

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO E AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

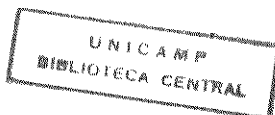
UM SISTEMA PARA AUXÍLIO AO PROJETO DE  
REDES LOCAIS DE COMPUTADORES OSI/ISO

por: Eng. Suhel Georges Zogheib  
orientador: Prof. Dr. Manuel de Jesus Mendes†

9223489/BE

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia  
Elétrica FEE - UNICAMP como parte dos  
requisitos exigidos para a obtenção do  
título de MESTRE EM ENGENHARIA

Julho de 1992



---

Dedico este trabalho aos meus pais,  
Georges e Marian,  
por todo amor e carinho.

PARA FERNANDA.

---

---

## AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, por todo apoio, amizade e amor que nunca me faltaram.

Ao Prof. Dr. Manuel de Jesus Mendes, não só pela orientação neste trabalho como também pela amizade e confiança em mim depositados.

Aos eng. Larry M. L. Lins, prof. Maurício F. Magalhães e prof. Waldomiro P. D. C. Loyolla, pela coorientação sem a qual este trabalho não teria sido concluído.

Aos amigos Guido, Rubén e Luiz Eugênio pela amizade, colaboração e incontáveis discussões que fizeram o trabalho evoluir.

Aos amigos Leonardo, Jayme, Luciano, João, Maurílio pelo companheirismo e bons momentos.

A todos os amigos de trabalho, república e do LCA.

Aos colegas Nazareno e Eber pelo auxílio na revisão final desse trabalho e às colegas da ADAI (usina/BH) pelo auxílio nas pesquisas bibliográficas.

A Cia Aços Especiais Itabira e Universidade Estadual de Campinas por ter me dado a possibilidade de fazer este trabalho.

E a todos aqueles que colaboraram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

---

---

## RESUMO

Este trabalho concentra-se na adaptação e integração de um Sistema de Apoio a Projeto com um Sistema Especialista em controle, e na composição de uma base de conhecimento em redes locais de computadores, para a estruturação dos módulos de determinação de especificações e de projeto em um Sistema de Apoio ao Projeto de Redes Locais de Computadores, denominado Sistema Atual. Esse sistema é parte integrante de um Sistema Global, em desenvolvimento na UNICAMP, cujo propósito é suportar a aplicação de uma metodologia integrada de planejamento, projeto e implementação de redes de computadores.

Conceitos e definições de redes de computadores, com ênfase para redes locais, e de sistemas especialistas são apresentados, juntamente com considerações sobre a construção da base de regras, implementação do Sistema Atual e desenvolvimentos futuros.

Como exemplo de aplicação desse Sistema, é apresentada a especificação de uma rede local para a aciaria da Cia Aços Especiais Itabira - ACESITA e estabelecida sua comparação com especificações de três fornecedores.

---

---

## ABSTRACT

The present work is mainly concerned on the adaptation and integration of a Design Support System with a Control Expert System and on a Local Network Knowledge Basis composition, in order to structure the specifications determination and design modules into a LAN Design Support System, named Actual System.

This System is part of a Global System, which is being developed at UNICAMP, intended to support the application of a integrated methodology for planning, design and implementation of computers networks.

Concepts and definitions related to computers networks, with emphasis to local networks, and to expert systems are presented, together with the steps taken in the construction of the rules basis, in the Actual System implementation and an overview on future developments.

A real LAN is specified to the Cia. Aços Especiais Itabira - AGESITA steelworks area an application example, and compared with three other suppliers proposals.

---

ÍNDICE

● 1 - INTRODUÇÃO	
▶1.1 - REDE LOCAL DE COMPUTADORES	1
▶1.2 - MOTIVAÇÃO DO TRABALHO	3
▶1.3 - DESENVOLVIMENTO	3
● 2 - METODOLOGIA, ESTRUTURA E LÓGICA DO SISTEMA	
▶2.1 - INTRODUÇÃO	6
▶2.2 - METODOLOGIAS PARA O PLANEJAMENTO E PROJETO DE REDES DE COMPUTADORES	7
▶2.3 - METODOLOGIA DO SISTEMA	14
▶2.4 - ESTRUTURA E LÓGICA DO SISTEMA	19
▶2.5 - RESUMO	23
● 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDES DE COMPUTADORES	
▶3.1 - INTRODUÇÃO	24
▶3.2 - MODELO DE REFERÊNCIA OSI/ISO E PROTOCOLOS	26
▶ CAMADA FÍSICA	29
▶ CAMADA DE ENLACE	32
▶ CAMADA DE REDE	35
▶ CAMADA DE TRANSPORTE	37
▶ CAMADA DE SESSÃO	39
▶ CAMADA DE APRESENTAÇÃO	40
▶ CAMADA DE APLICAÇÃO	41
▶3.3 - TOPOLOGIAS	46
▶ MALHA	48
▶ ESTRELA	49
▶ ANEL	51
▶ BARRAMENTO	53
▶ HÍBRIDAS	55
▶3.4 - MEIOS FÍSICOS	56
▶ PAR TRANÇADO	57
▶ CABO COAXIAL	59
▶ FIBRA ÓTICA	61

## ÍNDICE

---

▶3.5 - TÉCNICAS DE ACESSO AO MEIO	65
▶ CLASSIFICAÇÃO EM RELAÇÃO À MULTIPLEXAÇÃO NO DOMÍNIO DO TEMPO E DA FREQUÊNCIA	68
▶ CLASSIFICAÇÃO EM RELAÇÃO À MULTIPLEXAÇÃO DO CANAL	69
▶3.6 - ANÁLISE DE DESEMPENHO	73
▶ ANÁLISE DE DESEMPENHO DE REDES LOCAIS	74
▶ REDES EM ANEL	77
▶ REDES EM BARRAMENTO	81
▶ ESTUDOS COMPARATIVOS	84
▶3.7 - INTERLIGAÇÃO DE LAN	88
▶3.8 - RESUMO	91
● 4 - IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	
▶4.1 - INTRODUÇÃO	92
▶4.2 - SISTEMAS ESPECIALISTAS	93
▶ SISTEMAS BASEADOS EM REGRAS DE PRODUÇÃO	95
▶ MÁQUINA DE INFERÊNCIA	96
▶4.3 - SISTEMA ESPECIALISTA EM PROJETO DE REDES LOCAIS	99
▶ AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO	100
▶ REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	101
▶ MANIPULAÇÃO DO CONHECIMENTO	102
▶4.4 - BASE DE REGRAS	103
▶4.5 - BASE DE FATOS	111
▶4.6 - IMPLEMENTAÇÃO ATUAL	115
▶4.7 - ANÁLISE DE CUSTOS	117
▶4.8 - RESUMO	119
● 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO - ACIARIA DA ACESITA	
▶5.1 - INTRODUÇÃO	121
▶5.2 - ACIARIA - CIA AÇOS ESPECIAIS ITABIRA	122
▶5.3 - ARQUITETURA DE INFORMAÇÃO DA ACIARIA	126
▶5.4 - EXECUÇÃO	129
▶5.5 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS	133
▶5.6 - RESUMO	134

---

## ÍNDICE

---

● 6 - CONCLUSÃO	
▶6.1 - PROPOSTA	136
▶6.2 - IMPLEMENTAÇÃO	137
▶6.3 - FUTURO	141
● R - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
● A - ANEXOS	



## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - REDE LOCAL DE COMPUTADORES

As comunicações de dados evoluíram bastante nos últimos anos. Com isso, muitos serviços, que não eram disponíveis anteriormente, são hoje facilmente fornecidos.

Essa evolução ocorreu tanto em redes a longa distância como em redes locais, com características bem distintas. Algumas das principais características que diferenciam uma rede local de uma a longa distância são: alta taxa de transmissão, distância geográfica limitada, baixa taxa de erros, etc. Uma rede local pode ser definida de várias maneiras, desde que se mantenham as características acima.

Uma boa definição de rede local pode ser: um sistema que conecta diferentes dispositivos de processamento, permitindo compartilhamento de recursos e alta velocidade de comunicação a pequenas distâncias.

Redes locais são úteis em vários ambientes, tais como: fábricas (industrial), escritórios, universidades, etc. Devido à complexidade desses ambientes e à variedade de requisitos (serviços, aplicações, expansibilidade, confiabilidade, etc.) torna-se necessário que de tais fatores se faça uma profunda análise, para que a rede local opere adequadamente, ou seja, requer-se um planejamento e projeto da rede.

