

PROTOCOLOS DE APLICAÇÃO EM REDES LOCAIS DE COMPUTADORES NA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL (PROTOCOLOS MAP/TOP).

José Roberto Emiliano Leite Manuel de Jesus Mendes
CPqD - Telebrás- Campinas, S.P. FEC- UNICAMP- Campinas, S.P.

Maurício Ferreira Magalhães
CTI-Campinas, S.P.

RESUMO:

A necessidade crescente de comunicação de dados em todos os níveis das empresas nos ramos industriais de processos e da manufatura levou à adoção de conjuntos de protocolos segundo o Modelo OSI/ISO, no Projeto MAP/TOP. Hoje em dia estão sendo desenvolvidos trabalhos de padronização no nível de aplicação, que permitirão a comunicação aberta entre equipamentos industriais do tipo CNC, CNR e CLPs. Neste trabalho é feita uma análise do Projeto RS-511, esforço conjunto de diversas organizações internacionais, e dos possíveis impactos desse projeto nas aplicações industriais. Discutem-se também alguns aspectos visando a futura implementação desses protocolos.

1. INTRODUÇÃO.

A crescente utilização de técnicas computadorizadas em todos os níveis das empresas nos ramos industriais de processos e da manufatura, vem provocando alterações profundas nas estruturas de produção em resposta à rápida evolução dos mercados mundiais. Em particular, permitem às novas tecnologias, a integração operacional através da troca constante de informação entre os diversos departamentos, no que se convencionou chamar, em processo discreto de CIM ("Computer Integrated Manufacturing"), e de Controle Integrado de Produção nos sistemas contínuos.

Uma das ferramentas mais importantes para se alcançar a integração operacional é constituída pelas tecnologias digitais de comunicação de dados. Esta tecnologia tem-se traduzido nos últimos anos no uso de Redes Locais (LANs: "Local Area Networks") em que vários sistemas finais (estações) podem ser conectados num mesmo edifício através de segmentos (em geral cabo coaxial), interligados por nodos-repetidores, atingindo-se distâncias de 2 a 5 Km, com boa cobertura da superfície local. Várias LANs (por vezes neste contexto

chamadas sub-redes) poderão ser ligadas por um "backbone" (tronco), constituindo uma unidade lógica de comunicação. Na figura 1 representa-se um exemplo típico de topologia de conexão numa fábrica.

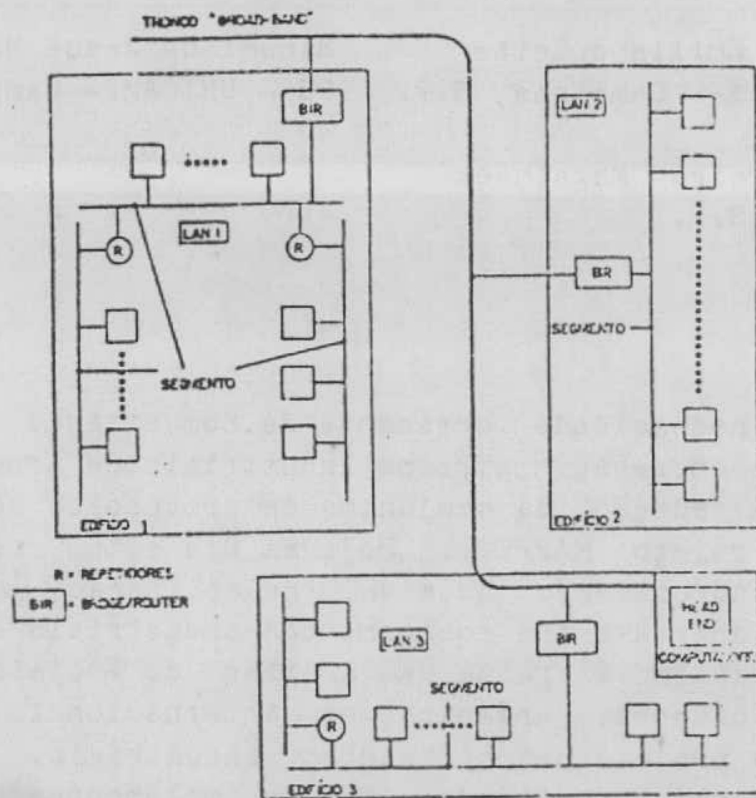


Figura 1 : Exemplo de um "lay-out" físico de várias LANs interligadas por tronco "Back-bone".

As principais razões para a crescente demanda de LANs em setores de produção são:

- especialização funcional de computadores e sistemas locais de processamento (CNCs: Comandos Numéricos, CNRs: Comandos de Robôs e CLPs: Controladores Lógicos Programáveis);
- necessidade de troca de informação entre os diversos setores de uma empresa, interligando as "ilhas computadorizadas";
- redução dos custos e necessidade operacional de uso dos recursos comuns, em particular, no armazenamento de dados (por exemplo, os CNCs, CNRs e CLPs não possuem, em geral, memória secundária do tipo disco);
- interesse operacional e financeiro de transparência da comunicação de dados num ambiente heterogêneo (equipamentos de famílias diferentes e fornecidos pelos mais diversos fabricantes) através do uso de padrões e protocolos universais;
- integração das diversas fontes e tipos de informação a serem transmitidos nos mesmos meios físicos (por exemplo: dados, voz, texto e imagem).

Nos últimos anos o Projeto MAP (Manufacturing Automation Protocol) da GM [1], iniciado em 1980, tornou-se uma opção real para a comunicação em ambiente fabril. Em particular, com a sua junção em 1985 com o Projeto TOP (Technical Office Protocol) da Boeing [2], que atende mais às características de comunicação nos departamentos administrativos e de engenharia da fábrica, existe hoje uma proposta concreta de integração de todas as atividades das empresas dos setores de manufatura, como se explica na segunda seção deste trabalho.

Entretanto, os aspectos de comunicação em tempo-real voltaram a preocupar os projetistas, uma vez que o "overhead" de comunicação pode tornar-se proibitivo para os tempos de resposta desejados. Na seção 3 deste trabalho, mostram-se estruturas recentemente formuladas que procuram atender a essas exigências (Projeto PROWAY, Nodos MINI-MAP e EPA-MAP).

Na seção 4 descrevem-se Protocolos de Aplicação para equipamentos específicos (ex: Robôs, Máquinas Ferramentas e CNCs) com ênfase especial no Projeto RS-511 (MAP-MMFS: Manufactory Message Format Specification, ou EIA 1393) [3]. Na seção 5 apresentam-se algumas conclusões, assim como, propostas de atividades a serem desenvolvidas nessa área, através do Projeto "REDE MAP-UNICAMP".

2. COMUNICAÇÃO EM UNIDADES FABRIS.

2.1. ESTRUTURA DE CONTROLE DE PROCESSOS E DE PRODUÇÃO.

2.1.1. Processos Contínuos.

Desde a implantação dos primeiros projetos de Controle de Processos (contínuos), a transmissão à distância da informação é um dos aspectos fundamentais destes sistemas. Os instrumentos e reguladores pneumáticos, inicialmente instalados no campo, passaram a enviar dados (analógicos) para centrais de controle, onde instrumentos suplementares de controle e registro, viabilizaram a supervisão centralizada da operação dos processos. Durante os anos 60, com a introdução gradativa dos computadores, iniciou-se a implementação do chamado Controle DDC (Direct Digital Control) em que inclusive as funções dos reguladores foram centralizadas num único computador, permanecendo no campo unicamente os sensores e atuadores. A descentralização voltou a ocorrer durante os anos 70, devido à tecnologia dos microprocessadores, com a concepção dos chamados SDCDs (Sistemas Digitais de Controle Distribuído), descritos mais adiante, e que não são mais do que sistemas de instrumentação digital de processo.

