

5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES (5º SBRC)

APLICAÇÃO DE REDES LOCAIS EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

AUTORES:

Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho - Engenheira
Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia

Antonio José Chagas de Carvalho - Engenheiro
Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia

SUMÁRIO:

Atualmente os sistemas centralizados destinados à supervisão e controle de processos vem sendo gradativamente substituídos por Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD). Esta tendência é verificada devido a boa relação custo/desempenho que apresentam em comparação aos sistemas centralizados convencionais.

Os SDCD's são constituídos basicamente por sistemas de computação e sistemas de comunicação, que permitem a integração de tais sistemas de computação.

Este artigo caracteriza a implementação de um SDCD, que se encontra em implantação numa fábrica de alumínio, ALCAN - Alumínio do Brasil S.A. em Pindamonhangaba - SP; sendo dada ênfase aos sistemas de comunicação utilizados, apresentando-se as suas características e as ferramentas desenvolvidas para compatibilizar os vários subsistemas existentes.

Antes de apresentar as considerações e detalhar os critérios que levaram à adoção dos equipamentos da automação, bem como das suas sub-redes, procura-se apresentar uma descrição das principais primitivas oferecidas por cada uma destas sub-redes de forma a compor um quadro geral da estruturação adotada para o sistema, junto com os serviços permitidos por ela. Dentre tais serviços detalha-se mais o de transferência, acesso e gerenciamento de arquivos, oferecido por uma das sub-redes.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente os sistemas destinados a supervisão e controle de processos seguem uma filosofia de distribuição física e lógica de seus elementos, de acordo com suas respectivas funções e da hierarquização entre seus elementos. A hierarquização estabelece a regra de relacionamento entre os diversos elementos do sistema de supervisão e controle.

A necessidade dos fabricantes destes sistemas de possuírem produtos que se adaptassem às mais diversas classes de aplicações e a necessidade dos usuários em possuir sistemas de automação, cujo grau e qualidade dos serviços pudessem crescer progressivamente, levaram à adoção de estruturas modulares, distribuídas e hierarquizadas, onde cada nível da hierarquia é autônomo em relação aos demais e responde por uma parcela da automação global do processo. As características das aplicações de controle de processo, associadas à utilização de sistemas distribuídos, implementados com equipamentos inteligentes (com capacidade de processamento), levam a sistemas com os seguintes níveis hierárquicos:

a) Nível de Processo

Este nível é responsável pelo controle propriamente dito do processo, controle esse executado pelas operações de aquisição de dados e geração de variáveis de controle, pela aplicação de algoritmos especiais, objetivando manter as variáveis do processo dentro de limites aceitáveis em torno do ponto de operação (set point) estabelecido pelos níveis hierárquicos superiores ou pelo operador local.

b) Nível de Coordenação

Este nível é responsável pela coordenação e alocação de recursos para os controladores do primeiro nível, além de permitir a monitoração das variáveis e o estabelecimento de pontos de operação de todos os processos conectados ao sistema.

c) Nível de Otimização

Neste nível são gerados os valores dos pontos de operação e demais parâmetros necessários para que se obtenha o melhor rendimento possível das instalações. Os cálculos são realizados aplicando-se os valores reais das variáveis nos modelos matemáticos dos respectivos processos, de forma a se prever o comportamento futuro dessas variáveis.

d) Nível de Gerenciamento

Este nível é responsável pela determinação da política global para a operação produtiva levando em conta os recursos físicos instalados e disponíveis, a disponibilidade de matérias primas e energia, os recursos humanos, a demanda do mercado e a política para o setor sob jurisdição do sistema.

O projeto de sistemas para Supervisão e Controle de Processos é uma tarefa complexa e que gera polêmica, apesar da evolução tecnológica que vem ocorrendo nos últimos anos. A especificação e dimensionamento de tais sistemas estão comprometidos com diversos fatores, muitos dos quais de difícil análise, tais como:

Técnicos: variedade de arquiteturas e tecnologias disponíveis, indefinição na abrangência para o sistema de controle, formas de operação.

Econômicos: recursos disponíveis, amortização do investimento, custos de instalação e manutenção.

Políticos: prazos de implementação, fornecedores preferenciais.

Do ponto de vista técnico serão abordadas algumas características dos Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD), os quais vem ganhando destaque nos últimos anos devido à boa relação custo/desempenho que apresentam face aos sistemas centralizados convencionais. Com o rápido desenvolvimento de equipamentos digitais com capacidade de processamento e armazenamento cada vez maiores, aliados à drástica redução de custos, os SDCD's passaram a ser viáveis de serem implementados em plantas fabris de

médio porte, disseminando-se assim para um amplo espectro de aplicações.

Os SDCD's são constituídos por:

.Subsistemas de Computação: conjunto de "hardware" (processadores, memórias, periféricos) e "software" (editores, bancos de dados, algoritmos de controle) destinado a implementar as funções básicas e aplicativas da supervisão e controle de processos.

.Subsistemas de Comunicação: permite a integração e cooperação dos vários componentes digitais de supervisão e controle distribuídos pela planta fabril. Este subsistema deve proporcionar a troca de mensagens entre os elementos do subsistema de computação, segundo requisitos específicos de cada elemento ou grupo de elementos tais como: tempo de resposta, segurança, confiabilidade.

Neste artigo procura-se descrever a implementação de alguns subsistemas de comunicação (subredes) adotados no projeto de automação de uma fábrica de alumínio da ALCAN - Alumínio do Brasil S.A. em Pindamonhangaba, São Paulo. O projeto prevê a especificação de uma metodologia a ser empregada na automação de uma planta fabril para a produção de alumínio e a implementação de uma infraestrutura básica em "hardware" e "software", capaz de ser expandida gradualmente, baseada na capacidade de absorção desta nova tecnologia pela própria fábrica bem como na disponibilidade desta tecnologia pela indústria nacional. Um dos requisitos básicos deste projeto se constitui na pesquisa de fornecedores nacionais para os diversos componentes da automação proposta. Os itens tecnológicos que a indústria nacional não pudesse oferecer seriam desenvolvidos em conjunto com a FDTE, conforme a prioridade dentro do plano global.

2. ARQUITETURA DE CONTROLE DISTRIBUÍDO

O projeto inicial de implementação da automação consiste em supervisionar e controlar o fluxo de materiais, equipamentos e utilização da energia de uma parte da fábrica. Foi adotada uma estrutura distribuída, baseada em equipamentos digitais encontrados no mercado nacional, em quatro níveis hierárquicos interligados:

Nível de Processo: utilizando controladores lógicos programáveis (CLP) para o controle dos equipamentos (fornos, refiladeiras, etc.) e controladores de ponto inteligentes (CODINmr) para identificar materiais e controlar seu fluxo dentro da planta;

Nível de Coordenação: baseado em microcomputadores 16 bits compatíveis com PC-IBM e microcomputadores 8 bits (CP/M);

Nível de Otimização: estas funções estão sendo suportadas pela área de sistemas através do PCP;

Nível de Gerência: implementado com microcomputadores 16 bits (PC-IBM) em sua configuração máxima (Winchester, Drives 5 1/4", etc.).

A primeira etapa da implementação consiste na criação de uma infraestrutura de "software" e "hardware" para a automação do Pátio de Matérias Primas e do Processo de Refusão de Placas de Alumínio. A função destes dois núcleos de processo dentro da fábrica é o de, partindo de matérias primas (lingotes, retalhos, placas rejeitadas), produzir placas de ligas de alumínio, com dimensões de 5000x2000x300mm, para serem laminadas em bobinas pelo Laminador a Quente.

Um diagrama em blocos destes núcleos pode ser visto a seguir, onde é apresentado o fluxo de materiais e energia.

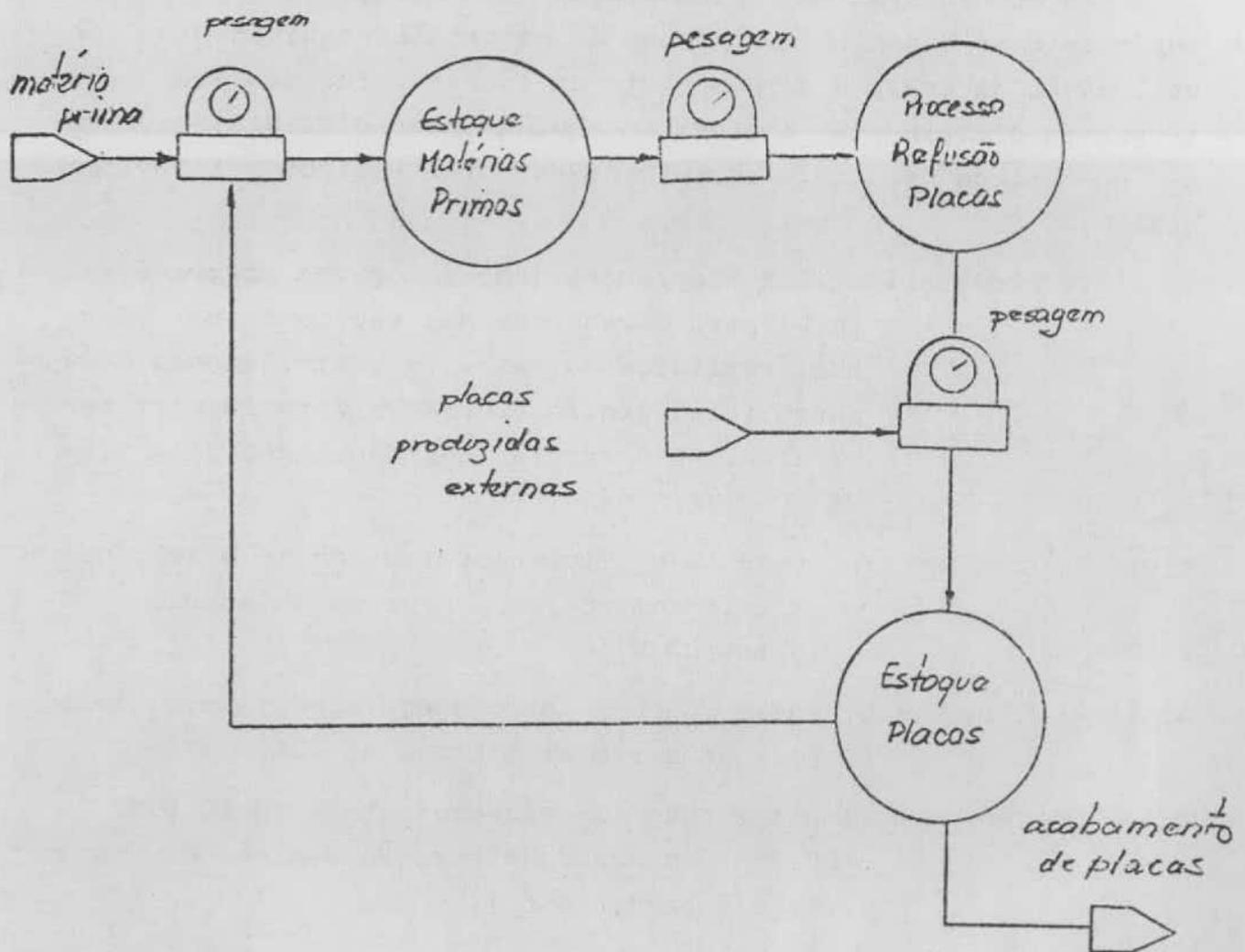


Figura 2.1 - Diagrama em blocos dos núcleos de automação do Pátio de Matérias Primas e do Processo de Refusão de Placas de Alumínio

