

Delgado, J. (1998). *Automatização Industrial - Tecnologia CIM : Factores críticos na sua implementação.*

*Millenium, 9*

---

## AUTOMATIZAÇÃO INDUSTRIAL TECNOLOGIA CIM : FACTORES CRÍTICOS NA SUA IMPLEMENTAÇÃO

JOAQUIM DUARTE BARROCA DELGADO \*

\*(Eng.) Mestre em Automação Industrial, Docente e Investigador do Dep. de Eng. Electrotécnica da ESTV

### Síntese

O conteúdo do presente artigo insere-se na área das Novas Tecnologias da Produção. A sua elaboração e apresentação é motivada pela vontade de partilha de conhecimentos adquiridos com a implementação de sistemas com tecnologia CIM em Portugal e com a investigação e pesquisas efectuados neste domínio.

Definida de uma forma muito lata, podemos dizer que a tecnologia CIM combina várias tecnologias para proporcionar **consistência** e **integração** da empresa ou organização **como um todo**, sendo a sua única justificação contribuir para o aumento da produtividade das empresas. Mas, apesar deste excelente objectivo, desejável por todos, há bastantes casos de insucesso na sua concretização.

Ao longo desta comunicação será efectuada uma análise, sob várias perspectivas, desta tecnologia e descritos no ponto 3. quais os factores críticos que, na opinião do autor, causam os maiores problemas e dificuldades na integração de sistemas.

### 1. Introdução

Desde os tempos mais remotos que o homem, através da automatização, tem vindo a desenvolver estratégias e mecanismos que lhe permitam libertar-se do trabalho de origem muscular e animal e das tarefas pesadas, rotineiras, perigosas e pouco precisas. Tem conseguido, em simultâneo com esta libertação, maiores velocidades na execução das tarefas, menores tempos de paragem, menor número de acidentes e a obtenção de produtos com cada vez maior e mais uniforme qualidade.

O objectivo foi desde sempre e em qualquer processo produtivo, efectuar a "mistura" das quantidades óptimas dos 3 factores fundamentais sempre envolvidos, que são : a **Matéria**, a **Informação** e a **Energia**.

A automatização inicial era caracterizada por pequenas ilhas com operações automatizadas, onde o factor humano era fundamental como elemento integrador e sincronizador de todas as operações. Este estágio caracterizava-se, entre outros factores, por um elevado número de operários, uma grande existência de stocks e "lay-outs" não optimizados.

Caminhou-se depois para soluções de automatização centralizada. Nestas, toda a informação é centralizada num único local, onde são tomadas todas as decisões e de onde partem todas as ordens. Com este nível, os "lay-outs" foram melhorados, o número de operários bastante reduzido, mas continua a existir um nível considerável de stocks.

Após a década de 60, com o desenvolvimento e a utilização crescente de unidades de processamento de informação, as funções de condução dos processos foram sendo cada vez mais distribuídas pelo terreno e junto dos locais onde são necessárias, surgindo assim o que é actualmente designado por Arquitecturas Distribuídas ou por **Sistemas de Controlo Hierárquico Distribuído**. Este nível de automatização caracteriza-se por uma gestão global e integrada da informação, pela redução de stocks a níveis mínimos, pela inserção de máquinas de controlo numérico (CNC), de manipulação (Robôs), manuseamento automático de materiais (AGV's), pela redução drástica do número de operários, sendo em alguns sectores praticamente nulo na área directamente relacionada com a produção, pela utilização dos modernos conceitos de JIT ("Just-in-Time") e TQM ("Total Quality Management") e ainda por uma utilização muito mais intensiva dos equipamentos [1].

A integrar todos estes novos conceitos das Tecnologias da Produção, existe hoje a filosofia CIM ("Computer Integrated Manufacturing") que constitui o expoente máximo do desenvolvimento desta área na actualidade.

## **2. Descrição sucinta sobre a filosofia CIM**

O CIM é um conceito que combina várias tecnologias para definir uma fábrica ou organização completamente integrada. Entre estas estão o CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), a Robótica, sistemas automáticos de identificação e de manipulação de materiais (AGV's e outros), a Visão Computacional e as Redes de Comunicação que interligam todos os elementos constituintes do sistema. Também as áreas satélite como o Marketing, o Planeamento e Gestão

Administrativa (a gestão da produção, as compras, as vendas e a contabilidade geral) são componentes integrantes do sistema.