Visando uma integração operacional, surgiram, durante os anos 80, estruturas de Controle Multinível (Ver Fig. 2), desde o Nível Administrativo da Fábrica, passando pelo Nível de Gerenciamento de Áreas (essencialmente dedicado ao controle e planejamento de produção) e de Controle Supervisório Tempo-Real de Unidades de Produção, até se chegar ao Nível Regulatório (por exemplo, hoje realizado por SDCDs) e de Processo onde se situam os sensores e atuadores.

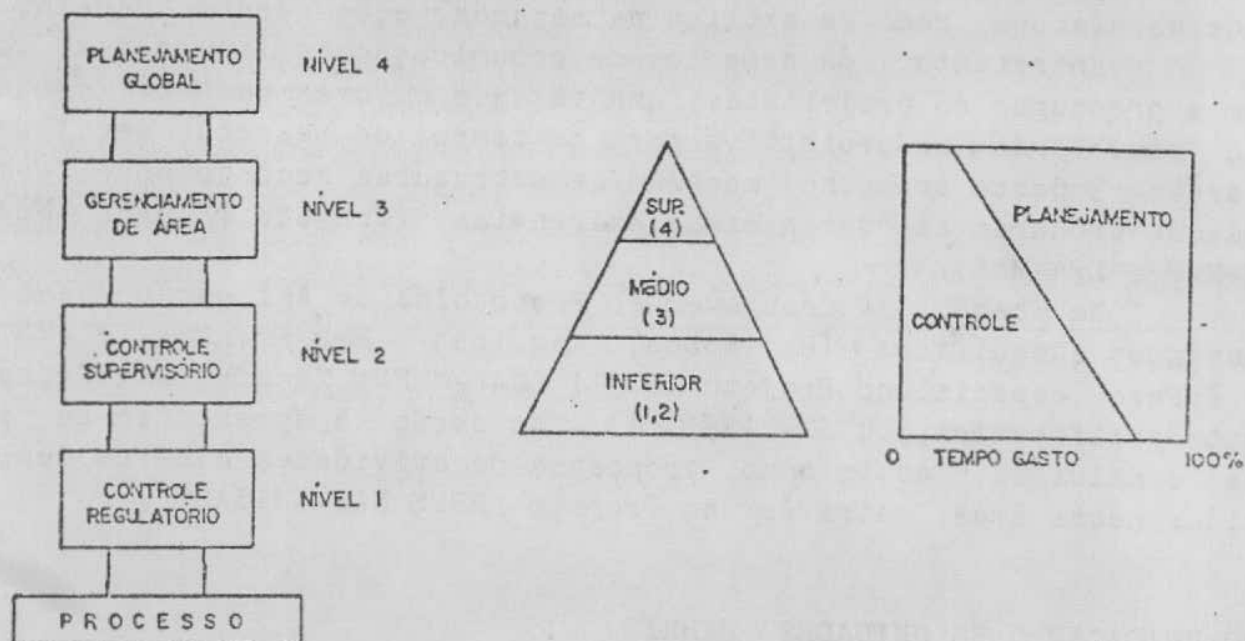


Figura 2 : Níveis de Estruturas de Controle.

2.1.2. Processos Discretos.

A evolução ocorrida na automação da manufatura teve aspectos distintos dos descritos anteriormente. Visa-se, nestes sistemas, a fabricação a baixo custo, alta produtividade e qualidade constante, de produtos, peças, componentes discretos. Conceberam-se as chamadas "Transfer-Lines" em que se agregam sucessivamente componentes e mão-de-obra em operações sucessivas de montagem. Todo o processamento de materiais é realizado por máquinas (em grande parte automatizadas) de forma a se alcançar alto volume de produção a baixo custo (alto índice de produtividade). Nos anos 50 foram implantadas técnicas sofisticadas de planejamento de produção, à base de Pesquisa Operacional, e nos anos 60, com o advento dos computadores, tais técnicas passaram a ser executadas em centros de processamento de dados (CPDs) de grandes dimensões com total centralização da informação. Contudo, o mercado já sofria alterações consideráveis, com taxas menores de crescimento e mesmo estagnação sobre capacidade de produ-

ção, e alta competitividade no mercado mundial, alta diversidade de produtos, maior qualidade de produtos, além da crescente complexidade e ciclos de vida de produtos, cada vez menores. As empresas passaram a enfrentar dificuldades para atendimento com respostas rápidas às mudanças de mercado, garantia de qualidade de produto, tempos reduzidos de projeto e produção, e fabricação a preços aceitáveis de lotes pequenos para atendimento da diversidade (flexibilidade).

Tecnologicamente ocorreram também, devido à revolução dos microprocessadores, alterações profundas. As MFs (Máquinas-Ferramenta) passaram a ser controladas por computadores, os CNCs e os CLPs oferecem soluções ideais de baixo custo para o controle de fluxo de materiais, os robôs industriais a CNR começam a dominar o manuseio de peças, os Sistemas CAD com estações que trabalham distribuídas pelos locais, grande diversidade de micros, minis e superminicomputadores para as mais diversas funções de monitoramento, supervisão, controle de produção, sistemas automáticos de testes e controle de qualidade. Nos anos 80 passaram a instalar-se sistemas hierárquicos (Ver Fig. 3), muito semelhantes funcionalmente aos apresentados na figura 2, de tal forma que se consiga, pela troca constante de informação, a integração operacional dos vários sistemas.

