*

Num mundo em constante mudança o futuro irá sorrir a quem tiver capacidade de ser criativo. Deverá evitar-se o estudo de tecnologias demasiado específicas. Os problemas específicos vão exigir num curso *"just in time"*.

Torna-se fundamental repensar os cursos técnicos, básicos e médios, além dos cursos de graduação, no sentido de torná-los mais eficientes e produtivos, buscando a formação rápida de profissionais mais flexíveis e adaptáveis às novas situações.

#### *Equipes Virtuais*

A globalização da economia traz, entre outras, uma estratégia de se operar simultaneamente em vários locais distintos. Isso pode ocorrer, por exemplo, no desenvolvimento de um produto, com várias pessoas localizadas em diversos locais trabalhando em grupo e fazendo uso da tecnologia de telecomunicação. Suas actividades seriam suportadas por sistemas de "workgroup computing" e elas formariam então um "time virtual".

#### *Automação do Processo de Negócio*

Uma outra tecnologia disponível parece que pode ser o caminho para a criação de software no futuro. Essa tecnologia tem a sigla BPA (business process automation) ou BPE (business process execution) e seu princípio está na automação de actividades específicas definidas em um BP resultante, por exemplo, de um trabalho de Reengenharia. O desenvolvimento desses building blocks de software específicos seria realizado com um ferramenta de desenvolvimento orientada por objecto com grande produtividade e alto grau de abstracção.

### Controlo Numérico

Uma das áreas mais maduras da tecnologia do CAD/CAM é o controlo numérico (NC), esta é a técnica de controlo de uma máquina ferramenta pré registada com informação codificada para fazer partes. As instruções NC são usualmente escritas em linguagem APT ou COMPACT II. COMPACT II é usada em maior parte das instalações, mas a APT é a mais original e a linguagem mais universal, e é considerada por especialistas como sendo a standard da industria. As instruções NC, eram armazenadas em fitas de papel perfurado, ou fitas magnéticas, para controlar a máquina ferramenta. Actualmente existem sistemas mais avançados, como controlo numérico por computador, a máquina está conectada a um minicomputador, onde as instruções estão armazenadas. O mais sofisticado sistema usa um esquema de controle numérico directo no qual são unidos vários minicomputadores a um mainframe central. Alguns sistemas DNC eliminaram o minicomputador e passam a ter uma interface directa com o computador central.

### *Fábricas do Futuro não Automatizadas*

Certamente que nem todas as fábricas do futuro terão capacidade financeira para se automatizarem. Assim haverá muitas fábricas que continuarão a utilizar o trabalho directo nas suas operações de fabrico, estas fábricas dirigir-se-ão para uma das seguintes categorias:

**Fábricas estrangeiras** em países menos desenvolvidos onde a mão-de-obra é barata pelo facilmente compete com a automatização;

**Pequenos negócios** com capitalizações baixas que servem mercados onde é fácil entrarem;

**Fábricas que usem parcialmente as novas tecnologias**, ou seja utilizam o método tradicional enquanto o processo tecnológico não está completamente implantado;

**Fábricas que abrem falência**, que devido a diversas circunstâncias, como por exemplo mal administradas, não acompanham as evoluções de ficam desactualizadas, o que se torna fatal.

Em todas estas categorias se vão reflectir aspectos negativos tais como menores níveis tecnológicos, técnicas menos desenvolvidas, e menor formação dos empregados, o que se vai reflectir economicamente em favor das automatizadas.

**Bibliografia**

- [1] – Sing, Nanua; ‘Computer-Integrated and Manufacturing’; John Wiley & Sons, Inc.; 1996.
- [2] – Groover, Mikell P.; ‘Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing’; Prentice-Hall; 1987.
- [3] – Krouse, Jonh K.; ‘Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing’; Marcell Dekker, Inc.; 1982.
- [4] – Chang, Tien-Chien; ‘Computer-Aided Manufacturing’; 2ª edição; 1998.

Netgrafia:

<http://www.hypervision.com.br/>