

UMA PROPOSTA EVOLUTIVA PARA
REDES LOCAIS EM AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA

Daniel Brandão Cavalcanti
Departamento de Ciência da Computação
Universidade de Brasília
Caixa Postal 15-3090
70910 Brasília DF

RESUMO

Um dos desafios atuais na indústria é o de conciliar o investimento imediato em redes locais para automação da manufatura com o atendimento aos padrões que estão sendo estabelecidos internacionalmente nesta área (FIELD BUS, MAP, etc.). Pelo fato das especificações não estarem completamente definidas ou implementadas em todos os níveis do modelo de referência OSI/ISO, propõe-se um modelo evolutivo que acompanha os avanços tecnológicos e a estabilização dos padrões. Este modelo, dividido em 3 etapas, parte de uma solução híbrida e incorpora gradativamente os padrões definidos. Uma aplicação prática de grande porte na indústria ilustra a implementação do modelo proposto.

ABSTRACT

One of the challenges presently facing industry is to manage the immediate investment in local area networks for manufacturing automation and conforming to the standards that are being internationally established in this field (FIELD BUS, MAP, etc.). Since the specifications are not completely defined or implemented in all levels of the ISO/OSI reference model, an evolutionary model is proposed in order to accompany technological developments and the stabilization of standards. The model is divided in 3 stages, beginning with a hybrid solution and gradually incorporating the established standards. A large scale practical application in industry illustrates the implementation of the proposed model.

1 Introdução

A crescente demanda por produtividade, paralelamente à disseminação de computadores e equipamentos microprocessados, tem impulsionado a implantação de redes locais na indústria. Inicialmente, é preciso distinguir a automação industrial em dois segmentos: o controle de processos (contínuos), e a automação da manufatura (discreta).

Na indústria de processos (p. ex., petroquímica) a automação digital veio substituir uma geração mais antiga de automação pneumática ou elétrica. Nestes casos, sistemas integrados do tipo SDCD (Sistemas Digitais de Controle Distribuído) tem se difundido.

Na indústria de manufatura o panorama é bastante diferente. Na maior parte das indústrias a automação digital corresponde à primeira etapa de substituição ou integração com o trabalho humano. Tipicamente, instalam-se no chão-de-fábrica máquinas de comando numérico computadorizado (CNC), controladores lógicos programáveis (CLP), e equipamentos automáticos de medição/teste/controle de qualidade. Nas áreas de engenharia e projeto, por sua vez, muitas indústrias já possuem sistemas CAD. Os desafios atuais na implantação de redes consistem em interligar as diversas áreas, criando o suporte para funções integradas do tipo CAD/CAM/DNC/CAQ (respectivamente, automação no projeto; na manufatura; comando numérico distribuído; e automação no controle de qualidade).

Entretanto, uma grande distância ainda separa o paradigma de integração da manufatura (CIM) da realidade prática de interligar equipamentos de fabricantes diversos e com recursos dissimilares de "hardware" e "software". Outro aspecto a considerar é o da relativa demora no estabelecimento de padrões (p. ex., FIELDBUS), bem como os altos custos de interfaces de rede que implementam os padrões escolhidos (p. ex., MAP).

Este trabalho propõe um modelo evolutivo de rede local para automação da manufatura, que procura conciliar a necessidade imediata de implantação de redes nas indústrias com a preocupação em assegurar a compatibilidade com padrões e a futura integração de sistemas.

2 Padronização

Os esforços de padronização de redes locais tem se defrontado com dois problemas de natureza distinta. De um lado, a existência de propostas concorrentes, com motivações de natureza técnica e econômica. De outro, a rápida evolução tecnológica, dificultando a definição dos padrões a serem adotados.

Tomando-se por base o modelo de referência OSI/ISO, observa-se nas diversas propostas de padrões de redes locais para o ambiente industrial uma certa convergência na especificação de protocolos nos níveis intermediários. Em contraste, nos níveis extremos existe grande variabilidade [1]. A figura 2.1 ilustra esta situação.