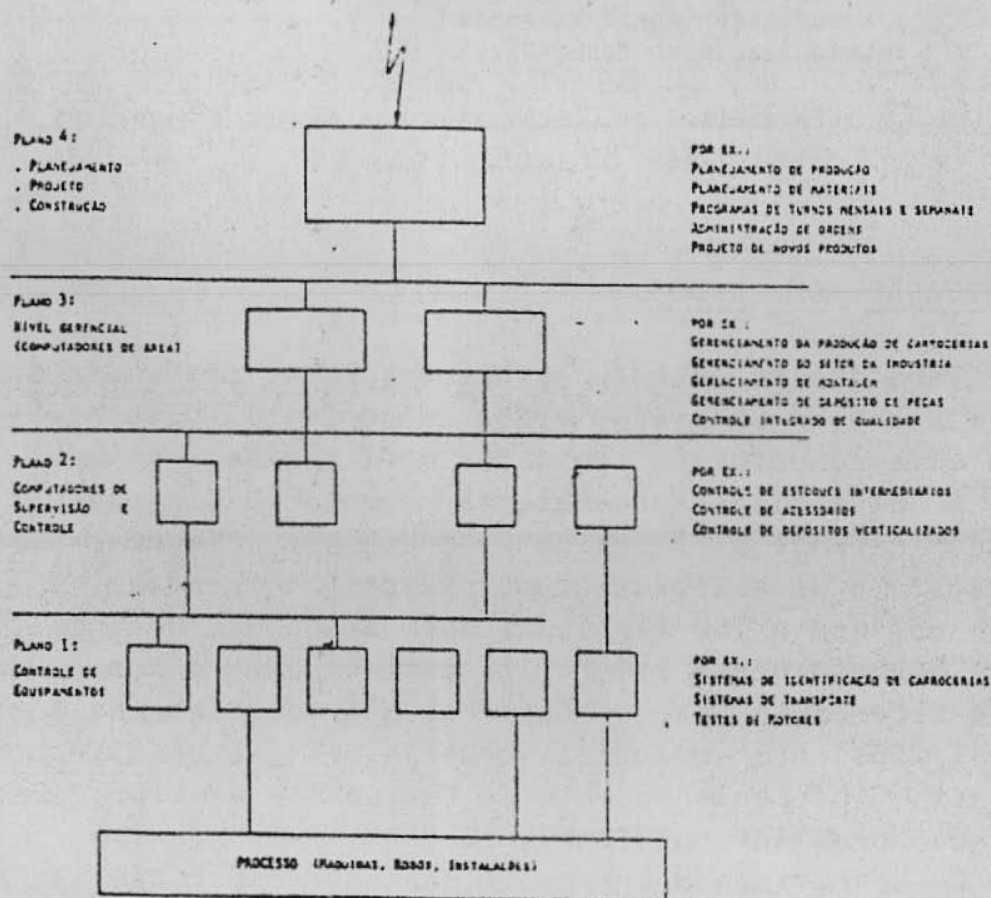
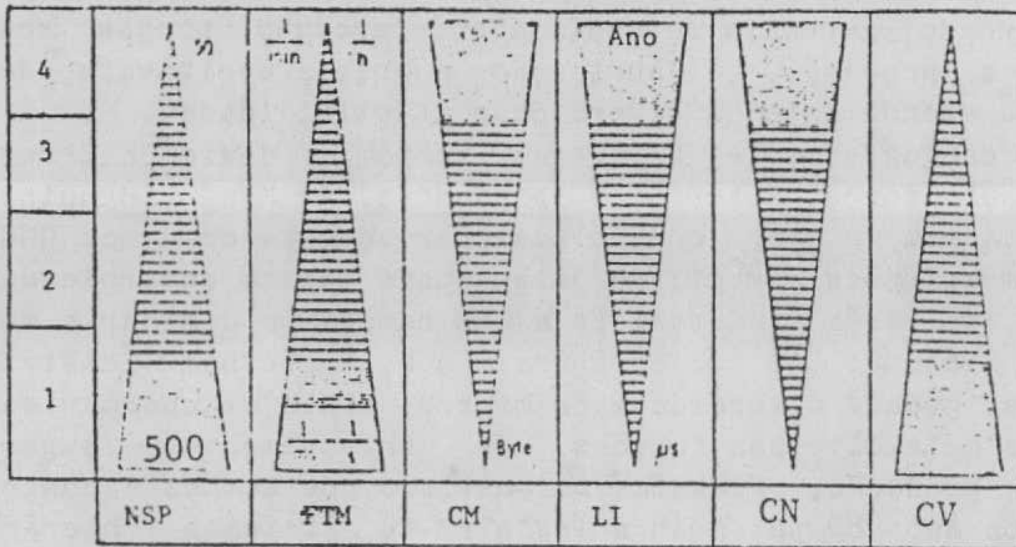


Figura 3 : Hierarquia de Sistemas Industriais.

Na figura 4 mostram-se diversos parâmetros de comunicação nos diversos Níveis de Sistemas Industriais. Quanto maior o Nível de Sistema, menor o número de sistemas participantes, menor a frequência de comunicação, maior o comprimento de mensagens, maior a

longibilidade da informação, maior a comunicação no mesmo nível e menor a comunicação entre níveis vizinhos.



NSP : Número de Sistemas Participantes
 FTM : Frequência de Transferência de Mensagens
 CM : Comprimento das Mensagens
 LI : Longibilidade da Informação
 CV : Comunicação entre Vizinhos
 CN : Comunicação no Mesmo Nível

Figura 4. : Parâmetros de Comunicação nos diversos Níveis de Sistemas Industriais..

2.2. COMUNICAÇÃO DE DADOS.

Para que as estruturas hierárquicas, mostradas anteriormente, possam alcançar um grau elevado de confiabilidade operacional, é necessária uma comunicação de dados sofisticada.

A diversidade de sistemas computacionais existentes [4], a complexidade inerente à troca de informações numa rede de comunicação de dados e a necessidade crescente de interconexão desses sistemas fizeram com que a ISO (International Standards Organization) estudasse esse assunto desde 1979 e lançasse em 1983 a Norma DIS 7498 com o Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos (Modelo RF-OSI/ISO) com o objetivo de interligar os diversos sistemas computacionais, independentemente de fabricante e tipo. Esse modelo já se tornou Norma Internacional, IS 7498.

O envolvimento crescente das Empresas Públicas de Telecomunicações em Serviços Telemáticos oferecidos sobre as redes de comunicação de dados fez com que o CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) participasse dos trabalhos desenvolvidos pela ISO e lançasse em 1984 a Recomendação X.200 com o seu Modelo de Referência, totalmente compatível com o Modelo da ISO. Esse movimento internacional de padronização conta com o apoio e participação de outros órgãos internacionais importantes: ECMA (European Computer Manufacturers Association), ANSI (American

National Standards Institute), IEC (International Electrotechnical Commission), NBS (National Bureau of Standards) e IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

O Modelo OSI teve seus primeiros impactos nas redes geográficas e nas aplicações do tipo transacional de serviços comerciais e bancários [5]. No setor industrial, houve inicialmente relutância na adoção de todas as camadas, em virtude do "overhead" de software resultante e do conseqüente prejuízo do tempo-real.

No final da década de 70 a General Motors (GM), pelos motivos citados anteriormente, criou um Grupo de Trabalho que deveria estudar detalhadamente o problema de Interconexão de Equipamentos em Automação Industrial. Em 1982, esse grupo lançou a primeira versão do Protocolo MAP voltado para automação industrial. Na definição desse protocolo aproveitaram-se ao máximo os protocolos já existentes no Modelo OSI; o Protocolo MAP pode ser visto como um Subconjunto dos Protocolos do Modelo OSI. Atualmente, o Protocolo MAP encontra-se na Versão 2.1, conforme mostrado na figura 5 [6].

| Camada do Modelo OSI | Protocolos Utilizados no MAP versão 2.1 | Protocolos Utilizados no TOP versão 1.0 |
|----------------------|--|---|
| Aplicação(7) | MMFS OSI CASE OSI FTAM Gerenciamento de Rede Serviços de Diretório | MMFS OSI CASE OSI FTAM |
| Apresentação (6) | nulo (ASCII) | |
| Sessão (5) | OSI Session(Kernel) | |
| Transporte(4) | OSI Transport (Classe 4) | |
| Rede (3) | OSI CLNS (Internet) | |
| Enlace de Dados (2) | IEEE 802.2 (LLC- Classe 1) | |
| Física (1) | IEEE 802.4 (Broadband, 10Mbps) | IEEE 802.3 (Baseband, CSMA/CD) |

Figura 5 : Conjunto de Protocolos MAP/TOP.

O Protocolo MAP possui em seu Nível 1, Comunicação em Banda Larga a 10 Mbps, através de um cabo coaxial, com um Protocolo do tipo "Token-Passing-Bus" (IEEE 802.4-MAC); em seu Nível 2 possui o Protocolo LLC (IEEE 802.2); em seu Nível 3 possui o Protocolo INTERNET (ISO DIS 8473); em seu Nível 4 possui a Classe 4 do Protocolo de Transporte da ISO (IS 8073); em seu Nível 5 possui o subconjunto Kernel do Protocolo de Sessão da ISO (IS 8327); em seu Nível 6 troca informações sem representação e em códigos binário e ASCII; em seu Nível 7 possui os Protocolos de Aplicação para Automação Indus-

trial: MMFS, FTAM (ISO DP 8571), CASE-AC (ISO DIS 8649), Gerenciamento de Rede e Serviços de Diretório [7].