O presente trabalho foi elaborado, objetivando-se uma maior análise em redes locais de computadores OSI/ISO (Open System Interconnection/International Standard Organization); para isso, alguns conceitos e elementos de redes proprietárias e a longa distância serão descritos.

## Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

---

Uma das mais importantes decisões na construção de uma rede de computadores é a de se usar uma solução padrão ou proprietária. As soluções proprietárias são melhores em aplicações onde o desempenho é um fator importante, ao passo que a maioria dos requisitos de comunicação de dados são alcançados em soluções padrão. Uma solução padrão é mais adequada, por várias razões: existe um maior número de fornecedores oferecendo produtos que aderem aos padrões, contínuo desenvolvimento dos produtos oferecidos, baixo custo, devido à competitividade entre os fornecedores, etc. Além disso, soluções padrão permitem a interoperabilidade entre os diversos dispositivos, num sistema de comunicação.

O planejamento e projeto de uma rede local requerem considerações de grande número de atividades: estimativa de tráfego, análise de ambiente, de requisitos e de configuração, estimativa de mercado, avaliação da capacidade e tipo de cada equipamento, análise de custo/benefício, etc. Por causa de tantas atividades distintas, o planejamento e projeto de uma rede não são um processo trivial, sendo necessários projetistas de rede altamente qualificados. Entretanto, tornou-se desejável e necessário automatizar o conhecimento desses projetistas, de modo que os que têm pouca ou nenhuma experiência possam projetar uma rede de computadores. Essas são algumas das razões pelas quais se optou pelo desenvolvimento deste trabalho (sistema), voltado para redes abertas OSI/ISO.

Paralelamente à evolução das redes de computadores, os métodos de planejamento e projeto passaram de processos manuais e intuitivos para sofisticadas técnicas de projeto auxiliadas por computadores. Recentemente, tem-se dado muita atenção à aplicação de técnicas de inteligência artificial (Sistema Especialista) à solução de problemas como esses. Um sistema especialista contém o conhecimento e emula processos de análise e decisão de especialistas em praticamente qualquer campo do conhecimento humano.

## 1.2 - MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

A motivação inicial para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado veio da necessidade de se elaborar uma ferramenta computadorizada, que pudesse auxiliar no projeto de uma rede de computadores.

Os trabalhos desenvolvidos na UNICAMP [1] e [2], a disponibilidade da tecnologia em sistemas especialistas, os recentes estudos e reflexões sobre uma metodologia de planejamento, projeto e implementação de redes de computadores, motivaram o enriquecimento do escopo inicial, no sentido de se desenvolver um Sistema Global capaz de sistematizar e apoiar a aplicação da referida metodologia.

## 1.3 - DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Ao longo desta dissertação, pretende-se mostrar todos os passos necessários para a elaboração do Sistema Atual e as perspectivas para a implementação do Sistema Global. Conceitos e definições de redes de computadores, enfatizando redes locais, e de sistema especialista, considerações levadas na construção da base de regras e implementação do Sistema Atual também serão apresentados.

No capítulo 2º, intitulado Metodologia, Estrutura e Lógica do Sistema, descrevem-se, de forma geral, na literatura alguns trabalhos que tratam do planejamento e projeto de redes de computadores. A metodologia utilizada para o planejamento e projeto de uma rede de computadores é apresentada, sendo que uma ênfase maior é dada à parte de projeto, que é o propósito atual do trabalho. Complementando o capítulo, apresenta-se qual e como é a estrutura e lógica do sistema proposto.

## Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

---

No capítulo 3º, intitulado Base de Conhecimento em Redes de Computadores, apresenta-se o modelo de referência adotado pela ISO, para permitir uma padronização no desenvolvimento das redes de computadores, introduzem-se alguns conceitos relacionados às redes locais de computadores e analisam-se também alguns trabalhos voltados para os seus desempenhos. Grande parte dos conhecimentos adquiridos neste trabalho foi obtida através dos estudos realizados em análise de desempenho de redes locais, que estão disponíveis na literatura. Para isso, resumiram-se os conceitos dos elementos topologia, meio físico e métodos de acesso, considerados na literatura como importantes para o projeto de redes, objetivando uma melhor análise desses trabalhos, para a implementação da base de conhecimento.

O quarto capítulo, intitulado Implementação do Sistema, aborda os passos envolvidos na elaboração do sistema global. Para isso, são descritos:

- . alguns conceitos de sistemas especialistas que são úteis à apresentação do sistema proposto;
- . o sistema especialista para projeto de redes locais, que é uma adaptação do [1];
- . as etapas associadas ao desenvolvimento da base de regras (base de conhecimentos), juntamente com as dificuldades encontradas e as suposições consideradas para as variáveis de entrada desta base;
- . as variáveis utilizadas para a base de fatos;
- . problemas e dificuldades surgidos com o inter-relacionamento do sistema especialista com o sistema de aquisição de dados.

Mostra-se também como foi considerada a análise de custos e os valores, em US\$, dos hardwares associados ao projeto de uma rede de computadores. Os detalhes dos algoritmos do sistema especialista são mostrados em [1].

## Capítulo 1 - INTRODUÇÃO

---

O quinto capítulo, Exemplo de Aplicação, apresenta um exemplo de aplicação do sistema, que tem como objetivo a especificação de uma rede local na Aciaria da Cia Aços Especiais Itabira - ACESITA. Os dados de entrada, os passos e resultados dessa aplicação são mostrados no decorrer do capítulo. Por fim, faz-se uma comparação dos resultados apresentados pelo sistema com outros emanados de propostas de fornecedores nacionais, com a finalidade de verificar a utilidade do sistema atual.

No capítulo 6º, são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido, ressaltando-se que uma implementação mais rica, ou seja, com um maior número de detalhes de planejamento e projeto de redes de computadores, que não foram considerados, requer um investimento substancial de tempo para a aquisição do conhecimento teórico e prático. São também sugeridos alguns trabalhos futuros que poderão ser implementados, enriquecendo e ampliando o presente, de forma a torná-lo um sistema ideal para o planejamento e projeto de redes.

## CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA, ESTRUTURA E LÓGICA DO SISTEMA

### 2.1 - INTRODUÇÃO

Existem muitas definições de redes locais, [03], [04], [05], [06], e outros. Assim, além da definição no capítulo anterior, uma LAN (Local Area Network) também pode ser definida como um sistema que permite a interconexão de diversos dispositivos e a troca de informações entre eles. Os requisitos são: localização geográfica, tipos de dispositivos e de serviços, tipo e volume de tráfego, capacidade e desempenho, etc.

Conforme abordado no capítulo 1, a complexidade e diversidade de requisitos dos ambientes onde as redes locais são aplicadas requer uma análise total dos seus serviços, para realização de um planejamento e projeto adequado da rede.

Nos últimos anos, as indústrias voltadas para a comunicação de dados evoluíram acentuadamente, o que provocou uma grande mudança nas tecnologias dos equipamentos, nas arquiteturas de redes, nos ambientes de trabalho e nas necessidades dos usuários.

Com o avanço tecnológico dos equipamentos e com as disponibilidades atuais de hardware e software, a comunicação entre os equipamentos cresceu bastante. Estas mudanças levaram os projetistas e/ou planejadores a um desafio maior, no que diz respeito às especificações e análises de soluções alternativas, para determinar a melhor estratégia para modernização ou planejamento e projeto das redes. Com isso, o número de estudos e trabalhos voltados para o planejamento, projeto e implementação de redes locais tem aumentado muito nos últimos anos.

Tudo isso conduziu à aplicação de uma metodologia e à elaboração de um sistema de auxílio ao planejamento e projeto de redes

OSI/ISO.

O que se pretende, nesse capítulo, é apresentar a metodologia para planejamento e projeto de redes de computadores OSI/ISO utilizada no Sistema Global a ser implementado. Para tal, citam-se os trabalhos e/ou metodologias mais recentes na literatura de forma estruturada, possibilitando uma análise comparativa com a metodologia aplicada. Apresenta-se também a estrutura e lógica de funcionamento do Sistema Atual elaborado como parte integrante do Sistema Global.

O planejamento e projeto foram tratados em cada um desses trabalhos seguindo enfoques variados. Alguns abordam certos aspectos que as vezes foram desconsiderados ou apenas citados por outros. Considerando-se essa diversidade de tratamento do problema, todos esses aspectos são apresentados referenciando os trabalhos que os abordam. Alguns trabalhos e metodologias que seguem uma linha diferente, desses anteriores, serão apresentados separadamente.