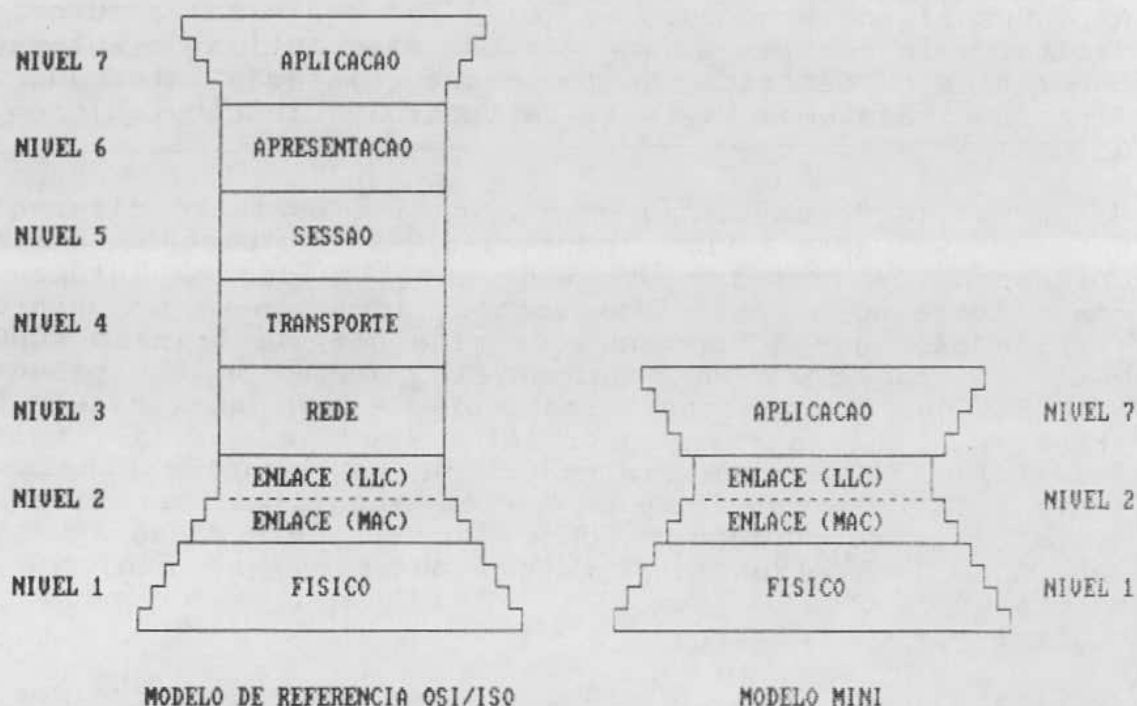


Figura 2.1 - Padronização OSI/ISO

O impacto dos novos desenvolvimentos em meios físicos de transmissão (Nível Físico), com reflexos sobre o controle de acesso ao meio (MAC - Nível de Enlace), tem mantido em aberto os padrões no que se refere a estes níveis. As várias opções de codificação, modulação, e taxa de transmissão, tem aumentado com a disponibilidade de componentes que as implementem em VLSI.

Também os protocolos de aplicação tem proliferado com extrema rapidez, tornando-se altamente especializados. Protocolos de transferência de arquivos, de transferência de mensagens, e outros, disputam a padronização no Nível de Aplicação.

3 Modelo Evolutivo

3.1 Definição

O modelo evolutivo aqui proposto tem como ponto de partida uma situação em que a maior parte dos equipamentos computadorizados existentes na indústria nacional possui conectividade restrita a uma interface serial EIA RS-232C.

Tendo em vista as restrições de custo impostas à implementação dos nós de acesso à rede, e uma necessária adequação às condições ambientes no chão-de-fábrica, optou-se por um "hardware" que fosse o mais simples possível.