Com a tecnologia disponível foi estabelecida uma topologia de barramentos hierárquicos para implementar apenas três níveis do controle distribuído, onde dois níveis adjacentes são interligados por uma sub-rede de comunicações específica para sua aplicação (ver figura 2.2).

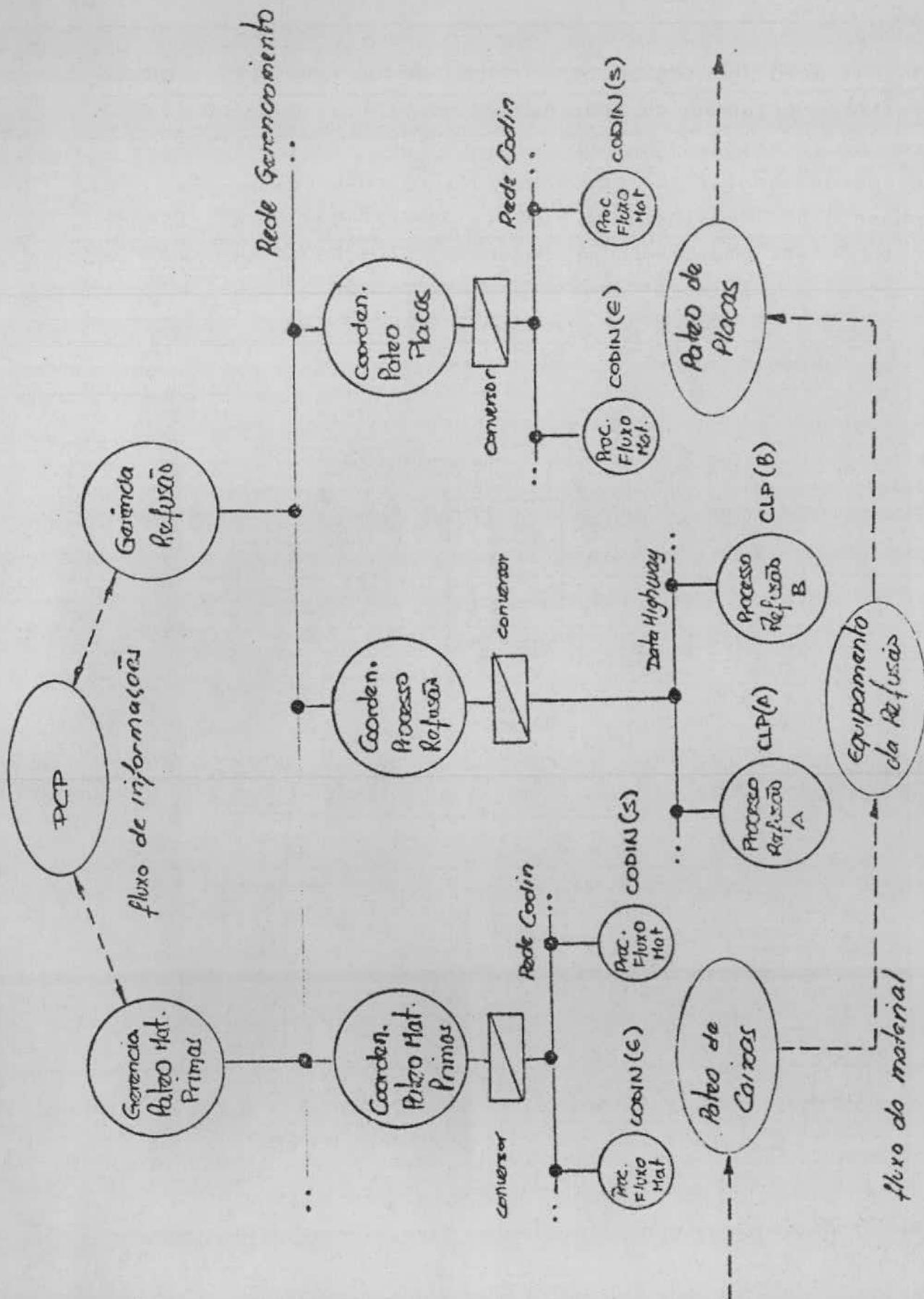


Figura 2.2 - Arquitetura do Sistema de Controle Distribuído

Pode-se então identificar três tipos de sub-redes de comunicação distintas oriundas de fabricantes distintos, cujo ponto de encontro se localiza, atualmente, nos equipamentos digitais do nível de coordenação. Estes equipamentos, microcomputadores, são responsáveis por realizar uma espécie de tradução das informações oriundas de uma sub-rede para outra, mantendo o fluxo de dados entre os níveis de processo e o de gerência.

2.1. Sub-rede de Fluxo de Materiais: (SFM)

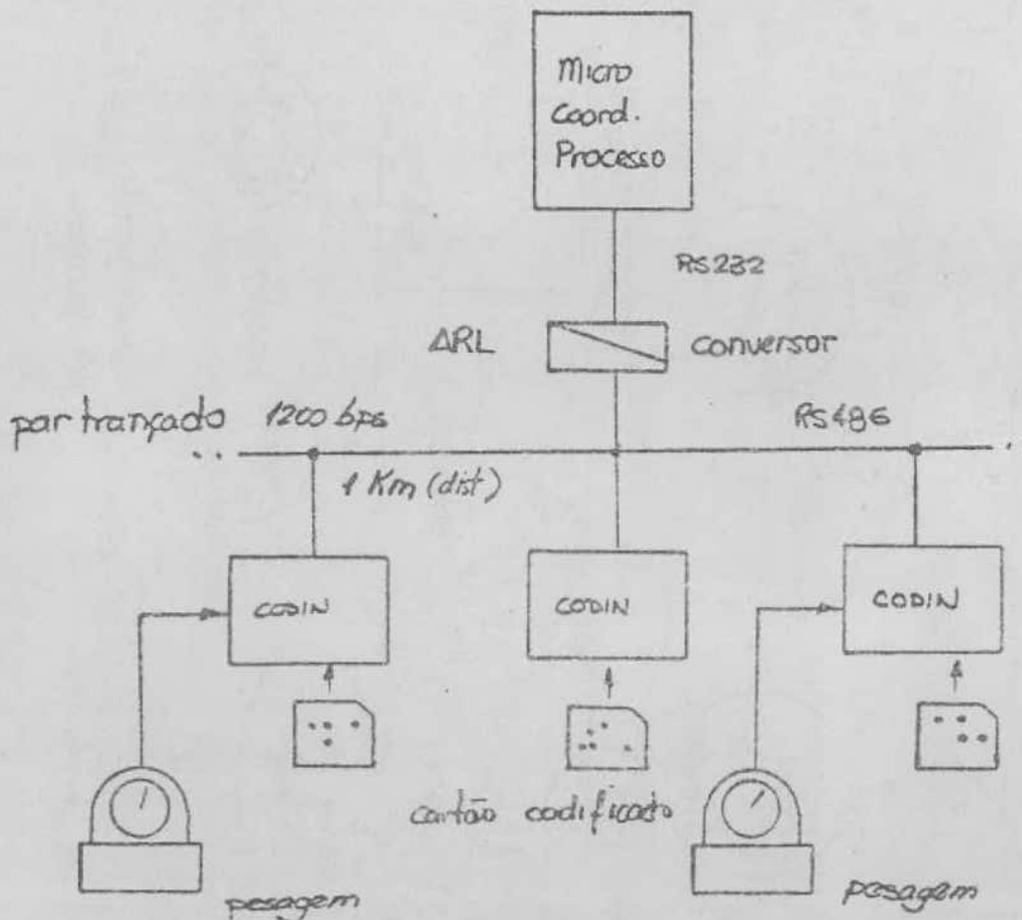


Figura 2.3 - Arquitetura da Sub-rede de Fluxo de Materiais

A SFM é uma rede multiponto interligando equipamentos de anotação de ponto (CODIN), fornecidos pela Telemática. Para efetuar a ligação com o microcomputador, a rede oferece um conversor de níveis (ARL), onde se encontra um conector físico, ponto a ponto, padrão RS232. O equipamento CODIN se constitui num microcomputador dotado de capacidade de armazenamento local, periféricos de leitura de cartões codificados (óptico ou magnético) e de acionamento de servomecanismos. A função básica é armazenar os códigos dos cartões que nele forem introduzidos junto com o horário (data e hora) da inserção, para depois enviá-los através da sub-rede, para um equipamento de maior porte (micro PC), mediante solicitação deste. Foi feita uma modificação no programa aplicativo do CODIN de forma a acrescentar a cada registro (cartão + horário), um campo correspondente a peso de cada material identificado.

A rede de CODINs possui um método de acesso centralizado do tipo mestre-escravo, onde o mestre é um equipamento do tipo micro PC (ou outro com recursos semelhantes), apresentando até o nível de enlace segundo o modelo OSI da ISO (International Standards Organization's Open System Interconnection Reference Model). A estratificação dos níveis do protocolo do CODIN pode ser vista a seguir.