Os trabalhos referidos nesse capítulo dão maior ênfase às redes locais de computadores. Por outro lado, algumas metodologias utilizadas em redes de comunicação de voz e redes de comunicação de dados a longa distância serão apresentadas como modelos de metodologias para redes locais de computadores.

### 2.2 - METODOLOGIAS PARA O PLANEJAMENTO E PROJETO DE REDES DE COMPUTADORES

Os principais aspectos, relacionados ao planejamento e projeto de uma rede, considerados na literatura, são descritos a seguir.

Existem muitas metodologias e trabalhos dedicados ao planejamento e projeto de redes de computadores, tanto em ambientes industriais

como de escritórios, além das que são utilizadas em redes de comunicação de voz.

Esses trabalhos apresentam diferentes formas para abordagem do assunto. Alguns são mais dirigidos à especificação e definição do hardware da rede [07], outros, além disso, incluem a avaliação de custos [08] [09]. Existem também aqueles que tratam da implantação ou instalação [06]: especificações elétricas, características dos cabos, lay-out físico, tráfego e confiabilidade.

De uma forma geral, esses trabalhos enfatizam as topologias, meios físicos e métodos de acesso ao meio mais utilizados em redes de computadores. Outros aspectos considerados nesses trabalhos são: padrões internacionais voltados para redes de computadores, conceitos de engenharia, etc.

Segundo Karp [07], "projetar uma rede local que satisfaça a todos os requisitos do usuário não é uma tarefa fácil. Esse processo requer a escolha da topologia, meio físico e do método de acesso". Para Knisley [06], "o projeto efetivo e uso de uma LAN dependem do conhecimento e das limitações de suas capacidades".

Além dos trabalhos citados acima, existem ainda aqueles dedicados ao planejamento. São, porém, dirigidos para as considerações de todos os estágios do ciclo de vida de uma rede, desde a análise dos requisitos até a instalação e manutenção [08] ... [14]. Segundo Cotton [12], o planejamento é essencial para o sucesso do projeto de uma LAN.

As metodologias usadas para o planejamento e projeto de uma rede englobam todas as tendências citadas acima, aplicando ferramentas (técnicas) para descreverem cada fase do ciclo de vida de uma rede.

Geralmente, as etapas do planejamento de uma rede podem ser consideradas como: determinação das especificações (requisitos),



projeto (arquitetura da rede), análise de custos e benefícios, instalação e manutenção. Em cada uma das etapas acima, o planejamento deve ser atualizado sempre que novas informações se tornarem conhecidas e/ou através das realimentações. Os trabalhos voltados para o planejamento, citados acima, abordam cada uma dessas fases diferentemente, com maior ou menor riqueza de detalhes.

A etapa mais importante do planejamento de uma rede é a determinação das especificações funcionais, ambientais e técnicas, [09] [10] [11] [12], que identifica clara e definitivamente os requisitos do usuário: Geografia servida (número de usuários, distâncias, etc.), tipos de dispositivos, serviços oferecidos aos usuários, tipos e volume de tráfego, capacidade e desempenho da rede. Outro aspecto, utilização de uma solução padronizada ou não, é enfatizado em [08] e [12] como aquele mais importante nessa fase.

Para a etapa de projeto, todos esses trabalhos seguem o mesmo propósito, ou seja, analisam tráfego, taxa de transmissão, meios físicos, topologias e métodos de acesso ao meio. As vezes, utilizam-se diagramas (árvore de seleção) que permitem a seleção simplificada de uma rede, através de perguntas e respostas [08]. Outro aspecto, considerado em [08] [09] [12] [13] [14] [15], é a análise de custo/benefício utilizada para comparação das alternativas de investimentos: o projeto com menor taxa custo/benefício é preferido. Consideram-se em [06], ainda, nesta fase: conceitos de engenharia (sinal, codificação, transmissão, etc.), formato lógico da informação, etc.

A fase de instalação [11] [12] [15] deve ser cuidadosamente planejada, já que custos e cronogramas devem ser cumpridos. Esta etapa trata da instalação de componentes de hardware e software, como meios físicos, interfaces, servidores, etc. Paralelamente à instalação do projeto, executam-se os testes de hardware e software.

## Capítulo 2 - METODOLOGIA, ESTRUTURA E LÓGICA DO SISTEMA

---

A última fase diz respeito à administração (gerenciamento, controle e segurança) e manutenção da rede [12] [15].

Tom [09] aborda os aspectos relacionados ao planejamento e à instalação de redes de computadores em ambientes industriais, apresentando algumas características das redes industriais e suas implicações no projeto.

Chianese [15] faz uma abordagem completa de todas as fases envolvidas em um projeto de rede local, desde os requisitos e especificações dos usuários, passando pela análise de custos, até a implementação, teste e manutenção. Tal metodologia foi considerada como base para a que foi utilizada no sistema proposto nesta dissertação.

Resume-se a seguir o trabalho dissertado em [11], mostrando o conjunto de tarefas necessárias à metodologia. Essas tarefas compoem as etapas citadas acima.

Locking [11] focaliza como uma empresa define a estratégia de construção de uma rede e escolhe uma solução específica para o problema. Uma rede é tão multidimensional quanto a maioria dos sistemas que se podem pensar e, por isso, a formulação estratégica e a implementação requerem considerável organização e análise [11]. Este trabalho segue todos os passos necessários para implementar uma estratégia de rede: escolher uma solução, planejar a instalação, instalar o sistema, testá-lo e executá-lo, mas não tece detalhes sobre os requisitos e elementos de uma rede, como, por exemplo, meio físico, topologia, método de acesso, tráfego, etc. O artigo cita três níveis de estratégia que precedem o plano de implementação de uma rede de comunicação de dados (aplicável a LAN, CAN, MAN e WAN), como estratégia da corporação, sistema de informação de gerenciamento (MIS) e objetivos do grupo de redes. O trabalho apresenta algumas questões que devem ser consideradas para a estratégia de construção da rede, de modo a auxiliar na elaboração desta. Após ser definida esta estratégia, utiliza-se

## Capítulo 2 - METODOLOGIA, ESTRUTURA E LÓGICA DO SISTEMA

---

uma metodologia para selecionar a rede. As tarefas envolvidas nessa metodologia são:

- . executar uma análise das necessidades, identificando-as, juntamente com as medidas e o inventário dos sistemas existentes, de forma a estabelecer uma análise do fluxo de informação;
- . determinar a tecnologia - limitar o campo das tecnologias disponíveis, ou seja, após a tarefa anterior, definir as aplicações necessárias;
- . estabelecer critérios de seleção - definir os que serão aplicados na seleção da rede, a fim de que a empresa atinja suas necessidades de comunicação;
- . desenvolver uma lista de questões - oferecer aos fornecedores informações específicas através de uma lista de questões e respostas (tráfego, localização, aplicações, tipos de serviço, etc.);
- . identificar fornecedores - contactar os fornecedores de redes em potencial, para informações sobre seus produtos;
- . desenvolver questões para fornecedores e usuários desses - coletar informações dos fornecedores (atividades no mercado, soluções alternativas, etc.) e dos usuários que utilizam os seus produtos;
- . entrevistar fornecedores - adquirir um conhecimento da complexidade técnica de cada produto antes de elaborar o pedido para proposta;
- . desenvolver um modelo de avaliação - o propósito deste modelo é fornecer uma medida objetiva dos diferentes produtos oferecidos;

- . definir a proposta - o que deverá ser feito depois de todas as tarefas acima estarem concretizadas;
- . analisar proposta e escolher sistema: - se todas as fases acima tiverem sido desenvolvidas adequadamente, este processo não deve ser difícil.

O trabalho apresenta ainda o custo como sendo um dos mais importantes fatores associados com o processo acima. Usualmente, é melhor identificar um nível mínimo de funcionalidade de requisitos, antes de estabelecer limites de preço.

Apresentam-se, a seguir, três recentes trabalhos encontrados na literatura, que são sistemas englobando uma determinada metodologia de planejamento e projeto, e ferramentas de software como recurso auxiliar. Esses proporcionaram uma grande motivação para o desenvolvimento do Sistema Global proposto.