Prevaleceu a convicção de que o maior investimento, e portanto o que precisa ser preservado, é em "software" de protocolos de aplicação. Os requisitos de desempenho de "hardware" foram condicionados a sua capacidade de suportar o "software"

Outro ponto considerado foi o da necessidade de se atender a curto prazo a algumas ilhas de automação, porém sem perder de vista o objetivo de integrá-las num futuro próximo. Desta forma, tornou-se natural a escolha por uma filosofia "de baixo para cima", implantando-se redes mais simples a serem integradas posteriormente com redes de nível hierárquico superior.

O ponto chave deste modelo é o de estabelecer uma estratégia de migração que compatibilize a adoção de protocolos de aplicação padronizados com redes que evoluam à medida que se sofisticem os equipamentos no chão-de-fábrica. A figura 3.1 ilustra a proposta deste modelo.

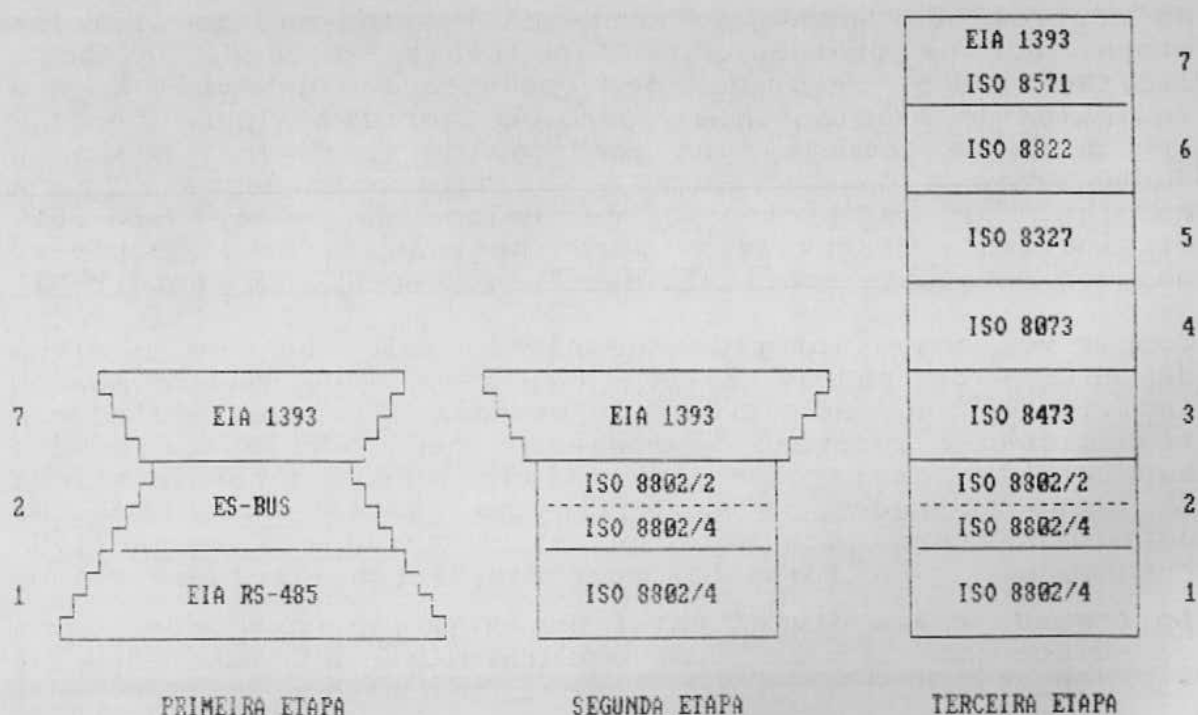


Figura 3.1 - As 3 Etapas do Modelo Evolutivo

3.2 Nível Físico

No nível físico, optou-se numa primeira etapa pela adoção da interface EIA RS-485, com previsão de substituição nas etapas posteriores pela interface ISO 8802/4 - TOKEN BUS. Diversas vantagens de curto prazo assim recomendam.