Grupo de Usuários de MAP foram criados internacionalmente nos USA, Europa, Japão e Austrália, com o objetivo de estimular os fornecedores de equipamentos a contruírem produtos compatíveis com o MAP.

Atualmente esses Grupos de Trabalho/ de Usuários envolvem já cerca de 1500 empresas e estão recebendo apoio de praticamente todas as empresas fabricantes de equipamentos para a área de automação industrial.

As mesmas preocupações de interconexão de sistemas computacionais fizeram também com que a Boeing montasse um Grupo de Trabalho que deveria estudar o problema de Interconexão de Equipamentos nos Setores Administrativo e de Engenharia das Fábricas. Em 1985 esse grupo lançou a primeira, e atual, versão do Protocolo TOP voltado para Automação de Escritórios. Este protocolo é bastante próximo do Protocolo MAP (Ver Fig. 5), com o objetivo de facilitar a integração dos diversos níveis fabris, administrativo e de produção. As diferenças entre os protocolos TOP e MAP se localizam nos níveis 1 e 7; o TOP, em seu Nível 1, utiliza o Protocolo CSMA/CD, Banda Básica (IEEE 802.3) e em seu Nível 7 utiliza, por enquanto, o Protocolo FTAM da ISO, com previsões de se utilizar também outros Protocolos Aplicativos do tipo MHS, Correio Eletrônico, Serviços de Diretório, Troca de Textos e Gerenciamento de Banco de Dados [8].

Atualmente os dois grupos de trabalho juntaram-se, chamando-se assim de Projeto MAP/TOP; em princípios de 87 deverão ser lançadas as Versões MAP 3.0 e TOP 2.0 que deverão ser congeladas durante alguns anos para melhor disseminação no mercado.

3. COMUNICAÇÃO DE DADOS EM TEMPO-REAL.

A estrutura de Protocolos MAP/TOP mostrada anteriormente responde aos requisitos de comunicação nos níveis superiores das hierarquias de controle. Nos primeiros sistemas instalados, os tempos de resposta da comunicação não excedem 400 ms, mas são superiores a 200 ms. Estes tempos são considerados muito altos para as necessidades de comunicação nos níveis inferiores das hierarquias de controle.

Inicialmente os SDCDs possuíam barramentos, muitas vezes com controle centralizado. Sistemas Proprietários dos fabricantes foram concebidos com mecanismos simples de comunicação de tal forma a não se originar "overhead" suplementar, alcançando-se tempo de resposta de algumas centenas de microsegundos. As mensagens trocadas entre as estações locais (controle em malha fechada de variáveis de

processo) e a estação de supervisão são curtas e frequentes (envio de valores de variáveis medidas para monitoramento, supervisão e controle, e transmissão de novos "Set-Points"). Contudo não é possível interconectar em um SDCD deste tipo controladores de fabricantes diferentes.

Na automação da manufatura, situação equivalente ocorre nas chamadas CFMs (Células Flexíveis da Manufatura); numa CFM cooperam diversos robôs, MFs e sistemas de estocagem e transporte automatizados. O sistema é monitorado por um computador central (Computador de Célula: micro, mini ou PC). Os tempos de resposta exigidos localmente são também baixos e a comunicação para o mundo externo, bastante reduzida.

Caracterizam-se assim duas situações que podem envolver milhares de equipamentos na base (a GM cita 20.000 equipamentos do tipo CLP hoje instalados nas suas fábricas, e cerca de 200.000 nos próximos cinco anos). A comunicação entre estes equipamentos não poderá ser feita com Estruturas MAP/TOP pela sua complexidade, altos custos de interfaces (maior ou igual a 3.000 US\$) e "overhead" de processamento. Por outro lado, as camadas de rede, transporte e sessão não se justificam, na maioria das situações, pela simplicidade das topologias de barramento e caráter localizado da informação. Por estes motivos têm sido propostas, no contexto MAP/TOP e no Projeto PRO-WAY, outras estruturas que passam a ser descritas.

Projeto PROWAY

A IEC vem trabalhando desde 1975, na especificação do PRO-WAY A/B (Process Data-Highway), que destina-se sobretudo à padronização da comunicação nos sistemas SDCDs. Com o surgimento do Projeto IEEE 802, o PROWAY foi redefinido resultando o PROWAY-C, segundo critérios de LANs. Ele prevê no Nível 1 "Token-Passing", "carrier band-phase-continuous", 1 ou 5 Mbps e tempo de acesso menor que 50 ms. No Nível 2 consideram-se os serviços LLC de Classe 3, abrangendo os Serviços SDA ("Service Data With Acknowledge") e RDR ("Request Data With Reply Services"). Os Níveis 3, 4, 5 e 6 são nulos para evitar "overhead" suplementar e levando-se em consideração a topologia simples dos segmentos/barramentos da sub-rede. No Nível 7 prevê-se a utilização de protocolos específicos RS-511, objeto de análise na próxima seção.

Estruturas EPA/MAP e MINI-MAP

Durante o ano de 85 surgiram; dentro do Projeto MAP, estruturas tendo em vista os aspectos de tempo-real e seguindo as idéias básicas do PROWAY. Consideram-se em particular a especificação das CFMs, com comprimento da ordem de 1 Km, mensagens de 16 a 20 bytes e tempo de resposta da ordem de 25 ms.

Prevêm-se dois tipos de arquiteturas (Ver Fig. 6). A Arquitetura FULL MAP/EPA ("Enhanced Performance Architecture") que utiliza o conjunto completo dos Protocolos MAP com a opção, para serviços urgentes locais, de uma interface exposta do Nível de Aplicação para o Nível de Enlace. O Nível Físico EPA prevê comunicação "Carrier band-phasecoherent" (descrito no IEEE 802.4) com taxas de 5 Mbps (para maior facilidade de conexão com a parte MAP da rede) e um Nível de Enlace EPA semelhante ao do PROWAY com Serviços da Classe 3. A Camada de Aplicação deverá também utilizar Serviços RS-511.

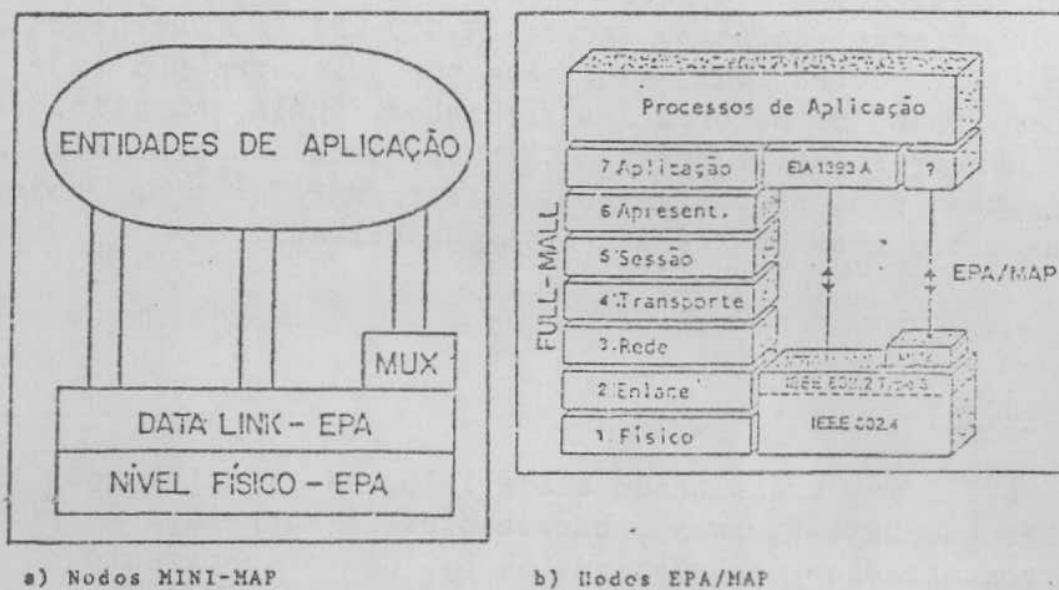


Figura 6 : Nós MINI-MAP e EPA/MAP para Segmentos de Tempo-Real.