Kagawa [16] apresenta uma metodologia utilizada para configuração de redes de comunicação de voz e dados, que é, na verdade, um sistema para padronizar e otimizar construções de sistemas de rede privativa de informação, desde os requisitos dos usuários até a avaliação (execução) do sistema. Este sistema, NPG - Network Planning Guideline - tem, como propósito, construir um sistema de rede de informação privativa que atenda aos requisitos dos usuários, e expandir uma rede já implementada. O conceito básico do sistema é: planejar, fazer, verificar e executar. Ele é composto de três módulos: guia de procedimentos de configuração, que descreve as etapas para instalação de uma rede; manuais de explicação dos trabalhos, para definir detalhes de cada etapa; ferramentas de projeto auxiliadas por computador, TDNS - Toll Dial Network Design Support System, para sistemas de comunicação de voz, e CDNS - Data Network Design Support System, para sistemas de comunicação de dados, usando-se inteligência artificial.

Casali [17] disserta sobre uma metodologia e uma ferramenta para o planejamento de uma rede corporativa. O processo é estruturado em camadas, cada uma focalizando problemas específicos do planejamento. A ferramenta é composta por: um configurador de rede, para auxiliar o engenheiro de sistema ou projetista na preparação das propostas de projeto; uma base de dados de produtos, contendo características técnicas e custos dos produtos utilizados. Conforme Casali [17], o problema do planejamento é dividido em três etapas: análise do problema, que é dedicada à identificação da demanda de serviço, requisitos de desempenho e tráfego, topologia de rede, e dos aspectos econômicos; modelamento da rede, que é voltado à identificação dos equipamentos a serem utilizados, requerendo alterações no modelo a cada troca na disponibilidade do equipamento; dimensionamento e interconexão da rede, que seleciona e dimensiona os equipamentos que melhor suportam os serviços requeridos pela aplicação. O configurador da rede produz a melhor configuração com o custo associado, com base nos parâmetros de entrada fornecidos pelo projetista e nos dados acessíveis da base de dados de produtos.

Chardaire [18] propõe uma metodologia para planejamento e projeto de redes corporativas e apresenta as ferramentas de software utilizadas para auxiliarem a metodologia aplicada. O trabalho distingue três fases no processo de planejamento de uma rede: determinação das necessidades de comunicação, que determina as necessidades de tráfego na empresa, através de uma correlação com os parâmetros das atividades da companhia; pesquisa para as características de uma solução adequada, que considera as várias possibilidades técnicas: tecnologia, segurança e integração da rede, confiabilidade e qualidade de serviços, padronização, flexibilidade e expandibilidade; projeto da rede, com o objetivo de determinar uma descrição completa, incluindo localização dos equipamentos, dimensionamento dos nós e enlaces, conexão dos equipamentos da rede, etc. As ferramentas de software utilizadas nessa metodologia são: CORTEX, que é uma ferramenta de propósito geral que estima os custos agregados e detalhados de uma

configuração da rede, utilizada na segunda fase: EXTRA, que é um editor de tráfego que auxilia na determinação das necessidades de tráfego, utilizada na primeira fase: PLUTON e DEMOCRATE, que são duas ferramentas utilizadas para resolver problemas de otimização.

### 2.3 - METODOLOGIA DO SISTEMA

Cada trabalho e/ou metodologia apresentada na seção anterior aborda, com maiores detalhes, algumas fases do ciclo de vida de uma rede, ou, simplesmente, se dedica a uma determinada etapa.

Os trabalhos de [06], [07] e [08], dedicaram-se à fase de projeto da rede, além de algumas análises de custos. O trabalho de [12] dá maior ênfase às fases de análise de requisitos, análise de custo/benefício e administração da LAN. Chianese [15] enfatiza a fase de especificação de requisitos, mas aborda, em maiores detalhes, a fase de projeto, além de sugerir um trabalho analítico e simulativo, bem como avaliações qualitativas em cima do projeto (alternativas).

Conclui-se que, os trabalhos voltados, só para o projeto de uma rede, tratam mais dos aspectos de hardware, topologia e meios físicos, e dos métodos de acesso mais utilizados em redes de computadores, e aqueles, dedicados ao planejamento e projeto, abordam todas as fases do ciclo de vida de uma rede. Isso mostra que apenas os trabalhos/metodologias de planejamento e projeto discorrem sobre os serviços utilizados pelos usuários, mas sem entrar em detalhes sobre quais os tipos de protocolos a serem usados para as aplicações.

Diante dos trabalhos, apresentados na seção 2.2, que abordam detalhadamente topologia, meio físico e método de acesso, e dos numerosos estudos em análise de desempenho de LAN, dar-se-á maior ênfase a esses aspectos no 3º capítulo.

Baseado no que foi apresentado até o momento, aplicou-se uma metodologia para o planejamento e projeto de redes abertas OSI/ISO, de modo a contemplar todas as fases do ciclo de vida de uma rede. Essa metodologia inclui uma análise detalhada, para a especificação dos protocolos padronizados pela ISO, na etapa de projeto da rede.

A metodologia utilizada neste trabalho permite a descrição das relações entre os requisitos de usuários e uma LAN que possa satisfazê-los.

As atividades de planejamento e projeto de uma LAN consta de quatro fases, figura 2.1:

- determinação das especificações - análise dos requisitos do usuário, para determinar as especificações funcionais, ambientais e técnicas;
- projeto - elaboração de vários projetos alternativos;
- seleção dos projetos alternativos;
- implementação, teste e manutenção.

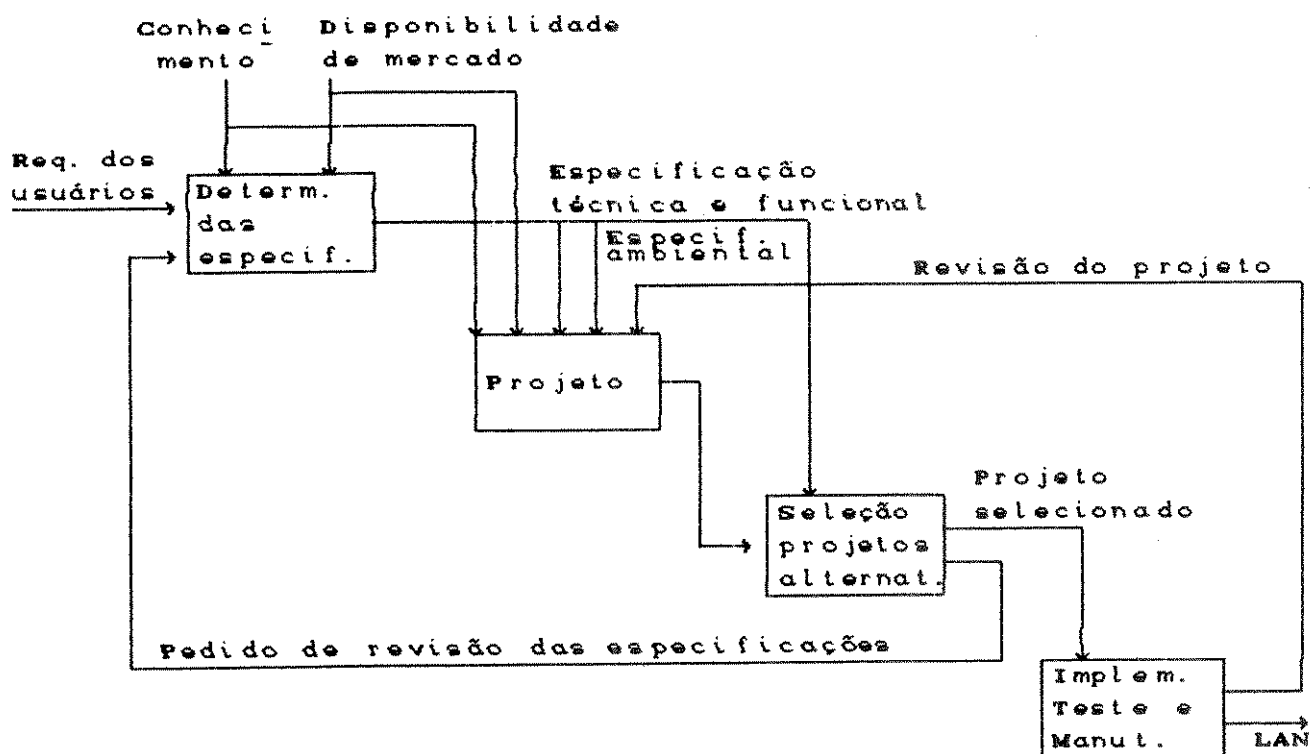


FIG. 2.1 - METODOLOGIA PARA PLANEJAMENTO E PROJETO DE UMA REDE.