A norma RS-485 permite até 28 estações numa rede constituída de um par trançado de fios (p.ex., cabos telefônicos já instalados em indústrias), com transmissão em banda-base utilizando sinais diferenciais de alto grau de imunidade a ruído. Estes sinais podem ser derivados dos sinais de uma interface RS-232C. Acopladores óticos podem ser incorporados para assegurar melhor isolamento em cada estação. Taxas de transmissão na faixa de 10 a 100 Kbps podem ser adotadas com segurança.

Em contraste, o padrão ISO 8802/4 exige cabos coaxiais específicos e interfaces com modulação FSK em banda portadora ("carrier-band"). Entretanto, não se pode perder de vista a tendência deste se tornar o padrão em redes locais industriais (MAP). Dentre as opções hoje disponíveis na ISO 8802/4 a migração natural aponta para "single-channel phase-continuous FSK" com taxa de transmissão de 1 Mbps, ou "single-channel phase-coherent FSK" com taxa de 5 Mbps [2].

3.3 Nível de Enlace

No controle de acesso ao meio (MAC) optou-se, na primeira etapa, por um protocolo do tipo mestre-escravo, devido à limitação dos recursos de comunicação de muitos dos equipamentos existentes no chão-de-fábrica (alguns capazes apenas de se comunicar na condição de escravos). Assim, a curto prazo a única solução é um protocolo deste tipo. A escolha foi do protocolo de enlace do padrão ES-BUS, originalmente desenvolvido para controle na área de vídeo, mas com excelente confiabilidade e desempenho em tempo-real.

Compatível com a interface de nível físico RS-485, o nível de enlace do padrão ES-BUS [3] permite o endereçamento individual ou em grupo ("broadcast") das estações, transmissão e recepção de mensagens de controle e de dados subdivididas em pacotes, garantindo tempos determinísticos de acesso à rede. Na especificação deste protocolo estão definidos, para cada estação, cinco estados e respectivas transições, o que torna bastante simples sua implementação.

Na segunda etapa deverá haver uma migração para o protocolo de enlace especificado para o padrão TOKEN BUS (LLC 8802/2 e MAC 8802/4), consistente com a evolução no nível físico [4].

3.4 Nível de Aplicação

Seguindo a tendência do MINI-MAP, optou-se na primeira etapa pela implementação dos protocolos de nível de aplicação diretamente sobre o nível de enlace. A necessidade imediata era de fornecer serviços de comunicação em rede entre mini/microcomputadores e uma grande variedade de CNC e CLP. Tendo em vista o grau de detalhamento já atingido na norma EIA 1393/RS-511, optou-se por este protocolo. Desta forma, desde a primeira etapa atende-se aos requisitos de padronização ISO e MAP. Este protocolo de transferência de mensagens no ambiente da manufatura (MMS) especifica

sintaxe, comandos, estruturas de dados, e demais recursos necessários à padronização na comunicação com CNC, CLP, robôs, e outros equipamentos [5,6].

É neste ponto que o modelo evolutivo mostra como os investimentos em "software" podem ser preservados desde o início, enquanto mudanças significativas ocorrem nos níveis inferiores. O exemplo abaixo ilustra a transferência de um programa CNC a partir de um computador que atua como estação servidora de arquivos num ambiente DNC, seguindo o padrão EIA 1393/ES-511 (MMS):

CNC pede programa à estação servidora DNC:

```
<TN:01> <CRQ><XMT><CH:nome_do_programa><CSD>
```

Servidora DNC responde enviando primeiro bloco do programa:

```
<TN:01> <DRS><XMT><CH:nome_do_programa><CSD>  
      <DS:tamanho_do_bloco>%início_do_programa
```

CNC pede próximo bloco:

```
<TN:02> <CRQ><XMT>
```

Servidora DNC envia segundo bloco do programa:

```
<TN:02> <DRS><DS:tamanho_do_bloco>continuação_do_programa
```

.
.
.

CNC pede próximo bloco:

```
<TN:nn> <CRQ><XMT>
```

Finalmente, a estação servidora DNC envia o último bloco:

```
<TN:nn> <FRS><DS:tamanho_do_bloco>final_do_programa
```

Observa-se neste pequeno programa como o protocolo de aplicação é adaptável a um protocolo de nível de enlace do tipo mestre-escravo (como o ES-BUS). A evolução para o padrão TOKEN BUS é assegurada pela correta implementação da interface entre os protocolos de nível de enlace e de aplicação.