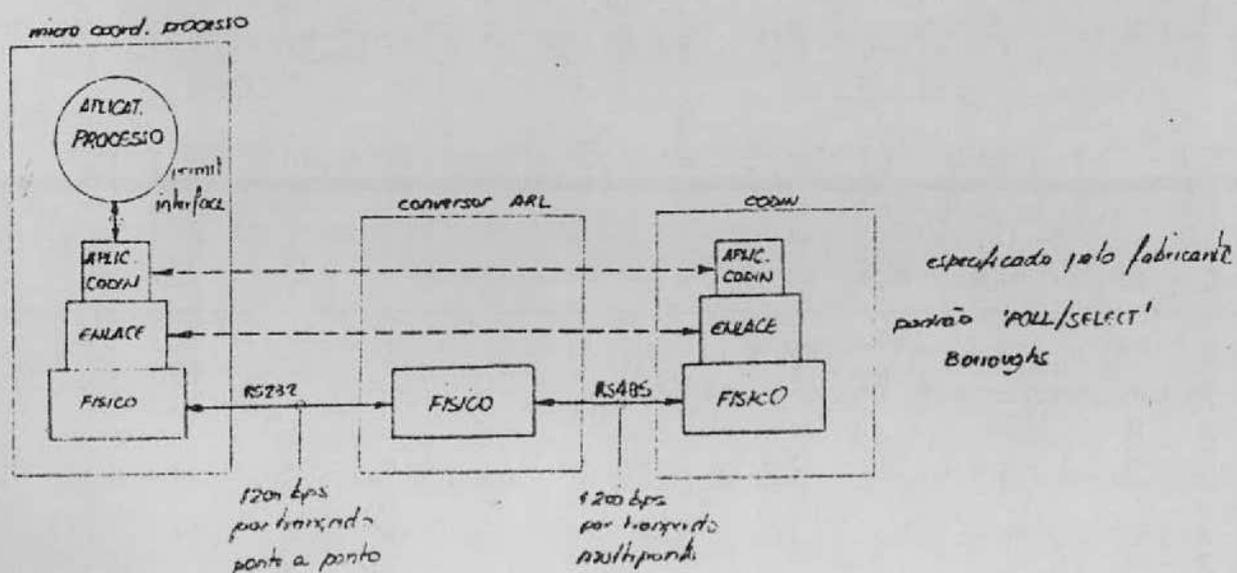


Figura 2.4 - Estrutura de níveis do protocolo do CODIN

As primitivas de comunicação entre os programas aplicativos no micro de processo e o módulo de interface de funções do CODIN são divididas em primitivas de configuração da comunicação e primitivas de transferência de dados.

Primitivas de Configuração:

TIME-OUT - define tempo máximo de espera de resposta de um CODIN;

RETRANSMISSÃO - define o número máximo de tentativas de comunicação com um CODIN;

EOT - especifica número de respostas sem dados, vindas do CODIN, de forma a garantir que o CODIN não possui mais dados para o micro;

VELOCIDADE - especifica velocidade de operação da rede de CODIN's.

Primitivas de Comunicação:

TXARQ - transfere um arquivo em disco no micro, contendo informações sobre cartões válidos ou inválidos (listas branca e negra), para o CODIN especificado;

RXARQ - pede ao CODIN especificado na primitiva, que transfira os seus registros armazenados, contendo: códigos de cartões introduzidos, horário da introdução e um campo adicional (peso); para um arquivo em disco no micro, também especificado na primitiva;

BLOQUEIO - bloqueia o CODIN à aceitação e armazenamento de novos códigos de cartões;

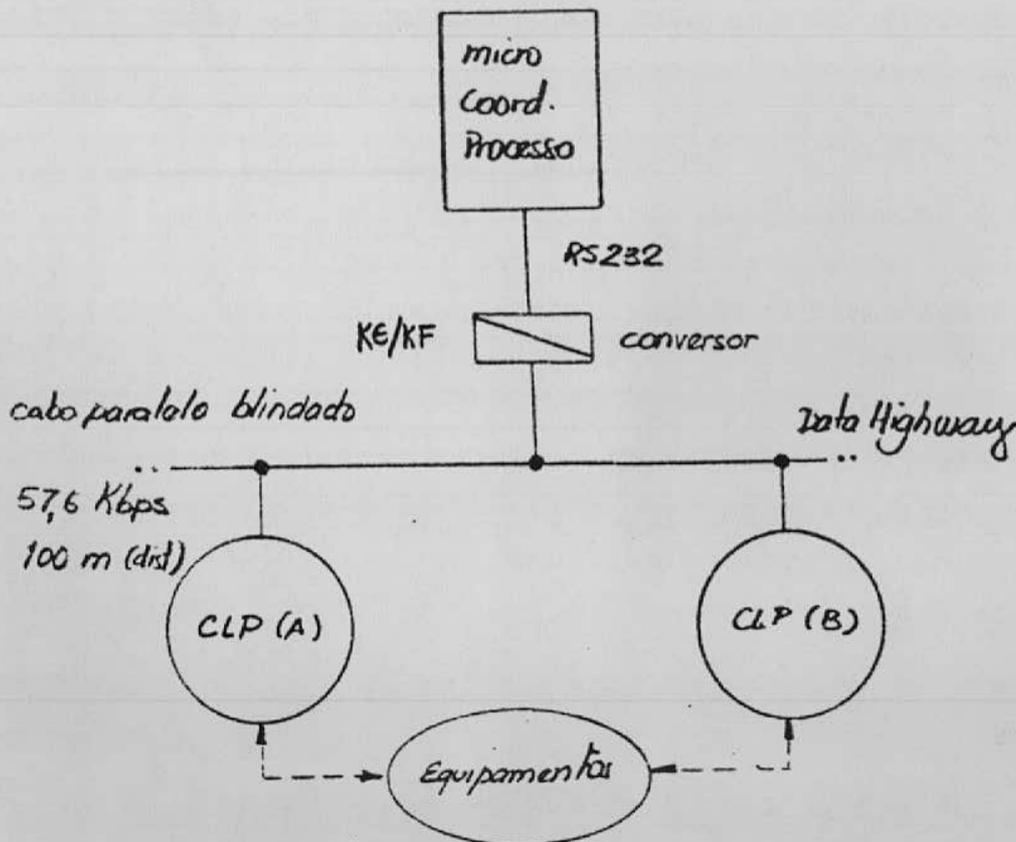
LIBERA - executa a função inversa ao bloqueio;

LIMPA - informa ao CODIN para limpar todos os seus registros armazenados até aquele instante.

De posse destas primitivas o software aplicativo do nível de processo para controle de materiais realiza um controle efetivo sobre a posição atual do pátio de matérias primas e de placas produzidas, informando a um operador postado junto aos pátios, as quantidades dos diversos materiais do estoque bem como a sua localização física. Estes dados são mantidos em arquivos em discos flexíveis, sendo atualizados pelo próprio operador (cor-

reções) ou automaticamente a cada novo dado detectado pelos CODIN's distribuídos pelos pátios, estando disponíveis para serem acessados pelo nível de gerenciamento.

2.2. Sub-rede de Controle de Processos (SCP)



2.5 - Arquitetura da Sub-rede de Controle de Processos

Para a interligação dos equipamentos do nível de processos, CLP, foi adotada uma rede proprietária, fornecida pelo próprio fabricante do equipamento. Foi escolhida a linha de CLPs 2/30, produzida pela Metal Leve, a qual possui um canal rápido de comunicação chamado "Data Highway". Através do "Data Highway" os CLP's podem trocar dados de processo entre si, bem como com equipamentos inteligentes que possuam um conector padrão RS232. A ligação entre os CLP's e eventuais micros é feita através de uma interface denominada KE ou KF, também fornecida pela Metal Leve.

A rede "Data Highway" se constitui de um cabo paralelo, blindado que percorre os pontos onde existem equipamentos a serem interligados e onde trafegam dados a taxas da ordem de 56 kbps. A distância máxima atingida é de aproximadamente 300 metros e o número de estações conectadas pode chegar a 64. O acesso ao meio de comunicação é controlado por uma variação do protocolo de passagem de permissão ("token pass") para barramentos, chamado "mestre flutuante". Este protocolo permite a utilização do "Data Highway" para a transferência de variáveis de controle entre dois CLP's da rede, em tempo real, uma vez que o tempo máximo de atraso das mensagens de uma estação a outra pode ser limitado pela configuração da rede. Com características de tempos de resposta e confiabilidade mais apuradas, que a rede de CODIN's, o "Data Highway" torna-se mais adequado aos propósitos de controle distribuído de processos industriais contínuos. Do ponto de vista da comunicação do micro com o CLP's da rede encontra-se uma limitação na taxa de transmissão, que não ultrapassa os 19,2 Kbps. Entretanto, esta taxa não compromete o desempenho da arquitetura implementada, pois os dados trocados entre o CLP e o micro possuem um intervalo de atualização da ordem de vários segundos, às vezes até minutos. O micro se constitui mais como instrumento de visualização do processo, pelo operador, do que elemento de controle em tempo real deste processo. A estrutura de protocolos fornecida com a "Data Highway" pode ser visualizada, a seguir. Nesta estrutura as primitivas são oferecidas na interface com o usuário.

As primitivas oferecidas são divididas em comandos "privilegiados" e comandos "normais". Os comandos privilegiados, nada mais são que primitivas de diagnósticos e de configuração. Os comandos normais proporcionam as transferências efetivas de informação.