O segundo tipo de arquitetura é mais simples e é chamado de MINI-MAP, constituído unicamente dos níveis 1, 2 e 7 da estrutura EPA.

Estas propostas estão ainda hoje em discussão e deverão ser parte integrante da Versão MAP 3.0. Os nós MINI-MAP apresentam a grande desvantagem de não poderem se comunicar externamente ao segmento (não são estruturas OSI/ISO), a não ser através de um "gateway" ou nó EPA, e por isso são destinados unicamente a sistemas finais simples, como por exemplo, sensores. Por outro lado, sugere-se que os restantes nós (Robôs, CLPs, etc) possuam estruturas EPA, e só utilizar a opção de arquitetura comprimida em casos de real ne-

cessidade tempo-real. Não está claro ainda hoje em dia se a arquitetura dupla não venha a ser demasiada cara e, como veremos adiante, se as características tempo-real venham a ser realmente atendidas pela eliminação do "overhead" dos níveis 3, 4, 5, e 6, tendo em vista a complexidade do nível 7. Na figura 7 mostra-se uma Rede com Segmentos MAP, TOP, MINI-MAP e de Redes Proprietárias.

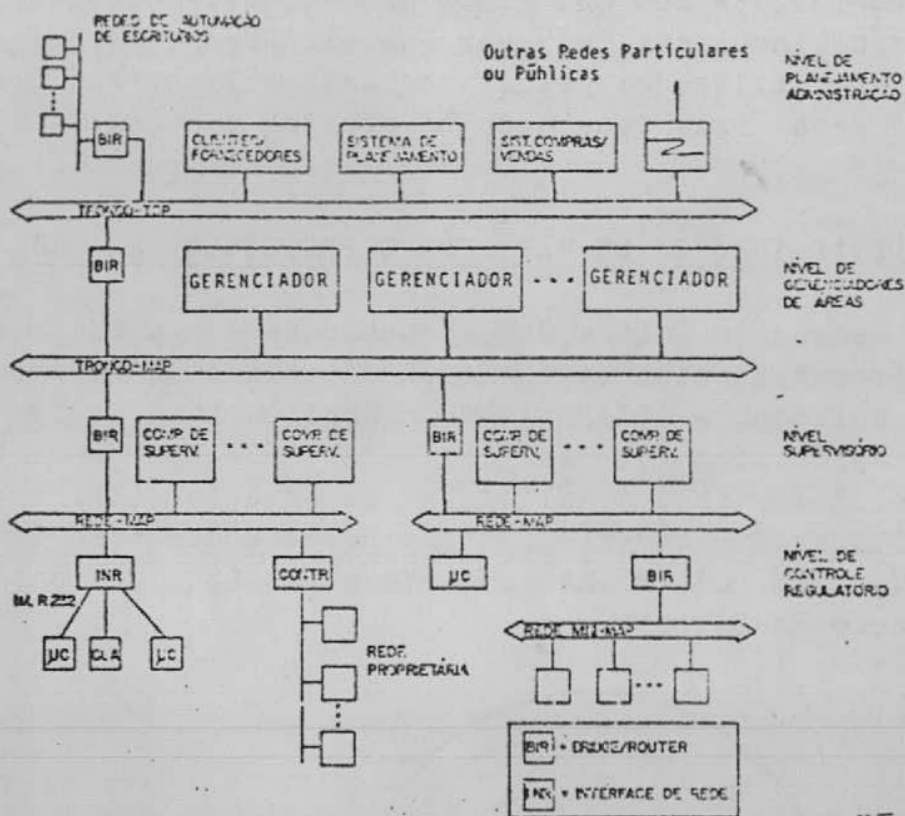


Figura 7 : Exemplo de uma Rede de Automação MAP/TOP.

Projeto RS-511

A EIA (Electronic Industries Association) vem desde 80 trabalhando (EIA/IE31/WG-1393) na especificação de procedimentos de comunicação da camada de aplicação para CNCs e CNRs. Por outro lado foi desenvolvido na Versão MAP 2.1 um protocolo de aplicação para CLPs, do tipo SASE, chamado de MHS (Message Handling System); os dois grupos juntaram-se em 84 para desenvolver um único padrão designado por MMFS (Manufacturing Message Format Standard) e em Fevereiro de 85 foi tomada a decisão de reescrever o protocolo na notação ISO (em particular usando a notação ASN.1). Este novo esforço vem sendo chamado pela EIA de RS-511, tendo sido publicado em junho de 86 a proposta EIA-RS-511 (Manufacturing Message Service for Bidirectional Transfer of Digitally Encoded Information), DP-1393A/Draft5. Entretanto-

to a ISO aceitou o documento como DP no ISO-TC184/SC5/WG2, da mesma forma que o IEC. A EIA iniciou um trabalho suplementar para aplicações de CNCs, a RIA está avançando na direção de complementar para aplicações de robótica, a NEMA para aplicações de CLPs e a AVA para aplicações de Visão Computadorizada. Finalmente a ISA trabalha na solidificação do documento para aplicações de Controle de Processos. O Protocolo RS-511, se bem que ainda não congelado, deverá ter enormes impactos na indústria, um vez que ele fornece todos os serviços, que deverão ser utilizados pelos programas aplicativos dos usuários. Por isso, ele será mais detalhado na próxima seção.

4. A CAMADA DE APLICAÇÃO DO MAP, COM O PROTOCOLO RS-511.

A Camada de Aplicação se preocupa com a Semântica das Informações trocadas entre sistemas. Está dividida em uma parte comum às diversas aplicações (CASE: Common Application Service Elements) e em uma parte específica de cada aplicação (SASE: Specific Application Service Elements). A Aplicação de Usuário (Elemento de Usuário) pode utilizar diretamente tanto a parte comum como as partes específicas (Ver Fig. 8). No MAP a parte específica é chamada de Serviço e Protocolo RS-511.