3.5 Níveis Intermediários

O modelo evolutivo aqui descrito estipula três etapas. Na verdade, já na segunda etapa atinge-se uma padronização de rede consistente com o MINI-MAP e aderente ao modelo OSI/ISO. A evolução para a terceira etapa se dá de duas formas.

Primeiro, pela incorporação de protocolos de aplicação específicos para transferência de arquivos (FTAM), e de serviços de diretório (ISO 9594).

A segunda forma de evolução se dá pela incorporação de níveis intermediários (Nível de Rede ao Nível de Apresentação). Assim, conforme ilustrado na figura 3.1, tem-se integralmente o padrão MAP.

Cabe ressaltar que, dependendo da aplicação a que se destina ou da posição que tal rede ocupa numa hierarquia, poderá ser adotado o MINI-MAP ou MAP completo.

4 Implementação

O modelo evolutivo proposto neste trabalho está sendo adotado por um fabricante nacional de sistemas de automação, num projeto inicial de fornecimento de redes de chão-de-fábrica para um dos maiores fabricantes nacionais de autopeças [7].

Este projeto consiste em integrar uma rede local de estações CAD (já existente no cliente) com um vasto parque de máquinas-ferramenta CNC (de 15 fabricantes diferentes) subdividido em células de trabalho. O objetivo é criar um ambiente CAD/CAM/DNC capaz de se integrar, no futuro, com outras redes a serem adquiridas pelo cliente, e que conduza a uma solução padronizada.

Numa primeira fase deste projeto, a rede ETHERNET de estações CAD será a rede principal ("backbone"), com as redes DNC num nível hierárquico inferior, levando a comunicação ao chão-de-fábrica. A implementação destas redes DNC corresponde à primeira etapa do modelo evolutivo. A figura 4.1 ilustra esta fase.

Numa fase posterior, deverá ser implementado um outro "backbone" (possivelmente MAP), ao qual se conectarão as redes CAD, DNC, CAQ, e os sistemas corporativos, conforme ilustrado na figura 4.2. A esta altura as redes DNC e CAQ corresponderão à segunda ou terceira etapa do modelo evolutivo.

5 Conclusões

O modelo evolutivo propõe uma solução para a implementação imediata de redes locais no chão-de-fábrica. Ante a falta de uma completa definição nos padrões a serem adotados (FIELDBUS, MAP, etc.), define-se uma estratégia de migração para atingí-los.

Na primeira etapa o modelo especifica padrões completamente definidos, que possuem a necessária confiabilidade para