Primitivas "Privilegiadas":

DIAG STATUS - permite ao programa aplicativo no micro conhecer algumas características do CLP com os quais está se comunicando. (modo de operação do CLP, tipo de interface, modelo do CLP, tamanho de memória, taxa de comunicação do "Data Highway", etc.);

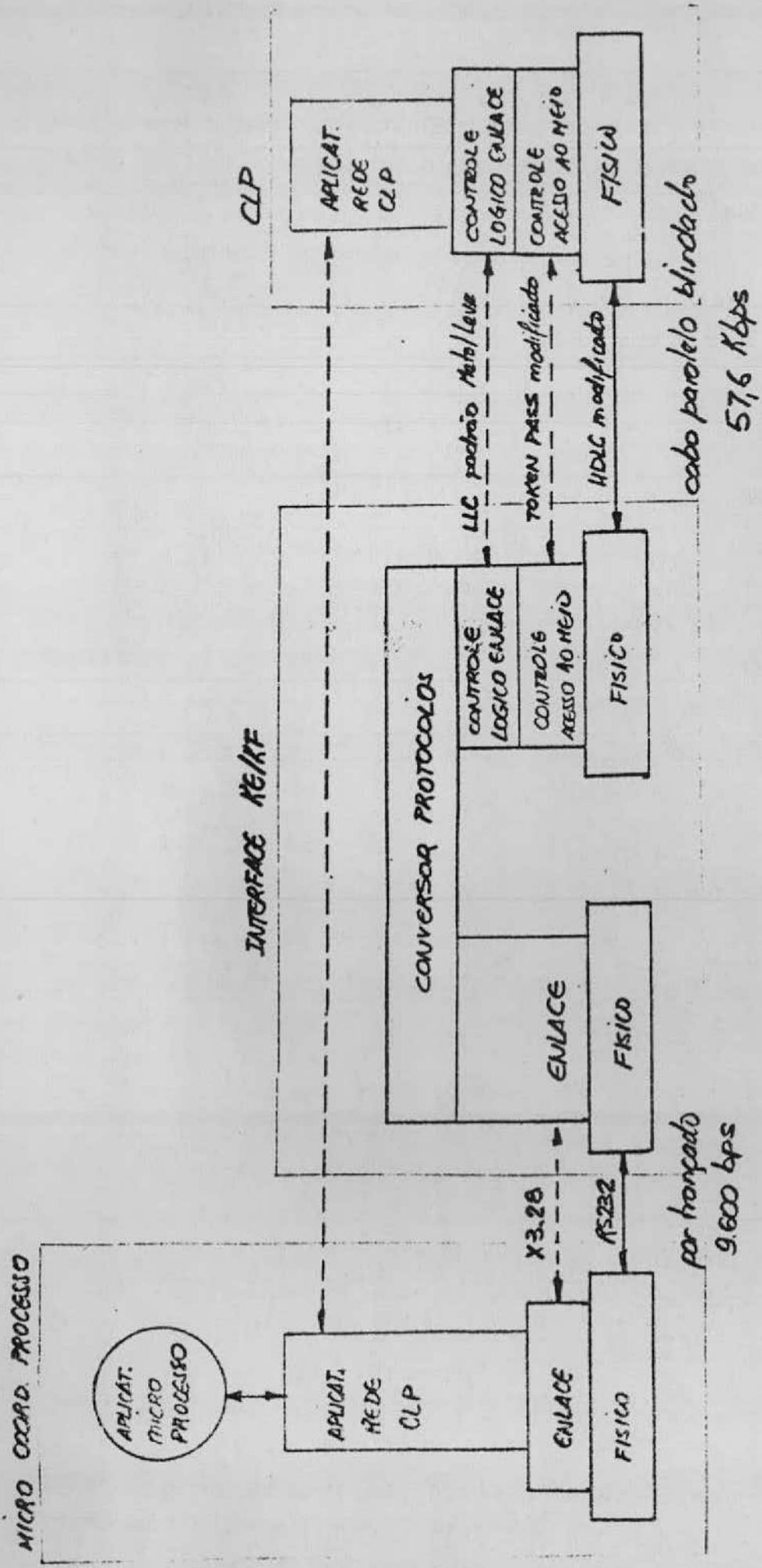


Figura 2.6 - Estrutura de protocolos oferecida pela rede de CLP

DIAG LOOP - permite o teste de integridade do "Data Highway" através da transmissão/recepção de padrões de mensagem em "loop" pela da rede;

SET TIME OUT - define tempo máximo de espera de reconhecimento de mensagens para o nível de enlace entre o micro e a interface KE/KF;

SET ENQ - define número máximo de "ENQUIRE" a ser trocado pelo micro e a interface KE/KF no nível de enlace.

Primitivas de Comunicação:

PROTECTED BIT WRITE - permite ao programa aplicativo do micro alterar o conteúdo de um bit especificado na memória de dados do CLP. A posição deste bit na memória deve estar dentro de um espaço de endereçamento previamente estabelecido pelo CLP;

UNPROTECTED BIT WRITE - permite ao micro alterar qualquer bit na memória de dados do CLP;

BIT READ - permite ao micro ler o valor de qualquer bit da memória de dados do CLP;

WRITE - permite ao micro realizar alterações sobre um conjunto de palavras (16 bits) na memória de dados do CLP;

READ - lê o valor do conjunto de palavras (16 bits) da memória de dados do CLP.

Cada "bit" ou palavra (16 bits) na memória de dados do CLP representa alguma variável digital ou analógica do processo e o micro, ao lê-las ou alterá-las, estará supervisionando e/ou controlando o processo industrial. Normalmente o micro é usado para transferir um conjunto de valores digitais e analógicos para o CLP, os quais irão servir de parâmetros para um programa de controle previamente instalado no equipamento.

2.3. Sub-rede de Gerenciamento (SG)

À sub-rede de Gerenciamento estão conectados microcomputadores de 8 e 16 bits, responsáveis pelo acompanhamento dos vários processos contínuos e o controle do fluxo de material da fábrica

da ALCAN. A topologia de tal rede é uma via comum, implementada fisicamente por um cabo coaxial ao qual estão conectados os diversos equipamentos através de uma interface denominada Interface de Rede (IR).

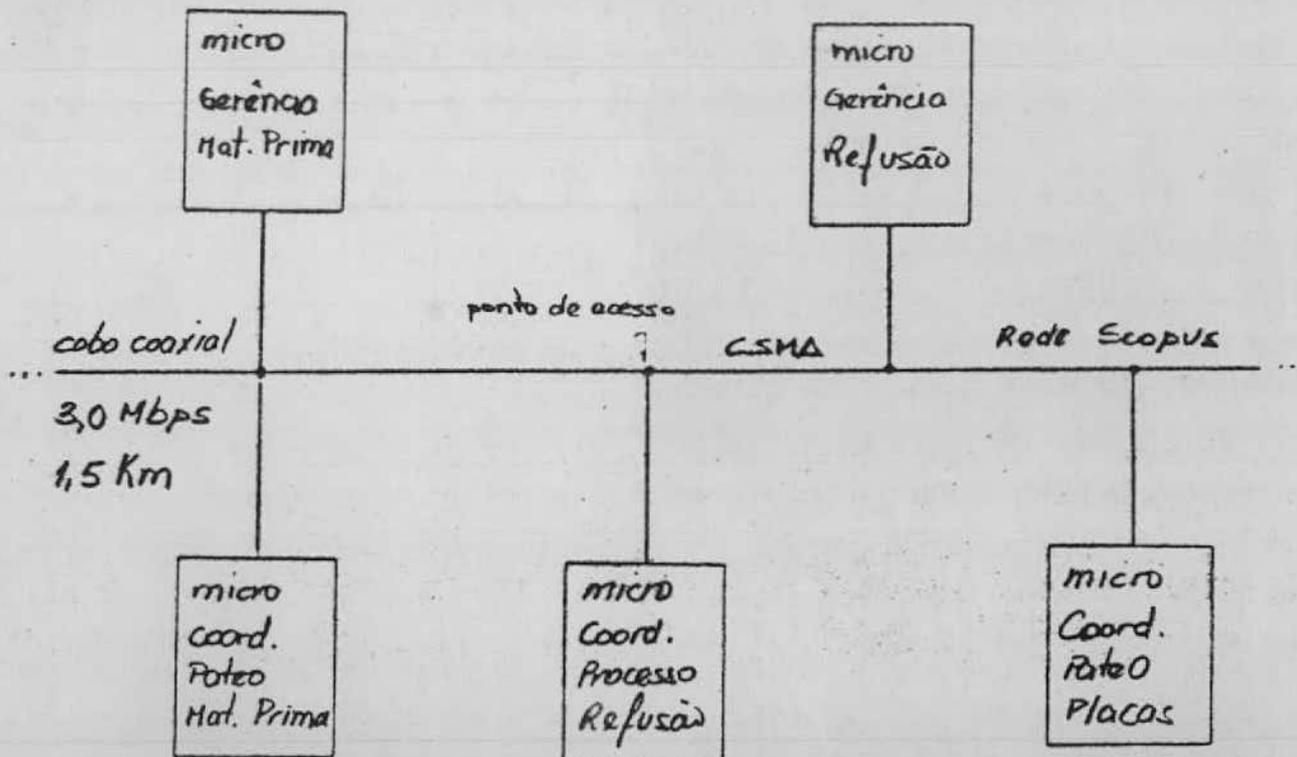


Figura 2.7 - Topologia da Rede SCOPUS

A rede local utilizada neste sistema, é a rede Multiplus da SCOPUS, por possibilitar a interligação de equipamentos de porte diferentes (8 e 16 bits) e apresentar baixa taxa de erros num ambiente ruidoso, como é o caso de um ambiente industrial. Esta rede apresenta um nível físico semelhante ao proposto pela norma IEEE 802, que especifica os níveis de enlace e o físico de uma rede local de acordo com a definição do Modelo de Referência OSI da ISO. A norma IEEE 802 considera dois tipos excludentes de abordagem para a implementação do nível físico: Acesso com Sensor de Portadora/Detecção de Colisão (Carrier-Sense Multiple-Acess with Collision Detect - CSMA/CD) e passagem de senha (Token Passing). Na rede Multiplus o nível físico é implementado utilizando-se mecanismos de acesso através da monitoração da existência ou não

de portadora de linha, sem haver entretanto mecanismos de detecção de colisão (têm-se CSMA mas sem CD). A taxa de transferência de dados desta rede é de 3Mbits/s, e a distância máxima permitida entre duas estações da mesma é de 1,5 Km.

Acima do nível físico têm-se o nível de enlace e de transporte implementados para a rede SCOPUS segundo a estrutura de camadas de protocolo proposta pelo mesmo modelo de referência da ISO. O nível de enlace é o primeiro nível de software de uma estação integrada à rede SCOPUS, sendo que uma de suas funções principais é oferecer ao nível superior (transporte) uma interface lógica para a transmissão e recepção de mensagens, independente das características do hardware que implementa o nível físico. Mais especificamente o nível de enlace é responsável pela monitoração, programação e ativação das Interfaces de Rede quando da transmissão e recepção de quadros da linha. Na rede Multiplus foi retirada a camada de rede (segundo modelo OSI), uma vez que esta não prevê a possibilidade de troca de mensagens entre redes distintas. O controle lógico do enlace obedece à especificação IEEE 802.2 - classe 0, enquanto o controle de acesso ao meio segue a IEEE 802.3.