Mas, apesar de teoricamente a inserção da filosofia CIM apresentar grandes benefícios para as empresas, o facto é que muitas falham na sua implementação. E isto porquê ? Porque a integração e a automatização fabril, mesmo à parte dos problemas de natureza técnica, são um processo complexo, contínuo e bastante demorado. Este requer um suporte capaz em todas as áreas nele envolvidas. Os objectivos específicos de médio e longo prazo, necessitam de ser claros, estarem devidamente fundamentados e serem conhecidos por todos os elementos intervenientes. Só desse modo pode haver sintonia e uma activa participação e motivação e, conseqüentemente uma implementação correcta e atempada.

Um primeiro aspecto a estudar, é o de averiguar o que o CIM trará para a empresa em termos de vantagens e competitividade sustentada face às empresas da concorrência. Este é um problema de **Planeamento Estratégico** que deve ser fundamentado com uma rigorosa análise de custos/benefícios.

Como o CIM representa inovação a todos os níveis, os critérios de análise "clássicos" não são por vezes os mais apropriados para a condução deste estudo, devido a não contemplarem de uma forma correcta todos os factores envolvidos.

## **2.1 A estrutura do CIM**

Como referimos atrás, as arquitecturas de sistemas de controlo modernos são baseadas no conceito de Sistema de Controlo Hierárquico Distribuído. Nestas, as acções de controlo são efectuadas pela junção de máquinas com poder de decisão, geograficamente distribuídas, perfeitamente autónomas e auto-contidas, que, pela junção de esforços, trabalham para a implementação da tarefa de controlo global [2].

## **2.2 Estrutura Hierárquica**

O conjunto total das funções a serem implementadas por um sistema de controlo distribuído têm diferentes exigências ao nível da rapidez de actuação e da importância estratégica dessa mesma actuação. Assim, as acções a implementar surgem agrupadas em vários **níveis hierárquicos**, havendo características funcionais e temporais bem específicas a cada nível. A

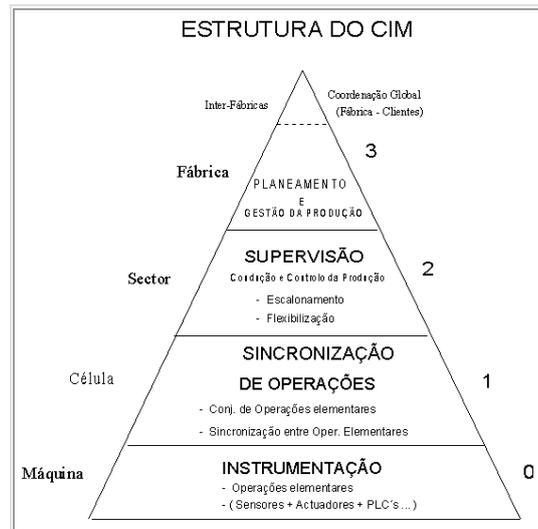


Fig. 1 apresenta o modelo desta arquitectura.

€ Ao nível mais baixo da hierarquia, também designado por Nível de Instrumentação, são efectuadas as operações elementares de reacções aos estímulos do processo, também designadas por acções de controlo em **tempo real**. Neste nível o funcionamento é periódico, com constantes de tempo fixas e da ordem dos 0.1 ms a 20 ms. As mensagens são curtas (geralmente 1 bit) e em número muito elevado. Para efectuar a comunicação entre os vários componentes, utilizam-se neste nível as redes determinísticas designadas por "**fieldbuses**" tais como o FIP, Profibus, Bitbus, etc...

☐ O nível imediatamente superior, nível da Célula, é constituído por um conjunto de máquinas destinadas a efectuarem o sincronismo entre as operações elementares do nível inferior. Estas efectuam ainda a sua supervisão, no respeitante à detecção de anomalias e à sua recuperação, enviando mensagens sobre o estado do funcionamento ao nível imediatamente superior.

As funções de controlo a implementar, a este nível, são designadas por funções de **tempo crítico**, envolvendo constantes de tempo da ordem de 20 ms a 100 ms. São não periódicas e os dados que fluem de e para este nível são constituídos por mensagens com tamanho típico de alguns bytes.