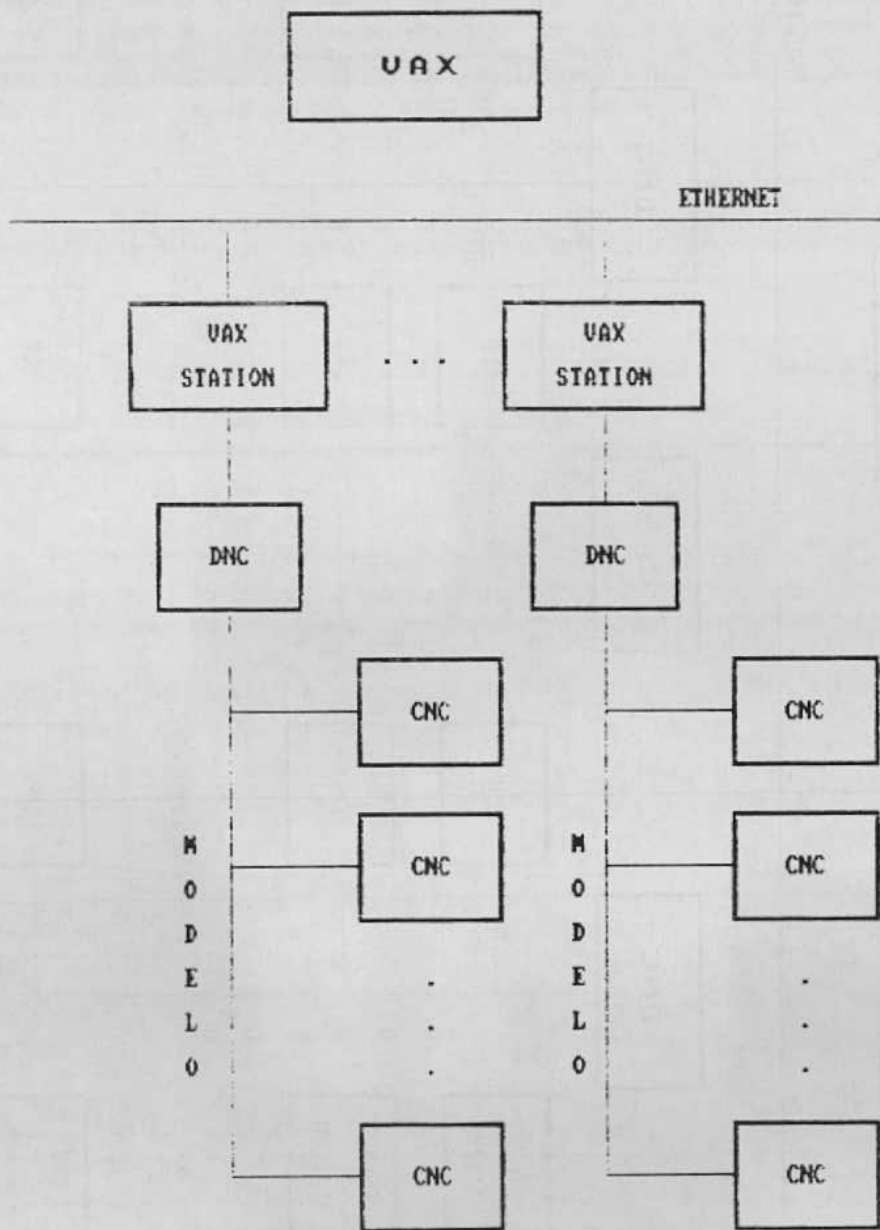


Figura 4.1 - Integração CAD/CAM/DNC

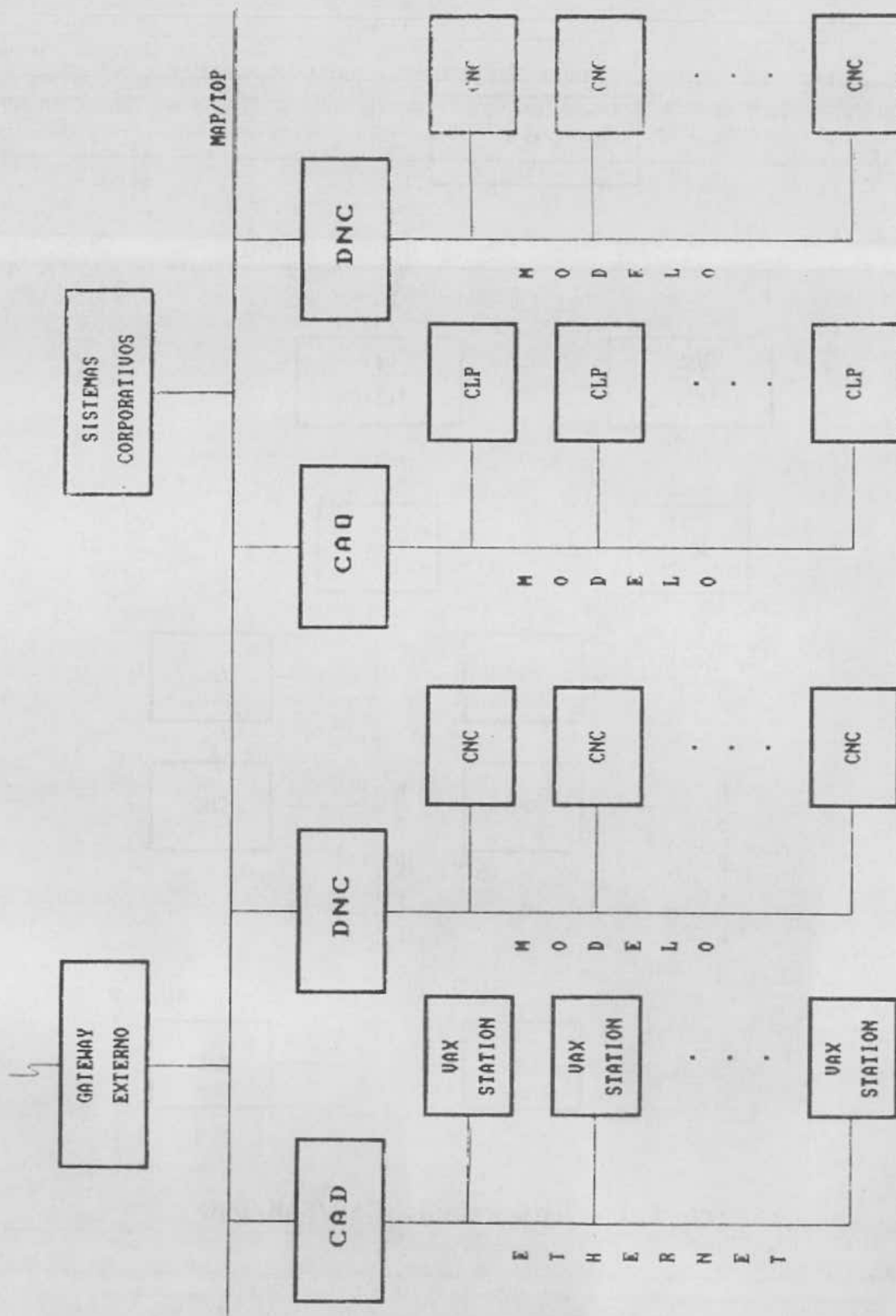


Figura 4.2 - Integração da Manufatura

aplicações em automação da manufatura e são aderentes ao modelo de referência OSI/ISO, embora não necessariamente incluídos nas propostas FIELDBUS ou MAP. Na segunda etapa, o modelo migra para uma implementação MINI-MAP, e na terceira etapa chega ao MAP completo. Ao longo destas etapas procura-se preservar os investimentos em "software", principalmente nos níveis superiores.

A análise dos investimentos em redes locais nas indústrias não pode ser dissociada de aspectos econômicos, embora deva ser capaz de antecipar a futura integração de sistemas. Diante dos vultosos investimentos que estão sendo feitos, e que tendem a se tornar maiores, a definição de uma estratégia de migração pode proporcionar grandes economias.

Com este objetivo o modelo evolutivo garante uma interface padronizada para a aplicação, mantendo o caminho aberto para o processo de padronização nas redes locais industriais.

6 Referências

- [1] COURTIAT, J.P., "O Projeto MAP/TOP e a Padronização de Redes Locais Industriais", Anais do Seminário de Automação Industrial, Florianópolis, Setembro 1988.
- [2] GALLAGHER, M., "Low Cost Networking for Islands of Automation", Control Engineering, Oct. 1985.
- [3] JARRET, P.H., "The ESBUS Remote Control System: An Introduction for Prospective Users", EBU Review, Dec. 1987.
- [4] IEEE Std. 802.4, ISO 8802/4, IEEE/Wiley, New York, 1985.
- [5] EIA, "EIA RS-511: Manufacturing Message Specification", Draft 6, 1987.
- [6] GM, "MAP Specification - Version 3.0", 1987.
- [7] CAVALCANTI, D.B., e LEPIKSON, H.A., "Coleta e Transporte de Dados e Programas no Chão-de-Fábrica", Anais do 9 Seminário de Comando Numérico e Automatização Industrial - SOBRACON, São Paulo, 1989.