● 2.3.1 - Determinação das especificações

Na análise dos requisitos funcionais, decide-se qual classe de serviços o usuário requer. Por exemplo: servidor de arquivos, entrada de dados, sistemas de informação de gerenciamento, alarmes, compartilhamento de recursos, etc. Cada serviço requerido pelo sistema representa uma carga de entrada para a rede. Suas características influenciam bastante no projeto desta. Portanto, é de extrema importância a determinação do comprimento, número e frequência das mensagens, da carga total e sua distribuição na rede, bem como do tempo de resposta máximo requerido pelo usuário (aplicação).



Nas análises de requisitos ambientais e técnicos (configuração), deve-se estabelecer uma profunda avaliação do ambiente no qual a LAN será implementada e estimar o número e tipo de dispositivos requeridos, respectivamente. As informações referentes às expansões futuras devem ser adicionadas às anteriores, de modo que os projetos (próxima fase) sejam especificados prevendo tais expansões.

Essas informações podem ser adquiridas através de funções estatísticas, de tabelas de referência ou fontes similares. Nessa etapa, as informações são obtidas através do Sistema de Apoio a Projeto [02]. Este sistema, desenvolvido na UNICAMP, é utilizado para aquisição de dados referentes aos requisitos de usuários (serviços, aplicações, frequência, etc.), disponibilidade de mercado e fluxo de informação dentro de uma determinada entidade, e compõe uma das ferramentas do Sistema Global, que será visto na seção 2.4.

### ● 2.3.2 - Projeto

Com base nas especificações anteriores, é possível desenvolver vários projetos alternativos, que são considerados do ponto de vista do desempenho de Hardware, software e custos.

O Sistema Atual proposto trata (especifica) apenas os elementos topologia, meio físico e método de acesso ao meio. Naturalmente, para se projetar uma rede aberta OSI/ISO, devem-se analisar também todos os serviços (aplicações) requeridos pelos usuários, ou seja, todos os protocolos, desde a camada física até a camada de aplicação, devem ser especificados.

Durante essa fase, estabelece-se uma inter-relação entre esses três elementos. Dessa inter-relação surgem os possíveis projetos. Somente quando aspectos de configuração, meio físico e método de

acesso são resolvidos, uma LAN pode ser construída [07].

Na realidade, o projeto de uma rede pode ser visto como uma interação de várias atividades. Dentre elas, as citadas anteriormente: requisitos de usuários que implicam num conjunto de requisitos de rede, requisitos de tráfego (tipo e volume), topologia da rede, métodos de acesso, meios físicos, equipamentos, etc.

Cada uma dessas atividades tem um conjunto de fatos de entrada, e o projetista utiliza seu conhecimento e a disponibilidade dos dados para sintetizar um conjunto de fatos de saída. Esse processo pode ser modelado em um computador, utilizando-se um conjunto de regras de produção (base de regras) para representar o conhecimento do projetista [19]. Essas entradas são apresentadas para uma máquina de inferência, que fornecerá os elementos de uma rede. O presente trabalho (sistema) foi desenvolvido com o objetivo de suprir essa etapa. O Sistema Especialista, máquina de inferência e base de conhecimento serão descritos no capítulo 4º.

### ● 2.3.3 - Seleção dos projetos alternativos de LAN

Após os resultados indicados na fase anterior, é necessário definir a configuração física (posicionar os componentes, determinar os caminhos, etc.) e considerar alguns parâmetros importantes que surgiram com as devidas escolhas da fase anterior (comprimento da mensagem, prioridade de acesso, tamanho dos buffers, etc.).

Quando o desenvolvimento dos projetos alternativos é finalizado, deve-se então tentar prever o comportamento da rede no ambiente onde ela será implantada. Isso pode ser realizado usando métodos analíticos e simulativos, como também avaliações qualitativas. A utilização de métodos simulativos parece ser mais adequada, visto

que, com técnicas de simulação, a rede pode ser modelada para um nível arbitrário de detalhes e com menos abstrações [20].

Para estimar o desempenho de um projeto de LAN, a topologia e o meio físico (atraso de propagação) devem ser examinados. Além disso, devem-se considerar os métodos de acesso e os serviços (aplicações) requeridos. Os resultados dessa avaliação em conjunto com os resultados da fase anterior (os projetos) devem fornecer um resultado mais avançado da configuração da LAN proposta.

Além dos parâmetros citados acima, existem outros também importantes e que devem ser considerados nesta fase: expansibilidade, segurança, confiabilidade, conectividade, modularidade, flexibilidade e facilidade de gerenciamento da rede. Finalmente, é necessária ainda uma análise de custos.

### ● 2.3.4 - Implementação, teste e manutenção

Nesta fase, deve ser elaborado um plano de implementação do projeto final, incluindo organograma e cronograma do processo de implantação. Quando do acompanhamento do processo de implantação, os testes de Hardware e Software devem ser executados paralelamente. Pode ocorrer uma reavaliação do projeto da LAN baseada nos resultados dos testes conjuntos. A manutenção da LAN deve ser realizada freqüentemente, dentro do seu ciclo de vida útil.

## 2.4 - ESTRUTURA E LÓGICA DO SISTEMA

O objetivo deste trabalho é apresentar a estrutura e lógica do Sistema Global para auxílio a projetistas ou usuários não especializados no planejamento e projeto de uma rede OSI/ISO, e

desenvolver o seu núcleo.

Assim, a parte desenvolvida do sistema, denominada Sistema Atual, é composta pelos módulos de projeto e determinação das especificações, cumprindo três procedimentos básicos: Projeto Inicial, expansão de projeto e interligação de redes locais.

Metodologia

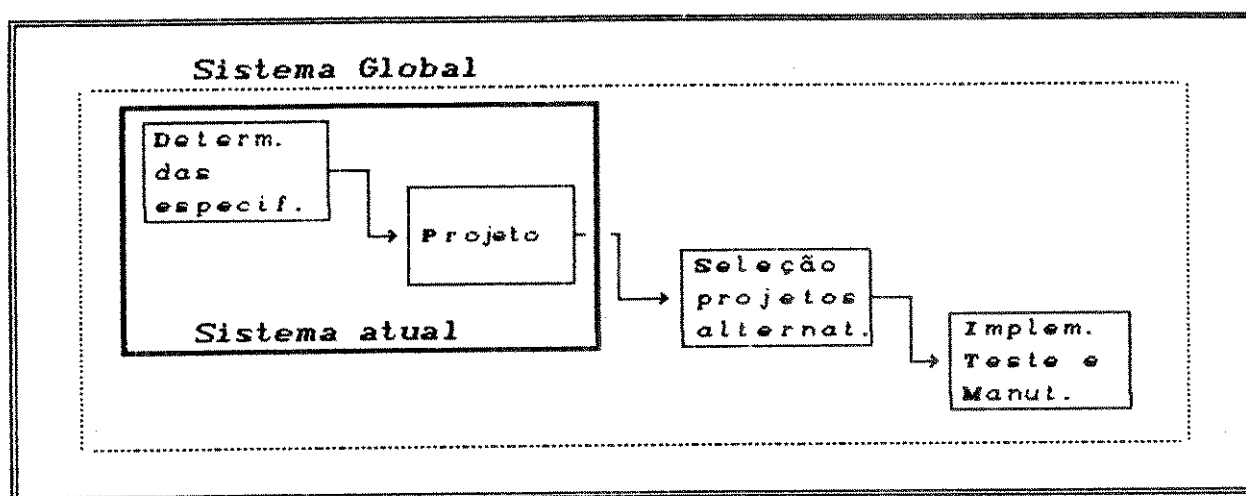


FIG. 2.2 - SISTEMA DE AUXÍLIO AO PLANEJAMENTO E PROJETO DE REDE.

São parâmetros de saída do Sistema Atual, quando utilizado para o projeto ou expansão: o meio físico, a topologia e o método de acesso ao meio. No caso de interligação de LAN, o Sistema Atual especifica qual o tipo de sistema intermediário (IS) utilizado ou o meio físico, juntamente com o sistema intermediário, quando forem mais de duas LAN. O custo total referente a cada um dos procedimentos acima é também um dos parâmetros de saída do Sistema Atual.

Além das especificações citadas acima, podem existir algumas sugestões no resultado de cada um desses processos, como, por exemplo: determinar a taxa de transmissão de cada canal em uma transmissão broadband.