A comunicação entre máquinas deste nível é efectuada utilizando redes não determinísticas como o Mini-MAP, Ethernet e outras.

, Ao Nível do Sector, também designado por Nível de Supervisão, são efectuadas as operações de condução e controlo do processo por sectores, sincronização e escalonamento de operações e flexibilização da produção em face das ordens vindas do nível superior e de restrições e informação vindas do nível inferior.

As funções de controlo a implementar, a este nível, são designadas por funções de **tempo limitado**, envolvendo constantes de tempo da ordem de 100 ms a alguns segundos. São não periódicas e os dados que fluem de e para este nível são constituídos por mensagens com alguns Kbytes (carregamento de programas de produção nas máquinas do nível inferior) e mensagens curtas com valores de variáveis críticas. As redes de comunicação utilizadas a este nível são o MAP, TOP, Ethernet e outras.

É também função deste nível supervisionar continuamente os índices de qualidade da produção, efectuar análises de tendências na variação de todos os parâmetros críticos e enviar ordens de correcção ao nível inferior, no sentido da condução do processo com o menor desvio possível dos parâmetros ideais.

f No topo da hierarquia, também designado por Nível Fábrica, encontra-se o Supervisor global que interactua com os operadores humanos, com o exterior e com o nível imediatamente inferior. Aqui estão integradas e são tomadas todas as acções de controlo estratégico e é efectuada a supervisão global do sistema.

As acções de controlo a este nível são designadas por não críticas ou **independentes do tempo** envolvendo constantes de tempo desde segundos até alguns minutos, como sejam por exemplo informar o operador de determinado tipo de ocorrência, ou a geração de relatórios de produção. As mensagens que fluem para este nível são extensas (da ordem dos Mbytes) e possuem toda a informação do que se passa ao nível do processo de uma forma sucinta.

As redes de comunicação utilizadas a este nível são não determinísticas tais como : redes MAP, TOP e Ethernet.

É ainda neste nível que coexistem todas as funções de Planeamento e Gestão da Produção, incluindo as áreas satélite atrás referidas.

É também a partir deste nível que é efectuada a comunicação bi-direccional com o exterior, utilizando as Redes Públicas de transmissão de dados (tipo Telepac), com protocolos como o X.25 ou mais recentemente com a Internet.

### 3. Areas críticas na implementação do CIM

Para a análise das áreas críticas de implementação do CIM, iremos considerar estas agrupadas em três categorias distintas [3], que são :

- aspectos relacionados com o envolvimento da gestão topo.
- problemas técnicos e de integração.
- recursos humanos de suporte.

#### 3.1 Envolvimento da gestão topo

Alguns insucessos na implementação do CIM têm sido atribuídos ao inadequado planeamento e ao insuficiente envolvimento por parte dos elementos do topo da gestão. É necessário que esses gestores tenham um conhecimento profundo sobre a filosofia CIM e sobretudo conheçam as grandes modificações, a todos os níveis, que esta implica. Só deste modo poderá motivar-se todo o restante pessoal envolvido e dar-se a assimilação da nova "cultura industrial".

Hegland [4] aponta como principais causas do insucesso da implementação do CIM as seguintes :

- A causa mais importante reside no facto de o investimento numa implementação ter uma amortização lenta; os administradores são geralmente relutantes em investir em projectos com esta característica.
- A natureza integradora do CIM requer que todas as pessoas envolvidas **cooperem** estrategicamente em vez de cada um focar a atenção só na sua área de responsabilidade, o que representa uma modificação à estrutura sectorial geralmente instituída.

O CIM envolve uma total comunicação entre todos os elementos intervenientes e uma integração completa num processo em que o **elemento principal é a informação**. Verifica-se uma grande necessidade de que todas as pessoas envolvidas conheçam em profundidade os objectivos globais e as perspectivas da implementação a efectuar.

Porque o CIM produz benefícios indirectos que não são usualmente contabilizados pelos métodos tradicionais e porque representa a implementação de novas tecnologias numa perspectiva completamente integrada, ele é uma inovação que deverá ser medida por um método de valor acrescentado a médio-longo prazo. Os gestores devem decidir se o custo da sua implementação é justificado em termos de benefícios em qualidade do produto, tempo de resposta, eficiência do equipamento, flexibilidade, controlo da produção, desempenho do despacho, etc...