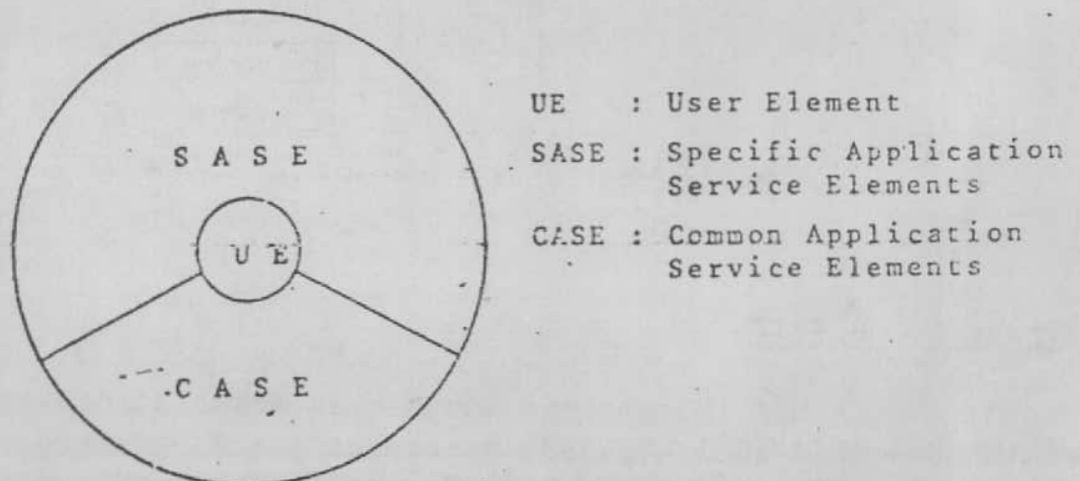


Figura 8 : Estrutura da Entidade de Aplicação.

O Protocolo RS-511 utiliza os Serviços CASE-AC (Association Control) para o estabelecimento e a liberação da Associação de Aplicação, e os Serviços de Apresentação para a fase de Transferência de Dados.

4.1. O SERVIÇO E O PROTOCOLO RS-511.

O Protocolo RS-511 é considerado como um SASE (Specific Application Service Elements) pela ISO; possui características para utilização em tempo-real no controle de células e processos. Define nomes e operações para quatro classes de equipamentos: comandos numéricos, controladores lógicos programáveis, robôs e sistemas de controle de processos. As Classes de Serviço existentes são as seguintes:

- **Funções Básicas:** (CONTEXT) Serviços básicos de início/término da transação entre programas cooperantes, cancelamento/rejeição de uma transação e identificação de programas cooperantes.
- **Aceso Remoto à Memória:** (VARIABLE) Serviços de acesso à memória, permitindo operações de READ, WRITE sobre Variáveis e Definição de Nomes e Tipos de Variáveis.
- **Definição de Evento Remoto:** (EVENT) Serviços que permitem a definição de situações de tempo-real condicionadas a eventos específicos locais ou remotos como, por exemplo, interrupção. Possibilita também a definição das ações a serem tomadas no caso da ocorrência desses eventos.
- **Transferência e Gerenciamento de Arquivos:** (FILE) Serviços que permitem a Transferência e o Gerenciamento de arquivos; permite operações do tipo OPEN, CLOSE, READ, RENAME, DELETE e DIRECTORY. É um serviço bem mais simples do que o FTAM (File Transfer, Access and Management) da ISO, voltado para pequenos arquivos utilizados em equipamentos industriais.
- **Gerenciamento de Semáforo e Recurso:** (SEMAPHORE AND RESOURCE) Serviços que permitem a definição de semáforos e o controle remoto de recursos compartilhados de forma a evitar interferências, como por exemplo, utilização de um robô, buffer de memória e ciclo de varredura de um CLP.
- **Escalonamento de Tarefa:** (JOB) Serviços que permitem a definição de JOBS a serem executados por dispositivo remoto, como por exemplo, programa de Robô com parâmetros variáveis de "offsets" de eixos; possibilita operações de START, STOP e BACKUP sobre um JOB remoto; possibilita também a execução sequencial ou incremental de um JOB e a definição e utilização de Filas de Execução de JOBS.

- Comunicação en- : Serviços que permitem a comunicação entre opera-
tre Operadores dores de terminais alfanuméricos, através de
(OPERATOR) operações de INPUT e OUTPUT; é um serviço bem
 mais simples do que o VTP (Virtual Terminal
 Protocol) da ISO.
- Gerenciamento de : Serviços que permitem a obtenção e o controle de
Dispositivo estado sobre dispositivos industriais; possibili-
(DEVICE) ta operações de ACTIVATE e DEACTIVATE sobre dis-
 positivos, obtenção de estado, alteração de es-
 tado, execução de Rotinas de Auto-Teste e de ca-
 libração de dispositivos industriais.
- Gerenciamento de : Serviços que permitem a definição de arquivos de
Arquivo de LOG LOG remoto, nos quais são gravados os principais
(JOURNAL) eventos ocorridos no sistema remoto; possibilita
 operações de READ e WRITE sobre esses arquivos
 LOG.
- Carregamento de : Serviços que permitem o carregamento de um pro-
Programa grama em um equipamento e a obtenção de um pro-
(PROGRAM LOAD) grama carregado em um equipamento; possibilita
 operações de DOWNLOAD, UPLOAD e PROGRAM LOAD;
 possibilita também a definição de configura-
 ções de carregamento a serem usadas sobre equi-
 pamentos industriais.

A seguir descreve-se cada uma das Unidades Funcionais existentes em cada uma dessas Classes de Serviço.

4.1.1. Unidades Funcionais do Serviço RS-511.

Os serviços do Protocolo RS-511 estão agrupados em Unidades Funcionais, conforme a sua proximidade em termos funcionais. Existem as seguintes Unidades Funcionais no Protocolo RS-511, com suas respectivas Classes de Serviço:

CONTEXT

- Gerenciamento de Contexto (CONTEXT MANAGEMENT);
- Serviços Gerais (GENERAL SERVICES);

VARIABLE

- Acesso a Variável (VARIABLE ACCESS);
- Definição de Nome de Variável (VARIABLE NAME DEFINITION);
- Definição de Nome de Tipo de Variável (TYPE NAME DEFINITION);

EVENT

- Gerenciamento de Evento (EVENT MANAGEMENT);

FILE

- Transferência de Arquivo (FILE TRANSFER);
- Obtenção de Arquivo (OBTAIN FILE);
- Gerenciamento de Arquivo (FILE MANAGEMENT);

SEMAPHORE AND RESOURCE

- Gerenciamento de Semáforo e Recurso (SEMAPHORE AND RESOURCE);

JOB

- Execução Incremental de JOB (INCREMENTAL EXECUTION);
- Controle de JOB (JOB CONTROL);
- Controle de JOB utilizando FILA (JOB QUEUEING);

OPERATOR

- Comunicação de Operador (OPERATOR COMMUNICATION);

DEVICE

- Estado de Dispositivo (DEVICE STATUS);
- Controle de Dispositivo (DEVICE CONTROL);

JOURNAL

- Gerenciamento de Arquivo LOG (JOURNAL MANAGEMENT);

PROGRAM LOAD

- Transferência e Carregamento de Programa (DOWNLOAD);
- Obtenção de Programa Carregado (UPLOAD);
- Carregamento de Programa (PROGRAM LOAD);
- Configuração de Carregamento (LOAD CONFIGURATION).

Os serviços existentes em cada uma dessas Unidades Funcionais são brevemente apresentados a seguir. Além dessas Unidades Funcionais, é previsto o lançamento de outras, específicas para equipamentos industriais (Robôs, CLPs e CNCs).

A Unidade Funcional de Gerenciamento de Contexto (CONTEXT MANAGEMENT) possibilita ao usuário MMS (Manufacturing Message Service): (1 - initiate) a inicialização do diálogo através da definição do contexto MMS e a negociação das opções a serem usadas durante esse diálogo; (2 - conclude) o término do diálogo de forma normal; e (3 - abort) o término do diálogo de forma anormal.

A Unidade Funcional de Acesso à Variável (VARIABLE ACCESS) possibilita ao usuário MMS: (1 - read) ler o conteúdo de uma ou mais variáveis; (2 - write) mudar o conteúdo de uma ou mais variáveis; e (3 - informationReport) mandar informações não solicitadas de variáveis.