O nível de transporte por sua vez é responsável pelo controle da comunicação fim a fim entre duas estações da rede e oferece um serviço de troca de mensagens seguro, utilizando para isso os serviços do nível de enlace. A comunicação entre duas estações da rede através deste nível é efetuada em duas fases: a fase de conexão e a fase de transferência de dados. Na fase de conexão é estabelecida a comunicação entre as estações em questão, sendo trocadas informações posteriormente utilizadas na fase de transferência de dados, tais como parâmetros de identificação da estação chamada. Na segunda fase as estações trocam mensagens de dados, havendo para tanto mecanismos de controle de fluxo, controle de erros e seqüenciação de mensagens, que caracterizam o protocolo do nível de transporte. Este nível segue uma especificação particular do fabricante da rede.

Ao usuário desta rede, SCOPUS, que pretende utilizar sua infraestrutura de comunicação, são oferecidos os serviços pertinentes ao nível de transporte, cabendo ao mesmo implementar os demais níveis de protocolo da estrutura proposta pelo modelo de referência da ISO segundo as necessidades de sua aplicação.

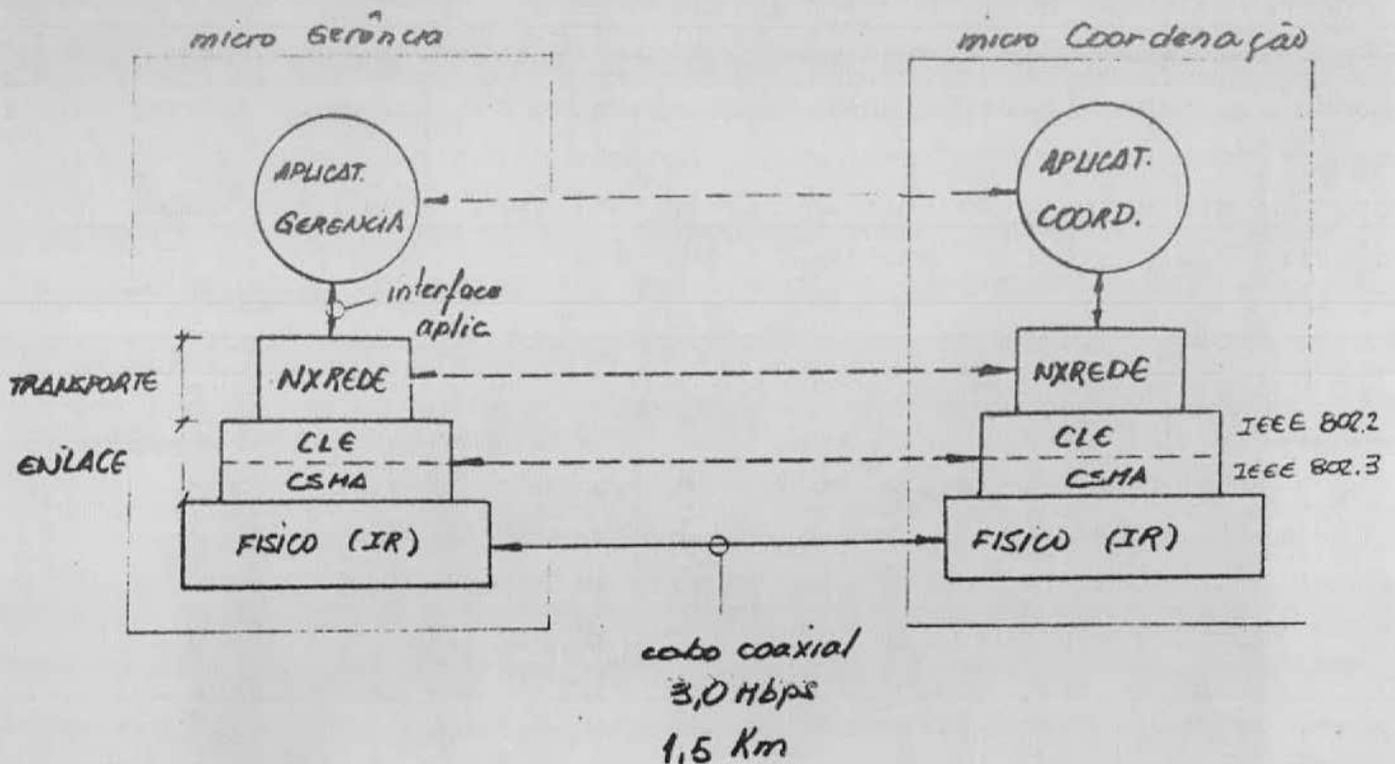


Figura 2.8 - Estrutura de protocolo da rede local SCOPUS

Primitivas de Acesso ao Nível de Transporte:

ABRECOM - primitiva de apresentação de um programa aplicativo à rede Multiplus. Através deste comando o programa passa a ser conhecido pela rede;

FECHACOM - retira o programa de aplicação do ambiente de comunicação da rede;

CONNECT - primitiva que estabelece uma ligação lógica entre dois programas de aplicação residentes em micros diferentes dentro da rede;

ENVIA - implementa o envio de dados efetivos de um programa aplicativo a outro dentro da rede;

RECEBE - permite a um programa aplicativo receber mensagens oriundas de outros aplicativos da rede.

Através deste conjunto de primitivas os vários micros que fazem parte da rede de gerenciamento podem trocar mensagens, de tamanho limitado, entre si. Estas mensagens permitem que os micros de gerência estabeleçam planos de produção e controle para os micros de processo, recebendo em seguida informes periódicos sobre o estado do processo (materiais e máquinas).

Do ponto de vista de uma aplicação de redes locais, por exemplo automação industrial, os usuários finais desta rede poderiam encará-la como se fosse um sistema de processamento distribuído com a função de oferecer os seus serviços disponíveis e permissíveis, a estes usuários. A rede, neste instante, deixa de ser um aglomerado de processadores, discos, memória, impressoras e programas ligados por sub-redes de comunicação, para ser um conjunto ordenado de recursos, com mecanismos de acesso padronizados. Com a finalidade de isolar os programas de aplicação do contato direto com a infraestrutura de comunicação (subredes) foram implementadas ferramentas básicas, que se encaixam no conjunto de funções de sistemas operacionais distribuídos. Estas ferramentas listadas abaixo, foram desenvolvidas pela FDTE observando as padronizações quando existentes:

- Sistema operacional multitarefa residente em cada estação;
- Troca de mensagens entre processos aplicativos;
- Gerenciador de Rede (configuração automática de núcleos de produção);
- Back-up global de bases de dados dos núcleos de produção;
- Transferência de Arquivos entre núcleos de produção.

Dentre estas ferramentas desenvolvidas será dada ênfase neste artigo, à Transferência de Arquivos entre núcleos de produção, uma vez que esta é uma ferramenta básica para a movimentação de dados entre os elementos da sub-rede de gerenciamento. As ordens de produção do núcleo de gerência para o núcleo de coordenação e a situação da produção, no sentido inverso, são transferidos de um ponto a outro da rede sob a forma de arquivos. Estes arquivos possuem campos definidos pelos programas aplicativos que os manipulam, podendo conter posição do estoque de matérias primas, estado atual das máquinas na planta, relação de placas a produzir, eficiência dos operadores, sugestão de parametrização do proces-

so para aumentar seu rendimento, etc.

3. TRANSFERÊNCIA DE ARQUIVOS DA REDE DE GERENCIAMENTO

No caso deste projeto de automação industrial como foi dito anteriormente, um dos serviços básicos que deve ser oferecido pela rede de gerenciamento é o de transferência, acesso e gerenciamento de arquivos. Tal serviço é oferecido pelo nível de aplicação da estrutura de protocolo anteriormente mencionada e foi implementado no caso desta aplicação tomando por base projetos preliminares de norma (Draft Proposal 8571-FTAM) da própria ISO.

Atualmente o modelo de referência da ISO descreve o nível de aplicação, como sendo constituído de três elementos:

- Elementos de Serviços Comuns da Aplicação (Common Application Service Elements (CASE's)), que oferecem serviços básicos (Exemplo: estabelecimento de conexão (associação de aplicação) a serem utilizados por diversas aplicações;
- Elementos de Serviços Específicos da Aplicação (Specific Application Service Elements (SASE's)), que oferecem serviços relacionados a uma aplicação específica, envolvendo ou não sistemas reais de computação. Como exemplos deste tipo de aplicação tem-se: Transferência, Acesso e Gerenciamento de Arquivos (File Transfer, Access and Management (FTAM)), Submissão Remota de Tarefas (Job Transfer and Manipulation (JTM)), Terminais Virtuais (Virtual Terminals (VT)), entre outros. Entretanto para oferecer tais serviços, os SASE's requisitam os serviços básicos oferecidos pelos CASE's.
- Elemento Usuário (User Element (UE)) - é responsável pela comunicação entre os elementos CASE's e SASE's, garantindo que os serviços solicitados por estes últimos sejam encaminhados aos CASE's.

Esta estrutura proposta pela ISO além de facilitar e otimizar a implementação dos serviços oferecidos pelo nível de aplicação, implica em maior confiabilidade do sistema por propor mecanismos de transações atômicas, em que todas ou nenhuma mudança referente a uma transação é efetuada, garantindo desta forma a integridade do sistema no caso de falhas.