Dicasali [5] sugere que os gestores devam ter muita atenção aos seguintes factores :

- 1- Formar as pessoas para a mudança;
- 2- Definir claramente os problemas e expectativas que a implementação do CIM provoca;
- 3- Designar um chefe de projecto que seja um especialista comprovado em CIM;
- 4- Formar uma equipa CIM que seja representativa de todas as áreas;
- 5- Realizar uma análise detalhada e geral do ambiente por forma a que a atenção da gestão possa ser efectuada da maneira mais adequada;
- 6- Identificar a tecnologia requerida;
- 7- Formalizar políticas de operação;
- 8- Estabelecer laços de trabalho com fornecedores;
- 9- Utilizar uma metodologia de implementação que seja comprovadamente eficaz;
- 10- Acompanhar o progresso da implementação.

### **3.2 Problemas Técnicos e de Integração**

Os problemas de carácter técnico são numerosos numa tecnologia tão complexa como o CIM.

Numa unidade de média ou grande dimensão as funções fabris globais são, como vimos, repartidas por um elevado número de ilhas de automação (sectores e máquinas individuais) que são controladas frequentemente por sistemas computacionais autónomos e incompatíveis [6].

Se desejarmos que o conceito CIM seja uma realidade, todos os componentes (ilhas de automação) necessitam estar integrados a todos os níveis organizacionais.

No início da automatização de sub-tarefas fabris, os vários fabricantes de sub-sistemas tais como :

- o CAD/CAE para o projecto e engenharia,
- o CAM para o fabrico,
- o MRP e JIT para o planeamento e controlo da produção,
- os Packages de contabilidade para gestão e controlo de custos,
- etc ...,

concebiam e implementavam os seus produtos numa perspectiva isolada [7]. Havia a necessidade de solucionar ou automatizar uma dada operação, e era apenas encarada essa operação. Muitos dos sistemas e "packages" hoje existentes em funcionamento é isso que fazem ainda. A integração de produtos que não foram desenvolvidos de base com vista a serem integrados apresenta grandes problemas à partilha de informação. Para serem devidamente integrados, todos os sistemas necessitam de permitir a utilização de suportes de informação (bases de dados) comuns.

Na maioria das implementações actuais, verifica-se ainda a necessidade de recorrer a vários fornecedores de equipamento fabril para um dado sector específico. Alguns destes fornecedores permitem várias opções no respeitante ao sistema de controlo para os seus equipamentos, facilitando deste modo a escolha para a opção mais fácil de integrar na arquitectura global.

Mas como estas opções não cobrem todos os casos, isto obriga com grande frequência à necessidade de interligar máquinas completamente diferentes e incompatíveis (com diferentes sistemas operativos, diferentes protocolos de comunicação e outras oposições à integração).

Estes obstáculos são críticos quando é fundamental que a comunicação entre os componentes seja efectuada de uma forma rápida e fiável.

### **Redes e Protocolos de Comunicação :**

O factor acima referido tem um peso tão grande na implementação de alguns sistemas com tecnologia CIM que por exemplo a empresa americana, General Motors (GM) dispndia na década de 70 cerca de 30 a 50% dos custos totais de automatização na construção de interfaces de comunicação entre sistemas incompatíveis dos diversos fornecedores de sub-sistemas [3].

Com vista a ultrapassar este problema, a GM desenvolveu protocolos específicos desenhados para as suas necessidades, criando e implementando o MAP ("Manufacturing Automation Protocol"). Pelas mesmas razões, e com o mesmo objectivo, a empresa Americana construtora de aviões, Boeing, desenvolveu o TOP ("Technical and Office Protocol"), a indústria alemã o ProfiBUS, os Franceses e Italianos o FIP ("Factory Information Protocol") e o Factor, a INTEL o Bitbus, etc... existindo actualmente um grande número de construtores e marcas comerciais a utilizar os produtos e protocolos acima referidos.