A Unidade Funcional de Definição de Nome de Variável (VARIABLE NAME DEFINITION) possibilita ao usuário MMS: (1 - defineVariableName) atribuir nomes simbólicos a variáveis de posições de memória; (2 - getVariableNameDefinition) obter informações de va-

riáveis de posições de memória associadas com nomes simbólicos; e (3 - deleteVariableName) desassociar nomes simbólicos previamente atribuídos às posições de memória.

A Unidade Funcional de Definição de Nome de Tipo de Variável (TYPE NAME DEFINITION) possibilita ao usuário MMS: (1 - defineTypeName) atribuir nomes simbólicos a tipos de elementos de dados; (2 - getTypeNameDefinition) obter informações de tipos de elementos de dados associados com nomes simbólicos; e (3 - deleteTypeName) desassociar nomes simbólicos previamente atribuídos a tipos de elementos de dados.

A Unidade Funcional de Gerenciamento de Evento (EVENT MANAGEMENT) possibilita ao usuário MMS: (1 - defineEventConditionName) definir condições de evento; (2 - alterEventConditionMonitoring) alterar a monitoração de eventos e engatilhar ações de evento; (3 - deleteEventConditionName) suprimir condições de eventos; (4 - reportEventConditionStatistics) obter o estado de condições de evento; (5 - programEventAction) programar ações de evento baseadas em condições de evento existente; (6 - alterEventActionState) alterar o estado de ações associadas a uma condição de evento; (7 - cancelEventAction) cancelar ações de evento previamente programadas; (8 - alarmTransitionNotification) enviar notificações de ocorrência de alarme; (9 - alarmTransitionAcknowledgement) enviar reconhecimento de notificações de transição de alarme; e (10 - getAlarmSummary) informar sobre as condições de alarme.

A Unidade Funcional de Transferência de Arquivo (FILE TRANSFER) possibilita ao usuário MMS: (1 - fileOpen) abrir arquivo; (2 - fileClose) fechar arquivo; e (3 - fileRead) ler arquivo.

A Unidade Funcional de Obtenção de Arquivo (OBTAIN FILE) possibilita ao usuário MMS instruir ao outro usuário a obter um arquivo de uma fonte específica, através do serviço "obtainFile".

A Unidade Funcional de Gerenciamento de Arquivo (FILE MANAGEMENT) possibilita ao usuário MMS: (1 - fileRename) alterar o nome de arquivo; (2 - fileDelete) suprimir arquivo; e (3 - fileDirectory) obter informações de diretório de arquivos.

A Unidade Funcional de Gerenciamento de Semáforo e Recurso (SEMAPHORE AND RESOURCE MANAGEMENT) possibilita ao usuário MMS: (1 - takeControl) assumir o controle de um semáforo ou recurso; (2 - relinquishControl) liberar o controle de um semáforo ou recurso; (3 - defineSemaphore) definir um semáforo; (4 - deleteSemaphore) suprimir um semáforo previamente definido; (5 - reportSemaphoreStatus) obter o estado de um semáforo ou recurso; e (6 - attachToSemaphoreModifier) condicionar outras solicitações de serviço à disponibilidade de recursos através de um "Modificador de Serviço".

A Unidade Funcional de Execução Incremental de JOB (INCREMENTAL EXECUTION) possibilita ao usuário MMS: (1 - setIncrementalExe-

cuteMode) alterar o estado de controle para o Modo de Execução Incremental; (2 - setProgramExecuteMode) alterar o estado de controle para o Modo de Execução Sequencial; e (3 - incremental Execute) enviar instruções de execução incremental.

A Unidade Funcional de Controle de JOB (JOB CONTROL) possibilita ao usuário MMS: (1 - start) iniciar um programa; (2 - stop) parar um programa; e (3 - backup) iniciar um programa, executando um número específico de passos na ordem reversa.

A Unidade Funcional de Controle de JOB utilizando Fila (JOB QUEUEING) possibilita ao usuário MMS: (1 - enableQueue) ativar uma Fila de JOBS; (2 - disableQueue) desativar uma Fila de JOBS; (3 - createJob) criar um JOB; (4 - addJobToQueue) fechar um JOB e adicioná-lo em uma Fila de JOBS; (5 - deleteJobFromQueue) suprimir um JOB de uma Fila de JOBS; (6 - reportQueueStatus) informar sobre o JOB ativo e sobre os JOBS na Fila de JOBS; e (7 - appendToJobModifier) adicionar solicitações de serviço num JOB via um "Modificador de Serviço".

A Unidade Funcional de Comunicação de Operador (OPERATOR COMMUNICATION) possibilita ao usuário MMS: (1 - input) ler informações de Dispositivos de Entrada/Saída ligados à entidade cooperante; e (2 - output) escrever informações em Dispositivos de Entrada/Saída ligados à entidade cooperante.

A Unidade Funcional de Estado de Dispositivo (DEVICE STATUS) possibilita ao usuário MMS: (1 - status) obter o estado de uma entidade cooperante; (2 - unsolicitedStatus) enviar espontaneamente seu estado a uma entidade cooperante; e (3 - runSelfDiagnostics) pedir à entidade cooperante rodar um conjunto de auto-diagnósticos e informar sobre seus resultados.

A Unidade Funcional de Controle de Dispositivo (DEVICE CONTROL) possibilita ao usuário MMS: (1 - activateDeactivate) ativar ou desativar um dispositivo ligado à entidade cooperante; e (2 - calibrate) calibrar o dispositivo ligado à entidade cooperante.

A Unidade Funcional de Serviços Gerais (GENERAL SERVICES) possibilita ao usuário MMS: (1 - getNameList) obter a lista de nomes definidos de diversos tipos; (2 - cancel) cancelar serviços solicitados e confirmados previamente; (3 - identify) obter a identificação e classes de protocolo suportadas pela entidade cooperante; e (4 - reject) indicar violação de protocolo.

A Unidade Funcional de Gerenciamento de Arquivo LOG (JOURNAL MANAGEMENT) possibilita ao usuário MMS: (1 - defineJournalName) criar um arquivo LOG para a gravação dos eventos e conteúdo das variáveis associadas; (2 - alterJournaling) alterar o estado de gravação de um arquivo LOG ("enable" e "disable"); (3 - deleteJournalName) suprimir um arquivo LOG específico, liberando os recursos associados; (4 - readJournal) ler o conteúdo de um arquivo LOG específico; e (5

- writeToJournal) escrever uma "entrada" em um arquivo LOG específico.

A Unidade Funcional de Transferência e Carregamento de Programa (DOWNLOAD) possibilita ao usuário MMS: (1 - initiateDownloadSequence) instruir a um outro usuário MMS a preparar a recepção de um programa para o carregamento numa área de memória específica; (2 - transmitDownloadSegment) transmitir um segmento desse programa; e (3 - terminateDownloadSequence) indicar que a sequência de "download" está completa.

A Unidade Funcional de Obtenção de Programa Carregado (UPLOAD) possibilita ao usuário MMS: (1 - initiateUploadSequence) instruir a um outro usuário MMS a preparar a transmissão de um programa carregado numa área de memória específica, para o solicitante; (2 - receiveUploadSegment) receber um segmento desse programa; e (3 - terminateUploadSequence) indicar que a sequência de "upload" é para ser terminada.