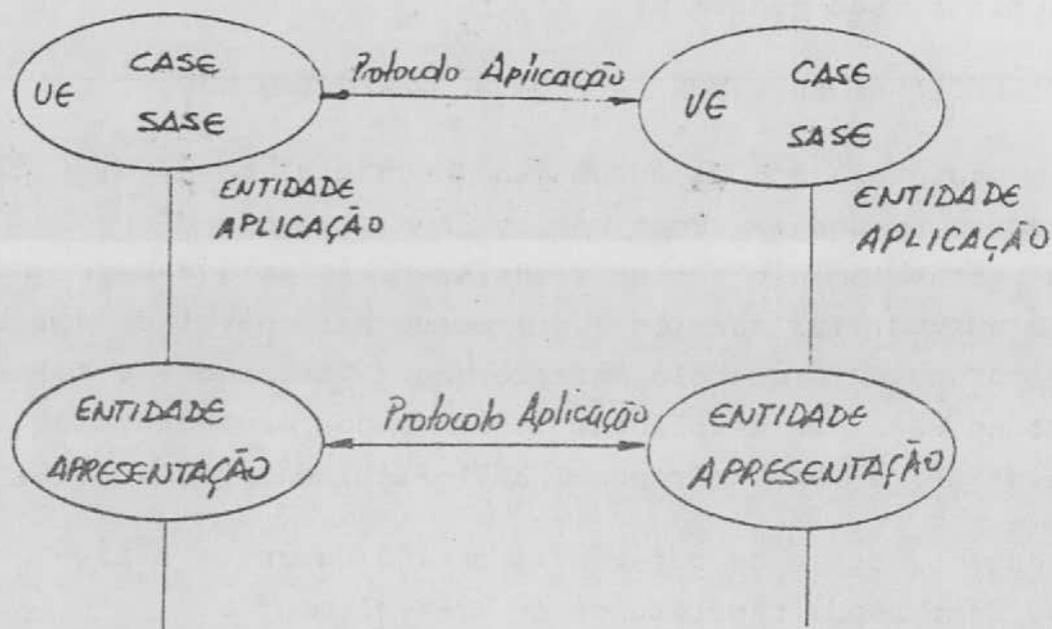


Figura 3.1 - Estrutura do Nível de Aplicação

Os projetos de norma (DP) mais recentes relativos a Transferência, Acesso e Manipulação de Arquivos (FTAM), de que se tem conhecimento, já se baseiam nesta estrutura do nível de aplicação proposta pela ISO, que devido a este fato naturalmente apresentam algumas mudanças em relação aos projetos de norma originais.

O protocolo de Transferência de Arquivos (PTA) da rede da ALCAN foi baseado na norma de projeto DP 8571-FTAM, publicado em maio de 1983, em que não consta menções relativas a esta estrutura do nível de aplicação baseada em CASE's e SASE's. Estudando um projeto de norma mais recente, DP8571- FTAM 2nd DP, publicado em 1985, pode-se observar que a maioria dos serviços foram mantidos e naturalmente mais bem especificados, acrescentando-se novas primitivas que consideram a nova estrutura proposta pela ISO para o nível de aplicação.

Em termos da aplicação em questão, o único serviço que será oferecido pela rede é o de transferência, acesso e gerenciamento de arquivos, o que não requer uma estrutura semelhante a da pro-

posta pela ISO, que prevê a possibilidade de se ter vários vários programas aplicativos associados ao nível 7. Considerando o aspecto que diz respeito a confiabilidade e integridade do sistema, o protocolo de transferência de arquivos implementado inclui mecanismos de recuperação de erro, oferecendo serviços do tipo "serviço de arquivos com recuperação de falhas" ("user correctable file service") segundo classificação apresentada no projeto de norma DP 8571-FTAM 2nd DP, que garantem a confiabilidade e integridade requerida por tal sistema. Entretanto a implementação deste protocolo prevê a inclusão de extensões do próprio protocolo e ao nível de aplicação propriamente dito, que possibilitem adequar o mesmo a outras aplicações segundo as normas da ISO.

Descrever-se-á em seguida a implementação do nível de aplicação, apresentando-se as fases do protocolo de transferência de arquivos a interface desta entidade de aplicação com o usuário do sistema.

3.1. Protocolo de Transferência de Arquivos

Antes de descrever o funcionamento do protocolo de transferência de arquivos através das diferentes fases e regimes que caracterizam a comunicação entre as entidades de aplicação, faz-se necessário definir os termos:

- fase: período de tempo no qual certas mensagens do protocolo são válidas e apresentam uma representação constante;
- regime: período no qual algum conjunto de informações é válido contextualmente.

Assim sendo, pode-se dizer que a transferência de arquivos entre duas entidades do nível de aplicação é realizada segundo as seguintes fases:

- a) estabelecimento de uma conexão de aplicação em que é estabelecida a conexão entre duas entidades de aplicação, que se identificam uma perante a outra;

- b) seleção de arquivo - em que é selecionado um arquivo, que é automaticamente associado a conexão anteriormente estabelecida;
- c) abertura de arquivo - em que o arquivo selecionado na fase anterior é aberto, para que seja possível proceder com a transferência de dados entre as entidades envolvidas na conexão em questão;
- d) transferência de dados - em que se efetiva a transferência de dados do arquivo selecionado, devidamente gerenciada pelas entidades do nível de aplicação envolvidas;
- e) fechamento de arquivo - nesta etapa pressupõe-se que foi finalizada a transferência dos dados do arquivo anteriormente selecionado e aberto, que é fechado, sendo possível a partir de então somente efetuar operações sobre os atributos do arquivo selecionado;
- f) "deseleção" de arquivo - o arquivo anteriormente selecionado é "deselecionado", desfazendo-se a associação existente entre tal arquivo e a conexão de aplicação correspondente;
- g) liberação da conexão de aplicação - a conexão estabelecida entre as duas entidades de aplicação envolvidas é desfeita.

A partir das fases acima apresentadas pode-se definir quatro regimes (ver figura 3.2):

- a) regime de conexão de aplicação - que existe enquanto há uma associação entre duas entidades de aplicação;
- b) regime de seleção de arquivo - durante o qual existe um determinado arquivo (selecionado) associado a conexão de aplicação;
- c) regime de abertura de arquivo - durante o qual é válido um conjunto de parâmetros que definem o controle de acesso ao arquivo selecionado;
- d) regime de transferência de dados - durante o qual se efetua a transferência de dados propriamente dita entre as entidades envolvidas.

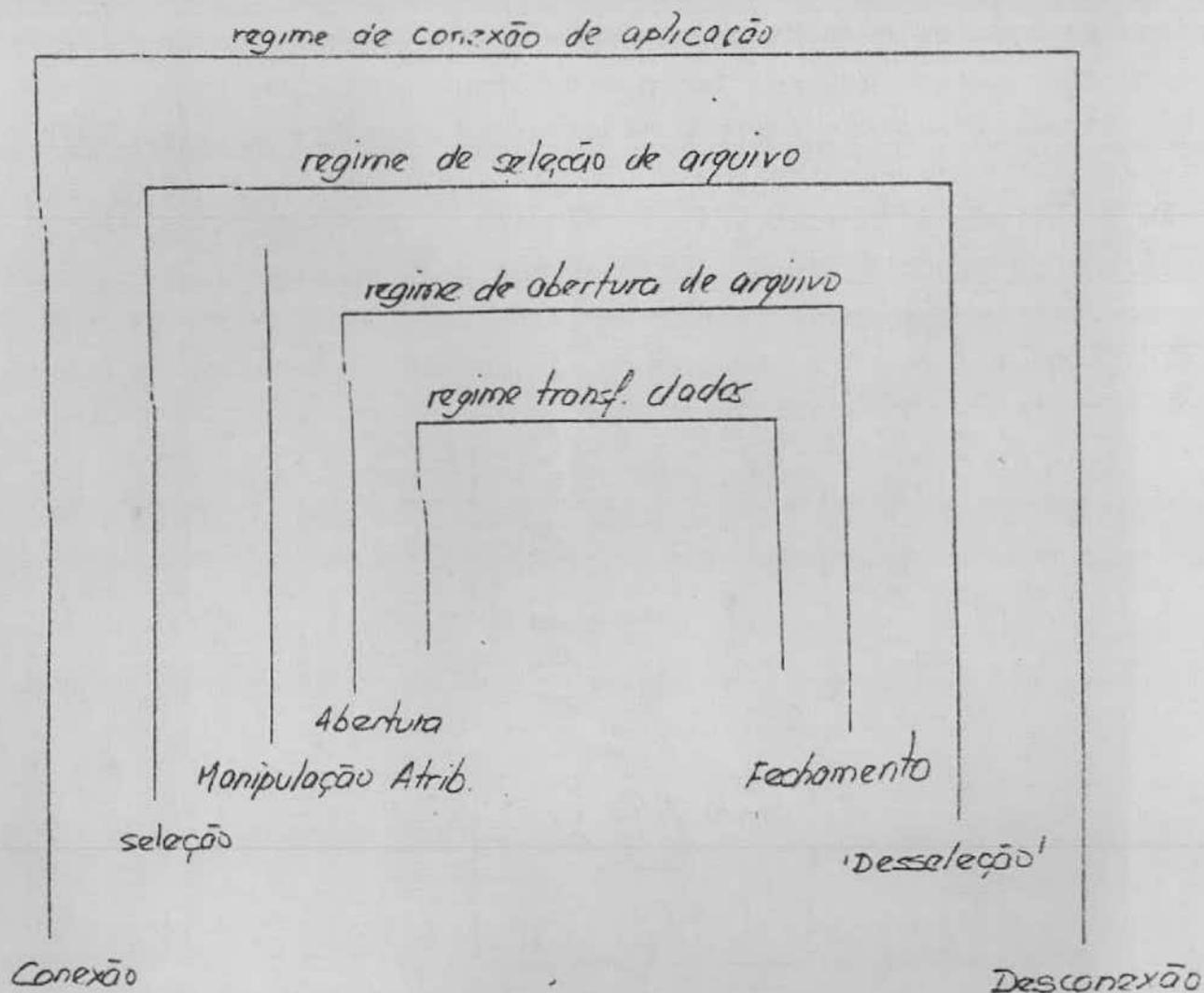


Figura 3.2 - Fases e regimes que caracterizam a comunicação entre as entidades de aplicação

Considerando as fases e os regimes que caracterizam a comunicação entre as entidades de aplicação quando da transferência de arquivos entre as mesmas, definiu-se as primitivas de interface com o módulo do usuário utilizadas por este para solicitar serviços dessas entidades. No item seguinte são apresentadas tais primitivas e o modo de funcionamento de tal módulo.