Mas, apesar de todos estes esforços no sentido de encontrar em melhores soluções para o problema, nenhum dos sistemas referidos se tornou um standard universalmente aceite. Parte deste problema deve-se a razões económicas, uma outra parte deve-se ao facto de nenhum dos sistemas ser suficientemente genérico e adequado para a generalidade das situações a solucionar, e a outra parte deve-se ainda à grande difusão de alguns sistemas que não permitem ser integrados (incompatíveis) com alguns dos protocolos.

No sentido de tentar solucionar este problema encontra-se há vários anos em desenvolvimento uma nova proposta [8, 9 e 10] ("Draft Proposal") designada por ISA SP50 (nos E.U.A.) e IEC SC65C (na Europa), que tem a colaboração, entre outros, dos proprietários do sistema FIP, do sistema ProfiBUS e da empresa Americana INTEL.

O grande objectivo deste grupo de entidades e pessoas é o de reunir as melhores características dos sistemas actualmente existentes e produzir um novo protocolo "standard" a ser produzido e comercializado pela INTEL, completamente integrado num ASIC ("Application Specific Integrated Circuit"), permitindo deste modo grande integração, elevada rapidez, fiabilidade, grande eficiência e baixo custo; condições estas necessárias ao seu sucesso e adesão de utilizadores em massa.

Perante esta descrição e cenário, podemos adiantar que : - enquanto não for aceite um standard universal entre todos os fabricantes e não for definida uma "linguagem de comunicação" standard entre

componentes CIM, os problemas de comunicação entre equipamentos, em sistemas com tecnologia muito diversificada, em maior ou menor escala continuarão a existir. Este aspecto constitui o factor mais incómodo desta tecnologia na actualidade.

O que deve ser feito neste contexto antes de qualquer aquisição :

- 1 - Se for possível devem integra-se num projecto apenas componentes de um fornecedor, utilizando o menor número possível de diferentes sistemas de comunicação e arquitecturas.
- 2 - Quando não for possível o referido em 1., devem procurar-se soluções com interfaces de comunicação já implementados e testados para a situação que desejamos solucionar.
- 3 - Quando não for possível nenhum dos casos anteriores, deve ser efectuado um estudo exaustivo dos custos de integração de uma determinada ilha no projecto e dos recursos necessários para concretiza-la.

### **3.3 Recursos Humanos de Suporte**

Quando ocorrem investimentos em automatização e modernização nas empresas, há uma grande tendência para sobrevalorizar os aspectos técnicos da automatização em detrimento dos aspectos humanos e organizacionais.

No sentido de explorar todo o potencial oferecido pelo CIM, todos os elementos intervenientes no sistema necessitam de ser inseridos e integrados o mais cedo possível com os aspectos tecnológicos da implementação, num processo que podemos designar de técnico-social.

Embora este aspecto pareça óbvio, muitas empresas, apesar das opiniões que emitem, não o reconhecem como um factor crucial, e duas situações bastante distintas se observam :

- 1ª - Quando a automatização é efectuada de raiz, numa nova unidade, com operários recrutados para esse fim vindos de outros sectores ou sem experiência industrial, sem grande preparação prévia e sem vícios; é reconhecido que a formação e treino são absolutamente necessários, e são praticados; afectando para isso fundos próprios.

2ª - Quando a automatização (modernização) é efectuada sobre uma linha ou fábrica já existente, este aspecto é mais descurado. Nestes casos a decisão de automatizar é tipicamente daquelas onde as empresas envolvem pouco os seus trabalhadores.

O excesso de confiança nos aspectos tecnológicos pode representar o maior obstáculo à eficiente implementação. Existem divulgados na literatura bastantes exemplos de fracasso de projectos, por ser menosprezada a importância dos recursos humanos neles envolvidos [3 , 11]. Uma vez que estes sistemas são geralmente muito complexos , eles não funcionam sem profissionais muito bem preparados (com formação e educação empresarial adequada) e sobretudo motivados.

Este último aspecto, da motivação, é um factor de extrema importância a ser tido em conta pelo Gestor de Recursos Humanos da empresa. É um dado conhecido [12] que, quanto maior for o grau de automação de uma empresa e quanto mais novas tecnologias esta integrar, maior é a necessidade de os seus profissionais sentirem de uma forma directa o efeito do seu esforço na organização, concretizado sob a forma de resultados positivos. Este procedimento gera maior motivação, esta por sua vez gera maior empenho, este tráz melhores resultados etc... implementando um ciclo saudável e positivo. Para mais detalhes consultar [Ref. 1, 3, 12 e 13].