A Unidade Funcional de Carregamento de Programa (PROGRAM LOAD) possibilita ao usuário MMS: (1 - programLoad) carregar um arquivo executável para a execução ou carregar um arquivo de dado numa variável; e (2 - storeProgramToFile) armazenar um programa carregado num arquivo designado no Sistema de Arquivos ou armazenar uma variável num arquivo de dado no Sistema de Arquivos.

A Unidade Funcional de Configuração de Carregamento (LOAD CONFIGURATION) possibilita ao usuário MMS: (1 - defineLoadConfiguration) definir uma configuração de carregamento consistindo de uma ou mais regiões de memória para o carregamento de um arquivo; (2 - getLoadConfiguration) determinar as regiões definidas, associadas com uma configuração de carregamento; (3 - deleteLoadConfiguration) suprimir uma configuração de carregamento num sistema; e (4 - clearLoadConfiguration) limpar uma configuração de carregamento.

4.1.2. O Protocolo RS-511.

As Unidades Funcionais do Serviço RS-511 são executadas através das Unidades de Dados do Protocolo RS-511 (PDU) que são descritas em formato ASN.1 e são as seguintes: request, response, error e reject. A PDU "request" é utilizada para a solicitação de um serviço RS-511, resultante de uma primitiva de serviço do usuário MMS. As PDUs "response" e "error" são utilizadas em resposta ao serviço solicitado (para serviços confirmados) dependendo se este foi ou não bem sucedido, respectivamente. A PDU "reject" é utilizada para indicar "violação de protocolo", no caso de recepção de uma PDU anormal. A figura 9 mostra a utilização dessas PDUs.

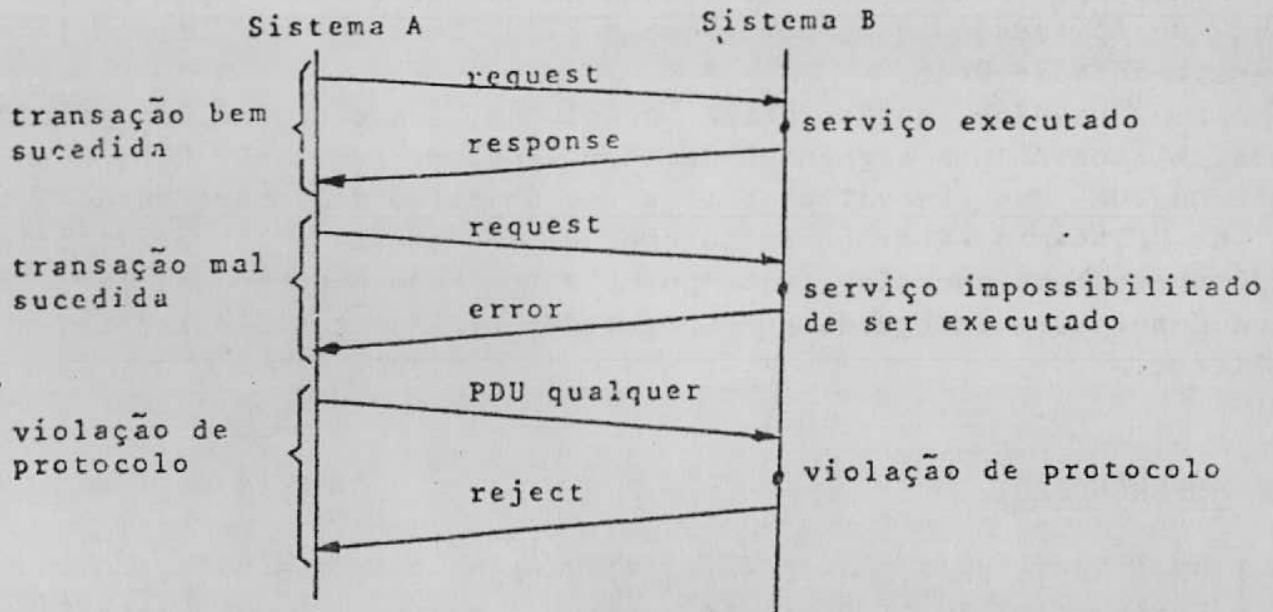


Figura 9 : Exemplos de Troca de PDUs do Protocolo RS-511.

Essas PDUs são trocadas no campo de dados das primitivas do Serviço CASE-AC ou do Serviço de Apresentação diretamente.

5. CONCLUSÃO.

Mostrou-se nesse artigo aspectos de redes locais para automação industrial, estruturas de controle de processos e de produção, características dos Projetos MAP/TOP, e características de comunicação de dados em tempo-real (Projeto PROWAY e Estruturas EPA e MINI-MAP). Mostrou-se também os Serviços e o Protocolo RS-511, parte principal do Projeto MAP.

Tendo em vista a importância dos Projetos MAP/TOP em Automação Industrial, iniciou-se na UNICAMP o Projeto "REDE MAP-UNICAMP" que visa o estudo do Protocolo MAP tendo como objetivo, a médio prazo, o desenvolvimento de placas universais de comunicação para equipamentos industriais. Nesta placa serão carregados como software aplicativo de comunicação todos os níveis do Protocolo MAP, inclusive o Protocolo RS-511. Os estudos em curso visam a definição de estruturas de software/hardware a serem usadas para facilitar a conexão a diversos hospedeiros, em particular na conexão com sistemas operacionais do tipo UNIX e PC-DOS, ou para usuários sem sistema operacional (CLPs, CNCs, etc); visam também a definição de um Modelo de Implementação e Validação desses protocolos, através da utilização de Técnicas Formais de Descrição do tipo ESTELLE. Pretende-se tam-

bém desenvolver com o tempo as camadas intermediárias do Protocolo MAP, Unidades Funcionais adicionais do RS-511 e outros protocolos da Camada de Aplicação como por exemplo FTAM, Serviço de Diretório e Gerenciamento de Rede.

Deve-se notar nessa conclusão, que apesar das dúvidas ainda existentes nos segmentos de tempo-real do Protocolo MAP, não existe dúvida que ele vai cumprir o seu objetivo de Interconexão total de Sistemas Abertos em Automação Industrial e de Escritórios, sendo apenas uma questão de tempo. Ele tem todo o potencial para tornar a Manufatura Integrada por Computador (CIM) tão desejada, uma realidade.

6. REFERÊNCIAS.

- |1| : GM (1985). "MAP Specification". Version 2.1, March/85.
- |2| : Boeing (1985). "TOP Specification". Version 1.0, November/85.
- |3| : EIA (1986). "EIA RS-511: Manufacturing Message Service for Bidirectional Transfer of Digitally Encoded Information-Service/ Protocol Definition". June/1986.
- |4| : Emiliano, J.R.L., (1985). "O Modelo de Referência para a Interconexão de Sistemas Abertos". Revista Telebrás, Junho 1985.
- |5| : Mendes, M.J., (1986). "Redes Locais em Comunicação em Ambiente Industrial". Sexto SCNB (Seminário de Comando Numérico no Brasil), Agosto/86.
- |6| : Mendes, M.J.; Emiliano, J.R.L., Ferreira, L.R..(1986) "Interconexão de Sistemas Computacionais Abertos em Automação
- |7| : Emiliano, J.R.L; Mendes, M.J; Ferreira, L.R. (1986). "A Interconexão de Sistemas em Automação Industrial". Revista Máquinas e Metais, Outubro/86.
- |8| : Emiliano, J.R.L; Mendes, M.J; Ferreira, L.R. (1986). "Interconexão de Sistemas Computacionais Abertos em Redes Geográficas e Redes Locais de Automação Industrial e de Escritórios". Revista Telebrás, Dezembro 1986.