O Sistema Atual é estruturado em três blocos funcionais, como mostra a figura 2.3:

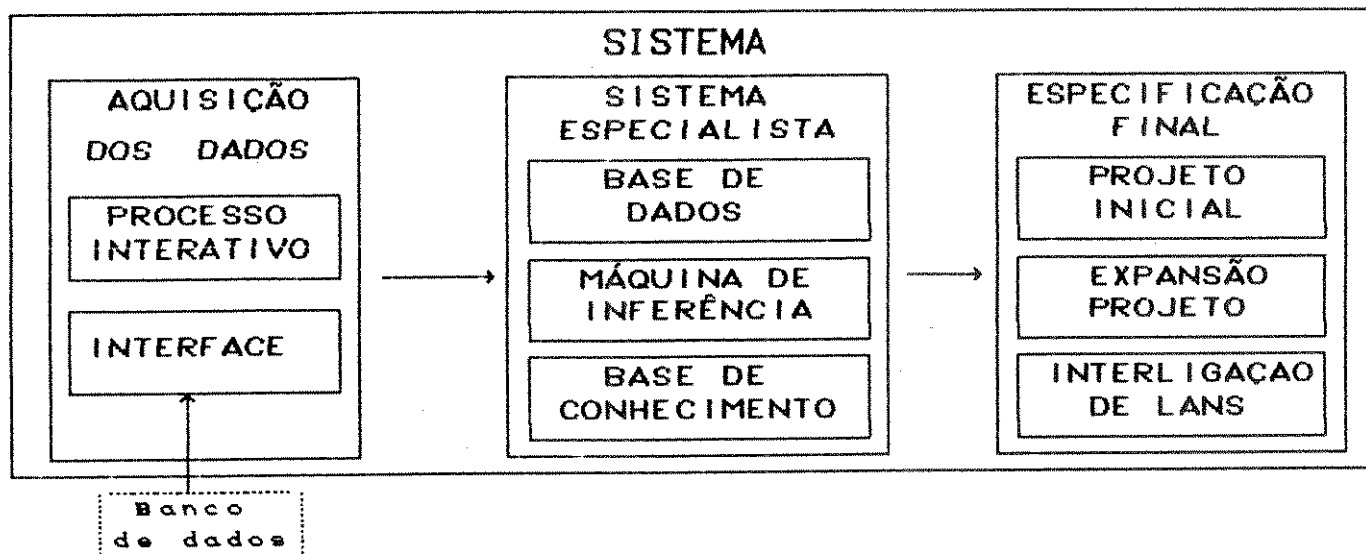


FIG. 2.3 - ESTRUTURA DO SISTEMA DE AUXÍLIO AO PROJETO DE REDE.

A aquisição de dados pode ser realizada de duas formas distintas. A primeira delas é feita interativamente com o usuário (projetista), através de perguntas e respostas do tipo:

*Qual o ambiente de trabalho ?*

*==> O ambiente de trabalho é industrial,*

onde todas as variáveis de entrada (no ex. acima, *ambiente*) podem ser obtidas nesse processo. Na segunda forma, essas variáveis são

obtidas através de funções que consultam um banco de dados [02], vide capítulo 4.

Para que essas informações (dados) possam ser obtidos do banco de dados, foi elaborada uma interface (funções), em linguagem "C", que consulta alguns arquivos (formulários) desse banco e obtém os valores correspondentes a cada variável de entrada do sistema especialista. A princípio, esses dados são armazenados em um arquivo (ASCII) através do qual o sistema especialista, quando ativado, os armazenará na base de fatos. Existem, no entanto, algumas variáveis de entrada (configuração) que são obtidas só através do processo interativo.

O módulo final do sistema conterá as conclusões obtidas do módulo anterior em forma de especificações e sugestões. Pode também ocorrer não existir nenhuma especificação. Nesse caso, para as variáveis de entrada (configuração), não se tem conhecimento de uma especificação adequada.

## 2.5 - RESUMO

Este capítulo discorre sobre alguns dos recentes trabalhos em planejamento, projeto e implementação de redes de computadores apresentando os aspectos envolvidos no referido tópico e considerados para a elaboração de uma metodologia com a mesma finalidade. Um Sistema Global para o auxílio ao projeto de redes locais de computadores é proposto.

A metodologia aplicada consta de 4 etapas: Determinação das especificações, projeto, seleção dos projetos alternativos e implementação testes e manutenção.

O Sistema Global é na realidade uma sistematização de cada uma dessas etapas por uma ou mais ferramentas computadorizadas. Atualmente este Sistema Global está suportado nas suas duas primeiras etapas, pelas ferramentas Sistema de Apoio a Projeto [02] e Sistema Especialista em Projeto de Redes Locais OSI/ISO.

O Sistema Especialista em Projeto de Redes OSI/ISO especifica, atualmente, os parâmetros: meio físico, topologia, método de acesso e custo do hardware de uma rede. Esse sistema especialista dedica-se ainda a expansões e interligações de redes.

## CAPÍTULO 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

### 3.1 - INTRODUÇÃO

Não se pretende, neste capítulo, ensinar todos os conceitos de redes de computadores. O principal objetivo é descrever sucintamente as características e os aspectos relacionados com as redes locais de computadores, que foram considerados para a elaboração da base de conhecimento (base de regras), utilizada na implementação do sistema de auxílio ao projeto de rede.

Em conformidade com a seção 2.2, Rede Local (LAN) pode também ser definida como um sistema para a transmissão de informações entre dispositivos localizados em uma área restrita. Segundo Knisley [06], LAN é um sistema de comunicação que tem uma alta taxa de transmissão e uma taxa de erro muito baixa. Atualmente, as definições tradicionais de LAN, que é restrita a uma pequena área geográfica, passam a ser questionadas. Existem LAN interconectadas que são referenciadas simplesmente como uma única LAN.

O projeto de uma rede local que satisfaça todos os requisitos do usuário e gerente de comunicação de dados não é uma tarefa simples. Ele requer a escolha e identificação de alguns dos seus diferentes aspectos de seleção, como padrões, domínios de aplicação (transmissão de dados, voz, vídeo, controle de processos, automação de escritórios), serviços (protocolos), métodos de controle de acesso ao meio, meios de transmissão, topologia, taxa de transferência, números máximos de nós e outros mais. Conhecendo-se as características de uma rede e as restrições gerais de ambiente no qual ela irá operar, ou seja, custo, tempo de resposta, desempenho, confiabilidade, modularidade, etc., tem-se uma boa idéia de como será o projeto e os objetivos dessa rede.



### Capítulo 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

---

O conjunto de regras e convenções que permitem disciplinar a troca de informação entre os sistemas (Hw e Sw) de uma rede de computadores, é chamado protocolo de comunicação.

As funções atribuídas a cada camada do modelo de referência da ISO (International Standard Organization), e os protocolos, que descrevem essas funções e serviços, mais utilizados em redes de computadores e que constituem um padrão internacional, serão citados, de forma organizada, facilitando os trabalhos de obtenção do conhecimento que enriquecerão o Sistema Global proposto.

Os elementos, topologia, meio físico e método de acesso mais utilizados em redes locais são apresentados sucintamente, através de conceitos, vantagens, desvantagens, ambientes que melhor se adequam e de tabelas atualizadas (pelas recentes pesquisas na literatura e no mercado nacional em 1991) das características de cada um. Os conceitos e as características de cada elemento contribuirão para a especificação de uma rede local com relativa segurança.

O capítulo analisa alguns trabalhos voltados para a análise de desempenho de certas redes. Um enfoque maior foi dado aos padrões ISO e IEEE 802 para redes locais: ISO 8802.3 e IEEE 802.3 - barramento - CSMA/CD, ISO 8802.4 e IEEE 802.4 - barramento - Token-bus, e ISO 8802.5 e IEEE 802.5 - anel - Token-ring. Os resultados apresentados nesses trabalhos, as pesquisas no mercado (tabelas), bem como as descrições das características dos três elementos de rede citados, foram preponderantes para a elaboração de grande parte das regras.

Os sistemas intermediários mais utilizados para interligação de redes de computadores são descritos sucintamente. As regras do processo de "interligação de LAN" foram elaboradas a partir desses conceitos e de alguns trabalhos encontrados na literatura.

### 3.2 - MODELO DE REFERÊNCIA OSI/ISO E SEUS PROTOCOLOS

Desde os primeiros anos dos computadores, surgiram as necessidades de comunicação de dados digitais. Com o crescimento tecnológico, desenvolveram-se os primeiros padrões de comunicação, como, por exemplo, X.21 e X.25, voltados para redes públicas.