As pessoas que até então trabalhavam em ilhas e departamentos isolados necessitam de estar preparadas para trabalhar num novo e completamente interdependente ambiente. A palavra de ordem em vez de competição passa a ser cooperação.

Implementar o CIM significa ainda que as regras internas, o conteúdo das tarefas, as relações e o ambiente de trabalho serão modificados. Assim, o CIM representa uma grande modificação social e cultural no seio da empresa que necessita de ser muito bem planeada e preparada, ou o desastre pode ocorrer e os benefícios esperados nunca serão atingidos.

Um implementador de grande sucesso de sistemas CIM , o Presidente da Allen Bradley [3] aponta como principal causa de insucesso na implementação de sistemas CIM, a seguinte :

**" o subestimar do treino e formação dos quadros necessários".**

Uma formação cuidada aos operários induz os seguintes benefícios directos :

- permite aumentar a capacidade produtiva e a flexibilidade,

- permite elevar e manter a motivação dos trabalhadores em níveis elevados,
- permite implementar círculos de controlo de qualidade, captando as ideias e inovações sugeridas pelos operários,
- permite implementar técnicas estatísticas sobre o controlo do processo por cada trabalhador, de forma a avaliar o seu envolvimento com a produção e qualidade.

#### **4. Conclusões**

Esta comunicação proporciona uma visão global sobre os principais problemas emergentes da implementação de sistemas com tecnologia CIM.

Pelo conhecimento pessoal de alguns exemplos nacionais posso adiantar que o adiamento excessivo do arranque dos projectos e dos benefícios esperados se devem em partes idênticas ao excesso de confiança depositado na tecnologia de automatização, em detrimento dos aspectos humanos e aos aspectos técnicos de integração provocados por uma escolha pouco criteriosa, especificada e bem fundamentada das soluções adquiridas.

A responsabilidade por qualquer dos factores atrás referidos cabe em última instância à Gestão Topo, que deve possuir uma visão global do problema , muito prática e realista sobre todos esses factores.

Nos domínios em análise, o nosso país possui um défice bastante acentuado de quadros verdadeiramente válidos nas áreas da automatização e conhecimento dos processos. Recorre-se obrigatoriamente a especialistas internacionais, que por vezes também não o são verdadeiramente no nosso contexto, pois desconhecem certas especificidades características da nossa realidade cultural e empresarial.

#### **5. Referências**

- [1] Peggie W. Black, "CIM Capitalizes on distributed Controls", Intech, February (1992), 17-19.
- [2] Robert C. Waterbury, "Whithbread Brews CIM Solution", Intech, January (1992), 31-32.
- [3] Charles A. Snyder and James F. Cox, "Developing Computer Integrated Manufacturing : Major issues and problem areas", Engineering Costs and Production Economics, 17 (1992), 197-204.
- [4] Hegland, D.E. , "CIM - The foundation of factory automation", Prod. Eng., 32(5), (1985), 36-42.

- [5] Dicasali, R., "CIM implementation - a top level priority", *Computerworld Focus*, 19(24A), (1985), 12-17.
- [6] Alan J. Laduzinsky, "Integration Focus : Cell Control", *Control Engineering*, January 1990.
- [7] Geoff Buxey, "Computer Assisted Design/Computer Aided Manufacturing and the competitive edge", *Scholl of Management, Deakin University, Victoria, Australia* (1990).
- [8] Jonh Rupp, "Bitbus : A good choice for the factory floor", *I&CS*, June, 1991.
- [9] Harry Furness, "Plugging into SP50's Fieldbus", *Control Engineering*, Mid-March 1992.
- [10] Tony Bowker, "SP50 fielbus standard : Patience will pay off", *I&CS*, March 1991.
- [11] JD Radford & DB Richardson, "The management of manufacturing systems", *M*, 1983, 87-100.
- [12] J. Daniel Couger, "Motivating IS Personel", *Datamation*, September 15, 1988, 59-64.
- [13] Timo Saarien; "System development methodology and project sucess", *North-Holland Information & Management* 18 (1990), 41-46.