3.2. Interface com Usuário do Sistema

Como foi dito até agora, o nível de aplicação residente em cada estação da rede de gerenciamento oferece serviços de transferência, acesso e gerenciamento de arquivos ao usuário da mesma. Entretanto, precisam ser definidos meios para que tal usuário possa solicitar estes serviços ao nível de aplicação. Definiu-se então a estrutura apresentada na Figura 3.3, em que o módulo de interface do usuário tem a função de analisar o comando fornecido pelo usuário e em caso de não ser detectada nenhuma inconsistência no mesmo, proceder com a execução de tal comando solicitando os serviços da entidade de aplicação. Estes serviços são solicitados através das primitivas de interface.

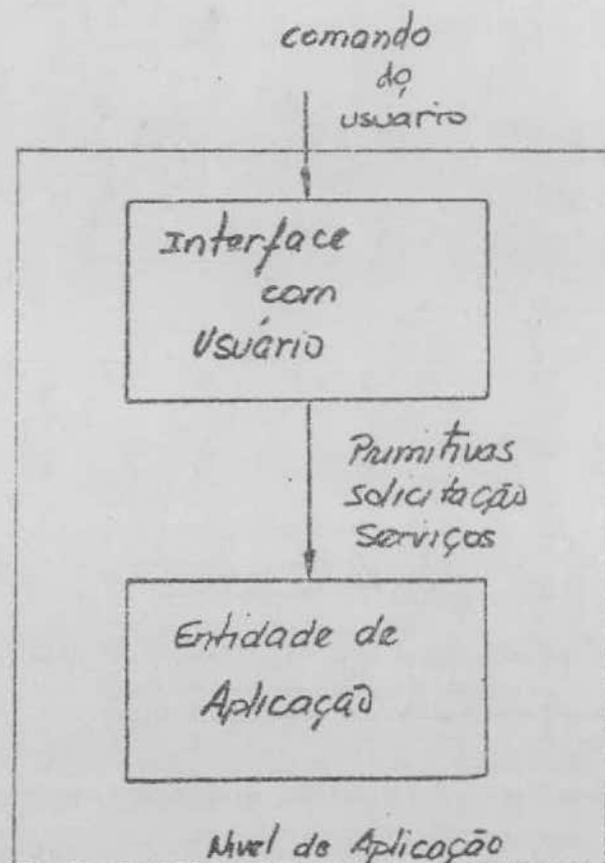


Figura 3.3 - Comunicação do usuário do sistema com o nível de aplicação

Esta estrutura oferece ao sistema uma grande flexibilidade, no sentido de que a implementação de novos comandos implica somente na alteração do módulo de interface com o usuário uma vez fixadas as primitivas de interface com a entidade de aplicação, que permanece inalterada. No caso da aplicação em questão, o usuário pode especificar um dos seguintes comandos:

- a) UPLOAD - transferência de dados de um arquivo de uma estação remota para a estação local;
- b) DOWNLOAD - transferência de dados de um arquivo da estação local para uma estação remota.

Estes comandos foram especificados tendo em vista as necessidades da aplicação envolvida. Entretanto, o nível de aplicação oferece condições para que seja implementada uma gama bem maior de comandos, que inclui tanto a cópia de um arquivo na estação remota, como também a obtenção de uma listagem, ou apresentação no vídeo ou cópia de um arquivo da estação remota na local; ou o exame e alteração de atributos de um arquivo da estação remota; ou ainda a remoção ou criação de um arquivo numa estação remota. A implementação de tais comandos implica exclusivamente em se desenvolver um módulo de interface com usuário mais poderoso, que possa analisar e interpretar tais comandos solicitando os serviços da entidade de aplicação adequadamente. Na realidade, encontra-se em desenvolvimento a implementação de um módulo de interface com o usuário que permite ao mesmo especificar comandos semelhantes ao sistema operacional SISNE (Sistema do Nexus - compatível com DOS), que pode ser instalado na própria rede SCOPUS como também na REDUSP [4].

As primitivas de interface são as seguintes:

- CONECTA - é usada pelo módulo de interface com o usuário para solicitar que a entidade de aplicação da estação local estabeleça uma conexão de aplicação com a entidade do mesmo nível de uma estação remota, especificada através do comando do usuário;
- CONECTADO - a entidade de aplicação envia tal primitiva ao módulo do usuário, caso tenha conseguido estabelecer

conexão de aplicação com a entidade parceira ou se tal conexão tiver sido estabelecida anteriormente;

- DESCONECTADO - a entidade de aplicação envia tal primitiva ao módulo do usuário, caso não tenha conseguido estabelecer conexão de aplicação ou se por alguma falha do sistema ou por iniciativa da entidade remota tal conexão for desfeita;
- SELECIONA - é usada pelo módulo de interface para solicitar que a entidade de aplicação selecione um arquivo no sistema de arquivos da estação remota. Sobre tal arquivo serão efetuadas as operações subseqüentes;
- SELECIONADO - a entidade de aplicação confirma através desta primitiva a existência do arquivo especificado pelo usuário e a sua seleção. O fato de um arquivo estar selecionado implica que o mesmo está associado a uma conexão de aplicação, e não pode ser selecionado por outra entidade de aplicação;
- CRIA - é usada pelo módulo de interface para solicitar que a entidade de aplicação crie um arquivo no sistema de arquivos associado a estação remota. Sobre tal arquivo serão efetuadas as operações subseqüentes;
- CRIADO - a entidade de aplicação confirma através desta primitiva a criação do arquivo especificado pelo usuário no sistema de arquivos da estação remota. A partir daí, tal arquivo passa a estar associado a conexão de aplicação estabelecida entre a entidade de aplicação da estação local e da estação remota especificada, não podendo ser selecionado por outra entidade de aplicação;
- SUPRIME - é usado pelo módulo de interface para solicitar que o arquivo anteriormente selecionado seja suprimido do sistema de arquivos da estação remota;

- SUPRIMIDO - a entidade de aplicação confirma que o arquivo anteriormente selecionado foi suprimido do sistema de arquivos da estação remota, não existindo mais nenhum arquivo associado a conexão de aplicação estabelecida entre a estação local e a estação remota especificada;
- "DESSELECCIONA" - é usado pelo módulo de interface para solicitar que o arquivo anteriormente selecionado seja "desselecionado", ou seja, deseja-se que seja desfeita a associação entre tal arquivo e a conexão de aplicação estabelecida. Isto indica que não se pretende mais efetuar operações sobre o arquivo em questão;
- "DESSELECCIONADO" - esta primitiva é usada pela entidade de aplicação tanto para confirmar um pedido de "desseleção", bem como para rejeitar um pedido de seleção (caso não exista o arquivo especificado na estação remota) ou um pedido de criação (caso já exista o arquivo especificado na estação remota) feito pelo módulo de interface com o usuário;
- ABRE - é usada pelo módulo de interface com o usuário, para solicitar a entidade de aplicação que abra o arquivo selecionado na estação remota. Esta operação é necessária para que se possa dar prosseguimento a transferência de dados propriamente dita;
- ABERTO - através desta primitiva a entidade de aplicação confirma, que a operação de abertura do arquivo selecionado na estação remota, foi efetuada com sucesso;
- FECHA - é usada pelo módulo de interface com o usuário para solicitar a entidade de aplicação, que feche o arquivo anteriormente aberto na estação remota. Isto indica que não se pretende mais efetuar operações de transferência de dados sobre o arquivo selecionado, sendo ainda possível efetuar operações sobre os atributos do mesmo;

- FECHADO - a entidade de aplicação envia esta primitiva ao módulo de interface com o usuário tanto para confirmar um pedido de fechamento de arquivo, bem como para rejeitar um pedido de abertura de arquivo, no caso de ocorrência de erro de acesso ao sistema de arquivos da estação remota;
- LE - é usado pelo módulo de interface com o usuário, para solicitar que seja lido o arquivo selecionado na estação remota e que seus dados sejam transferidos e gravados na estação local;
- GRAVA - é usado pelo módulo de interface com o usuário para solicitar que os dados do arquivo especificado na estação local sejam lidos, transferidos e posteriormente gravados no arquivo selecionado da estação remota;
- RESULTADO - através desta primitiva a entidade de aplicação, informa ao módulo de interface com o usuário, se a transferência de arquivos (leitura ou gravação de um arquivo na estação remota) por ele especificada foi efetuada com sucesso ou não;

Nota: Além destas primitivas, existem outras relativas a leitura e mudança de atributos, que não constam aqui por não serem usadas na aplicação em questão.

Assim sendo, foram definidos os seguintes estados para módulo de interface com o usuário:

- E1 - DESCONNECTADO - não existe nenhuma conexão de aplicação estabelecida entre a entidade de aplicação da estação local e a entidade de aplicação de uma estação remota qualquer da rede por iniciativa do usuário da estação local;
- E2 - CONECTADO - existe conexão estabelecida entre a entidade de aplicação da estação local e a entidade do mesmo nível da estação remota, especificada pelo usuário da estação local;

- E3 - SELECCIONADO - existe um arquivo selecionado na estação remota associado a conexão anteriormente estabelecida, sobre o qual serão realizadas as operações subseqüentes;
- E4 - ABERTO - o arquivo anteriormente selecionado na estação remota foi aberto, estando tudo preparado para se iniciar a transferência de dados propriamente dita;
- E5 - TRANSFERIDOS - está sendo realizada uma transferência de dados entre a estação local e a estação remota especificada.

A partir destes estados pode-se descrever o funcionamento do módulo de interface com o usuário através do diagrama de estados apresentado na Figura 3.4.



Figura 3.4 - Diagrama de estados referente a operação normal do módulo de interface com o usuário

Supondo que o usuário forneça ao sistema o comando UPLOAD, especificando o nome dos arquivos da estação local e remota, o módulo de interface com o usuário verifica se tal comando é consistente ou não. (Como o comando UPLOAD define que os dados do arquivo da estação remota devem ser lidos e transferidos para a estação local, nesta estação não deve existir o arquivo especificado). Em caso positivo, este módulo prossegue solicitando serviços à entidade de aplicação, de modo que o comando especificado pelo usuário seja executado, conforme ilustra o diagrama da Figura 3.5.