Entretanto, não existiam padrões em aplicações de sistemas distribuídos (redes de computadores), o que motivou o desenvolvimento de uma arquitetura para a definição, desenvolvimento e validação desses padrões. Além disso, a necessidade de se compatibilizar a interconexão de sistemas heterogêneos também contribuiu para o desenvolvimento de padrões para arquiteturas em redes de computadores.

As modernas redes de computadores são projetadas de forma altamente estruturada. Para reduzir a complexidade de seus projetos, a maioria das redes são organizadas como uma série de camadas. O número de camadas, o nome de cada uma, seus conteúdos e suas funções diferem de rede para rede.

Seguindo esses princípios, definiu-se, inicialmente, pela ISO, uma arquitetura denominada Modelo de Referência para Interconexão de Sistemas Abertos, RM-OSI/ISO (Reference Model - Open System Interconnection/International Standard Organization), estruturado em camadas hierárquicas. Este modelo, figura 3.1, foi criado para servir como base para a definição de projetos de padronização da interconexão de sistemas abertos.

Segundo a ISO, sistema consiste num conjunto de um ou mais computadores, com o software associado, periféricos, terminais, operadores, processos físicos, etc. Um sistema aberto, por sua vez, corresponde a um sistema que pode ser interconectado a outros de qualquer fabricante, tipo, geração ou nível de complexidade, segundo padrões estabelecidos.

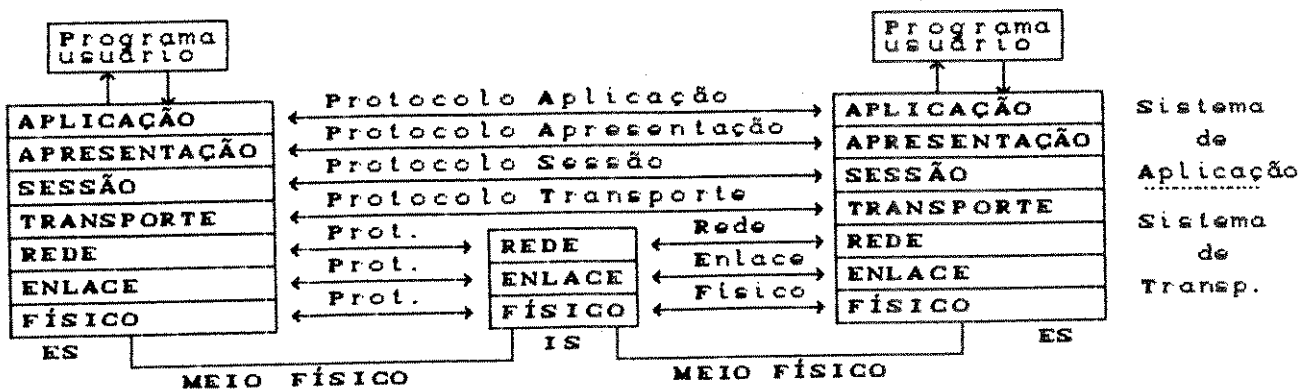


FIG. 3.1 - MODELO RM-OSI PARA UMA REDE DE LONGA DISTÂNCIA.

A idéia básica da estruturação em camadas do RM-OSI/ISO é que funções semelhantes, inerentes ao processo de comunicação, sejam agrupadas na mesma camada (cada camada comunica-se com a imediatamente superior e inferior). Essa estruturação apresenta muitas vantagens:

- . o sistema poderá ser estudado, testado e corrigido camada por camada;
- . em cada camada, existirão serviços/funções alternativos, dependendo das aplicações da rede;
- . uma camada pode ser omitida ou simplificada, desde que os serviços/funções que contenha não sejam necessários;
- . reduz a complexidade do projeto; etc.

Além da ISO, existem outras entidades dedicadas à definição de padrões para comunicação de dados, voz, etc., como CCITT (Comité Consultif International de Téléphonie et Télégraphie), EIA (Electronic Industries Association), IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), ANSI (American National Standards Institute), etc. A ISO utiliza e/ou segue os trabalhos (padrões) destas entidades, no sentido de enriquecer o escopo de sua padronização.

A arquitetura RM-OSI/ISO não explicita o grau de dispersão geográfica dos sistemas interconectados, mas é nitidamente orientada para utilização de redes de computadores a longa distância. A especificação das três camadas inferiores não considera características importantes das redes locais, o que motivou esforços, através do IEEE, para uma adaptação desse modelo, mais adequada à arquitetura de redes locais de computadores.

Desses trabalhos resultou o projeto IEEE 802, que segue os moldes da arquitetura RM-OSI/ISO. O projeto concentrou-se, especialmente, na elaboração de padrões referentes às duas camadas inferiores (física e enlace de dados). As particularidades tecnológicas das redes locais provocaram a divisão da camada de enlace de dados em duas outras: subcamada de controle de enlace lógico (LLC - Logic Link Control) e subcamada de controle de acesso ao meio (MAC - Medium Access Control). Os padrões IEEE 802.3, IEEE 802.4 e IEEE 802.5 foram aceitos pela ISO como ISO 8802.3, ISO 8802.4 e ISO 8802.5 respectivamente.

As definições, princípios básicos e detalhes de implementação inerentes à estrutura de camadas do modelo RM-OSI/ISO, bem como os padrões IEEE 802, estão fora do escopo deste trabalho. Podem ser vistos em detalhes em [04], [05], [22] e nos documentos da ISO e IEEE.

A figura 3.1 apresenta o modelo RM-OSI/ISO, com suas sete camadas, dividido em dois grandes sistemas, aplicação e transporte. O sistema de transporte, formado pelas camadas física, enlace de dados, rede e transporte, tem a tarefa básica de propiciar comunicações confiáveis fim-a-fim. O sistema de aplicação, formado pelas camadas sessão, apresentação e aplicação, tem a tarefa de fornecer serviços orientados ao usuário. A figura 3.2 mostra o modelo adaptado para redes locais.

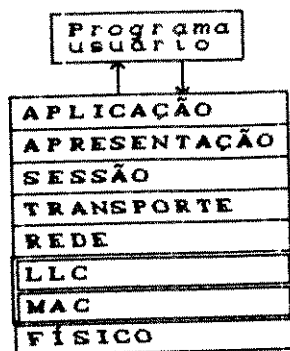


FIG. 3.2 - MODELO OSI ADAPTADO A REDES LOCAIS.

A seguir, descrevem-se, sucintamente, as funções de cada camada do modelo RM-OSI/ISO, aplicado tanto em redes locais quanto a longa distância. Associado a cada camada, apresenta também, de forma sucinta e estruturada, alguns protocolos (padrões) atualmente mais utilizados em redes de computadores (LAN, MAN - Metropolitan Area Network, WAN - World Area Network e redes públicas). A descrição dos protocolos padronizados internacionalmente visa a facilitar a elaboração (futura) de regras para a base de conhecimento.

### 3.2.1 - CAMADA FÍSICA (1)

Essa é a camada de nível mais baixo na arquitetura RM-OSI e está diretamente associada aos meios físicos, interconectando os sistemas. O modelo permite, em princípio, qualquer tipo de sinal (elétrico, ótico, etc.)

A camada física define as características mecânicas, elétricas, funcionais e de procedimentos, a fim de ativar, manter e desativar conexões físicas para a transmissão de bits entre as entidades da camada de enlace de dados (processos, programas ou quaisquer objetos que executem os serviços na camada).

### Capítulo 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

---

Uma interface é definida através dos atributos elétricos (níveis de tensão/corrente, temporização de sinais), mecânicos (conectores, pinos), funcionais (controle, transmissão de dados, aterramento) e procedurais (eventos).

Os padrões mais utilizados para interfaces ponto-a-ponto são:

- EIA RS232C (25 pinos) para velocidades e distâncias de até 20 Kbps e 15 m, equivalente à interface V.24 do CCITT para redes a longa distância. Esse padrão foi desenvolvido pela EIA, sendo uma combinação das recomendações V.xx (CCITT) e ISO. Ele deverá ser substituído pelo EIA RS530 para taxas mais elevadas.
- EIA RS449 (37 pinos) para velocidades e distâncias de até 2 Mbps e 60 m. Nesse padrão, as interfaces mecânica, funcional e procedural são dadas em RS 449 e a interface elétrica é dada por dois outros padrões RS423A (equivalente ao RS232C) e RS422A.
- X.21 que é utilizado para interfaces digitais ponto-a-ponto, desenvolvido pelo CCITT para operação em redes públicas de dados de comutação de circuitos. Esse protocolo especifica a interface física, elétrica e procedural entre o host e a rede.