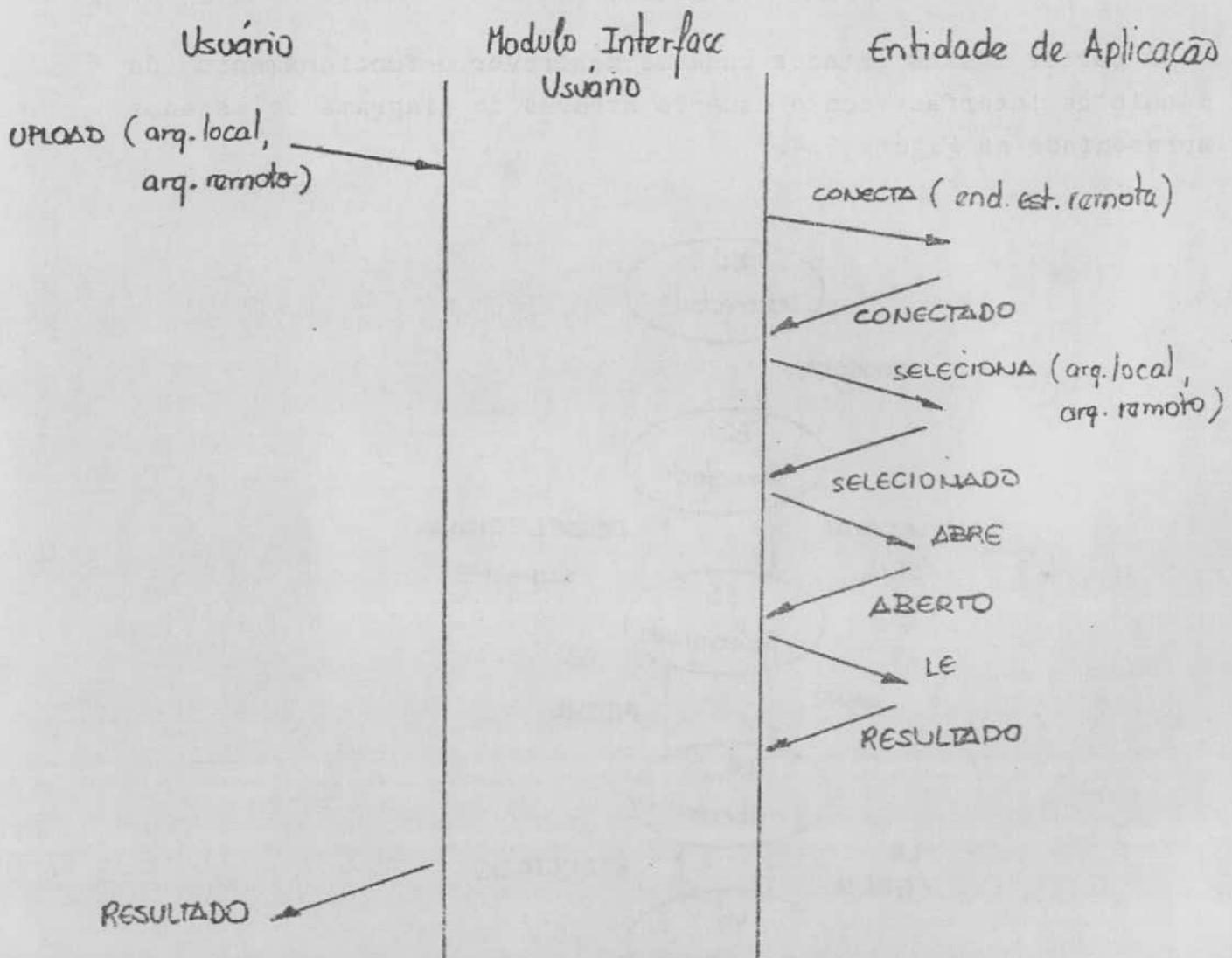


Figura 3.5 - Diagrama de troca de mensagens entre o usuário, o módulo de interface com usuário e a entidade de aplicação referente a operação normal na execução do comando UPLOAD

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estruturação do controle de processos de forma distribuída, ocasionando o surgimento de núcleos de equipamentos com requisitos de interligação específicos e distintos, além da aquisição destes equipamentos de fornecedores diferentes, obrigou um esforço adicional para a compatibilização destes vários sistemas entre si, de forma a cooperarem para integração dos vários núcleos de produção. De uma forma ou de outra os fabricantes já fizeram um esforço em direção à uma padronização das interfaces de seus equipamentos, porém não o suficiente para evitar termos de implementação tais como: "HDLC modificado"; "Token pass modificado"; "padrão Ethernet modificado". Cada uma das "sub-redes" é apenas compatível com seus próprios elementos, não existindo opções prontas de interligação para redes diferentes. O resultado prático desta "padronização "manon tropo" aparece quando o próprio usuário final precisa se preocupar em realizar as compatibilizações dos equipamentos, ao invés de só cuidar dos aplicativos que irão suportar a automação do seu processo industrial.

Surgido há pouco tempo (1984) e ainda em fase de definição, a especificação MAP experimenta atualmente um grande impulso dado o potencial de desempenho e economia que apresenta. O grau de investimento feito por indústrias de porte como a GM e mais recentemente a IBM na especificação de um padrão de conexões físicas e lógicas entre equipamentos, bem como no oferecimento de serviços, atraiu um número considerável de outros fabricantes menores, os quais procuram cada vez mais dar suporte àqueles interessados em seguir os padrões estabelecidos no MAP. Aparentemente o MAP se tornou irreversível, antes mesmo de ter sua tecnologia, sido aprovada em escala de utilização um pouco mais assídua do que plantas piloto.

Tendo em vista esta tendência crescente de se adotar o MAP como padronização no desenvolvimento de redes para automação industrial, que por sua vez toma por base sempre os modelos de referência da ISO e da CCITT, decidiu-se também adotar estes modelos no desenvolvimento dos protocolos utilizados nas "sub-redes" que constituem o Sistema Digital de Controle Distribuído (SDCD) implementado para supervisionar e controlar os processos da fábrica de

alumínio da ALCAN - Alumínio do Brasil S.A.. Como exemplo, pode-se citar o Protocolo de Transferência de Arquivos desenvolvido para a rede de gerenciamento, que foi especificado e implementado a partir das normas de projeto DP 8571-FTAM da ISO. Isto permite-nos adequar com facilidade a estrutura adotada para o SDCD da aplicação vigente à estrutura proposta pelo MAP, utilizando-se as ferramentas desenvolvidas em outras aplicações futuras.

O projeto do sistema de automação está atualmente na fase final de implantação e testes dos serviços da sub-rede de gerenciamento, sendo possível, brevemente, uma avaliação mais previsa do seu desempenho em ambientes industriais.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Stallings, Willian - Local Area Networks: An Introduction Prentice Hall - 1984.
- [2] Bux, W.; Closs F.; Janson, P.A. - LCN Design - Local Computer Design - IFIP - 1982.
- [3] Communication Controller Module - Bulletin 1771 - 6.5.15-User's Manual Allen-Bradley Company - 1985.
- [4] Campos, Edit G.L.; Carvalho, Antonio J.C. - Projeto de Infraestrutura de Comunicação para uma Rede Local na EPUSP - XVIII Congresso Nacional de Informática - Setembro/1985.
- [5] Lindsay, Donald C. - Local Area Networks: Bus and Ring vs Coincident Star - Computer Communications Review - Julho/1982.
- [6] Watson, Richard W.; Fletcher, John G. - An Architecture for Support of Network Operating System Services - Computer Networks - 1980.
- [7] Fujii, E.F.M.; Navarro, L.C.; Ribeiro Fo., H.; Coimbra, V. M.G.G. - Multiplus - Sistema Operacional para uma Rede Local de Microcomputadores - XI Seminário Integrado de Software e Hardware - SEMISH.
- [8] Kaminski Jr., Michael A. - Protocols for Communicating in the Factory - IEEE Spectrum - Abril/1986.

- [9] Laduzinsky, Alan J. - The MAP to Automation - Control Engineering - Outubro/1985.
- [10] Babb, Michael - Recent Trends in Industrial LAN's - Control Engineering - Agosto/1985.
- [11] Massola, A.M.A.; Cugnasca, C.E.; Carvalho, A.J.C.; Fumis, H.P. - Sistemas de Automação Modernos: uma aplicação na indústria de alumínio - revista Politécnica, número 191 - Março/1986.
- [12] Crowder, Robert - The MAP Specification - Control Engineering - Outubro/1985.
- [13] Fordsick, Harry, C.; Schantz; Richard, E.; Thomas, Robert - Operating Systems for Computer Networks - Computer - Janeiro/1978.
- [14] Bazel, Jerry - Protocols Compete for LAN Market - Mini-Micro Systems - Setembro/1985.
- [15] Rashid, R., F. - Network Operating Systems - Lecture Notes in Computer Science Vol. 143 - 1982.
- [16] Probst, Wilfried; Bachmann, Gregor - Operating Systems Design with Computer Network Communication Protocols - Tutorial on Distributed Systems Design - IEEE Catalog E110 151-1 - Outubro/1979.
- [17] Protoc 1.1 - Manual de Instalação e Operação - Telemática Sistemas Inteligentes - Março/1986.
- [18] Ribeiro Fo., Henrique; Navarro, Luis C. - Protocolo de Comunicação da Rede SCOPUS - Boletim SCOPUS nº 69 - Março/1984.
- [19] Perez, Victor R.A. - Redes Locais: Níveis "0" e "1/2" - Boletim SCOPUS nº 85 - Julho/1985.
- [20] ISO DP 8571/1 - Open Systems Interconnection - File Transfer, Access and Management - Part 1: General Description - ISO - Maio/1983 e 1985.
- [21] ISO DP 8571/2 - Open Systems Interconnection - File Transfer, Access and Management - Part 2: The Virtual Filestore - ISO - Maio/1983 e 1985.

- [22] ISO DP 8571/3 - Open Systems Interconnection - File Transfer, Access and Management - Part 3: The File Service Definition - ISO - Maio/1983 e 1985.
- [23] ISO DP 8571/4 - Open Systems Interconnection - File Transfer, Access and Management - Part 4: The File Protocol Specification - ISO - Maio/1983 e 1985.
- [24] Larmouth, John - Common Application Service Element (CASE) Standardization - Open Systems Data Transfer nº 19 - OMNICOM Information Service - Dezembro/1985.
- [25] Martucci Jr., M.; Zerbini, R.C. - "Controle de Processos" 1º CONAI - 1983.
- [26] Ruggiero, W.V. - "Arquitetura de Sistemas Distribuídos para Controle de Processos" - 1º SICOP - 1981.