Os padrões mais difundidos ultimamente para interfaces físicas broadcast são: RS485 e padrões IEEE 802.

- RS485 da EIA especifica as características elétricas dos transmissores e receptores com topologia em barramento ou árvore e meio físico par trançado, a distâncias de até 1200 m. Podem alcançar taxas de até 500 Kbps, dependendo da distância, e transmissão com até 32 estações.

- Projeto IEEE 802 proposto pelo IEEE para especificações nas duas primeiras camadas do modelo RM-OSI/ISO para redes locais:
  - ▶ IEEE 802.3 - Este projeto especifica topologia em barramento, cabo coaxial, comunicação em 10 Mbps em banda básica até 500 m de distância ou em banda larga até 3600 m. Especifica-se também a utilização de repetidores (para cabos coaxiais) para formação de redes mais complexas (5 segmentos). Algumas topologias com os respectivos meios físicos implementadas em redes 802.3 são barramento com coaxial baseband, estrela com coaxial broadband, barramento com par trançado e barramento, estrela e anel em fibra ótica.
  - ▶ IEEE 802.4 - Este padrão especifica topologia em barramento, cabo coaxial, com transmissão broadband a 10 Mbps até 3600 m de distância e 1024 nós ou com transmissão carrierband a 5 Mbps, 1000 m de distância e 32 nós. Esse padrão especifica ainda topologia em estrela e árvore para implementações em fibra ótica.
  - ▶ IEEE 802.5 - O padrão especifica topologia em anel, par trançado e transmissão a 1 e 4 Mbps ou com cabo coaxial a 4, 20, 40 Mbps. Existem implementações de topologias em anel com fibra ótica, com taxas de transmissão de até 100 Mbps.
  - ▶ IEEE 802.6 - Este projeto especifica transmissão conjunta de dados, voz e imagem, e destina-se para aplicações de alto desempenho (interligação de LANs), transmissão de dados em grande quantidade ("bulk") e imagem digitalizada, voz digitalizada e vídeo.

### 3.2.2 - CAMADA DE ENLACE (2)

Chama-se enlace o caminho isolado entre dois ES (End System) ou entre ES-IS (Intermediate System) ou IS-IS. Definem-se, nesta camada, as características funcionais e de procedimentos, a fim de estabelecer, manter e liberar conexões de enlace de dados entre as entidades da camada física. Os protocolos dessa camada garantem a transmissão sequencial, sem erros, das unidades de informação (quadros), através do enlace, a transmissão de informação de sincronização e de sequenciamento e de campos de detecção de erros.

Como na camada física, distinguem-se aqui dois campos de aplicação: redes WAN e LAN. Alguns protocolos mais utilizados em redes a longa distância (WAN) são: BSC e SDLC introduzidos pela IBM, HDLC pela ISO, LAPB (subconjunto do HDLC) usado nas redes X.25 pelo CCITT. Para redes locais, destaca-se o projeto 802 do IEEE.

#### Protocolos de enlace para redes a longa distância

- BSC (Binary Synchronous Control) - é um protocolo orientado a caractere, desenvolvido pela IBM, bastante utilizado em ligações ponto-a-ponto e multiponto.
- HDLC (High-Level Data Link Control) - é um protocolo orientado a bit, definido pela ISO, para ligações ponto-a-ponto e multiponto. Esse protocolo é, freqüentemente utilizado em redes de terminais e de computadores.
- SDLC (Synchronous Data Link Control) - é um protocolo orientado a bit, definido pela IBM. Tem sua estrutura geral baseada na existência de uma estação que tem o controle total do enlace.



- LAPB (Link Access Procedure Balanced) - Esse protocolo utiliza os princípios e terminologia do HDLC. É aplicado quando a estação (computador ou terminal) está conectada a uma rede pública de comutação de pacotes, isto é, é especificado na recomendação X.25 (nível 2) do CCITT.

### Protocolos de enlace para redes locais

Conforme visto anteriormente e na figura 3.2, a camada de enlace no projeto 802 foi dividida em duas outras subcamadas, LLC e MAC. A subcamada LLC (IEEE 802.2) realiza as funções descritas acima e a MAC especifica diversos métodos de acesso ao meio IEEE 802.3, IEEE 802.4 e IEEE 802.5 que serão vistos em maiores detalhes na seção 3.5.

O propósito dessa subdivisão foi tornar a subcamada LLC independente da topologia, meio de transmissão e método de acesso usados nas redes locais. Assim, a subcamada LLC (IEEE 802.2) é comum para todas as combinações da subcamada MAC com a camada física. Esse protocolo é orientado a bit e utiliza muito os princípios usados no HDLC. Ele prevê três tipos de serviços:

- Serviços LLC1 (tipo 1) - Serviço sem conexão e sem reconhecimento (ACK). Geralmente usado quando se deseja diminuir o tráfego, provocado pelo overhead na rede. Muito utilizado em LAN's, devido a sua baixa taxa de erros.
- Serviços LLC2 (tipo 2) - Serviço com conexão. Esse serviço é utilizado quando se desejam trocas de informações confiáveis, sem se preocupar com o overhead. Nos últimos anos, cresceu sua disseminação em redes onde as outras camadas foram simplificadas para redução do overhead.
- Serviços LLC3 (tipo 3) - Serviço sem conexão e com reconhecimento. Esse serviço é geralmente utilizado em aplicações em tempo real, quando se deseja resposta

Imediata. Bastante adequado quando se têm sessões de perguntas e respostas rápidas, por exemplo: "A castanha do cabeçote do torno está aberta ou fechada?".

Como comentado acima, na subcamada MAC destacam-se os protocolos do projeto 802 do IEEE:

- IEEE 802.3 (CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) - Esse protocolo segue as características físicas descritas, no mesmo projeto, para a camada física. Para esse protocolo, a subcamada LLC segue as especificações LLC1 e LLC2. É um protocolo muito utilizado para ambientes de escritório.
- IEEE 802.4 (TOKEN-BUS) - Esse método de acesso ao meio tem muita influência em ambientes industriais, devido a sua característica determinística. Suas características físicas são as abordadas no mesmo projeto para a camada física. Para esse protocolo a subcamada LLC pode utilizar os tipos e serviços 1 e 3.
- IEEE 802.5 (TOKEN-RING) - Devido a sua característica determinística, vem sendo utilizado há vários anos, em ambientes industriais. Suas características físicas são as mesmas descritas para a camada física do mesmo projeto.

### Protocolos de enlace para redes MAN

Dois projetos dominam a padronização de MAN: Projeto IEEE 802.6 e projeto FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

- IEEE 802.6 - Esse projeto está voltado à padronização de redes MAN com a especificação conjunta de dados, voz e imagem. Foram apresentadas, nos últimos anos, várias propostas: projeto Slotted-Ring, projeto MST (Multiplexed Slot and Token), projeto DQDB (Distributed Queue Dual Bus).

O projeto DQDB apresenta uma topologia formada por dois barramentos com direções opostas de transmissão de 34 a 600 Mbps, em fibra ótica (150 Mbps já padronizados), sendo que as estações estão acopladas nos dois barramentos (topologia física em anel).

- FDDI - Esse projeto foi adaptado para servir como *backbone* em redes a longa distância, de alto desempenho. Recentemente, desenvolveu-se uma variante do projeto, que inclui a transmissão de voz e imagem. As taxas de transmissão consideradas são de 100 Mbps em topologias em anel duplo bidirecional.

### 3.2.3 - CAMADA DE REDE (3)

Esta camada tem a função de encaminhar as mensagens ao longo dos diversos caminhos físicos que podem existir na sub-rede de comunicação, ou seja, providenciar a interconexão, transparente ao usuário, entre entidades residentes em nodos de diferentes redes. Criou-se esta camada pela necessidade de implementação de algoritmos de roteamento em redes com maior dispersão geográfica. A necessidade de protocolos de rede dependerá muito da topologia da rede. No caso de LAN com topologias em barramento e anel, não haverá roteamento, simplificando os protocolos. Distinguem-se aqui dois tipos de serviços de rede: serviços com conexão (ISO 8348 ou X.213 do CCITT) e serviços sem conexão (ISO 8473).

#### *Protocolos de rede com conexão*

Tanto a ISO quanto a CCITT especificam serviços de rede com conexão (CONS - Connection Oriented Network services). Esses serviços são também chamados de comutação de pacotes, porque estabelecem um circuito virtual de forma semelhante a rede telefônica. Esses serviços garantem maior qualidade. Por exemplo:

mantêm a seqüência dos pacotes, exercendo controle de fluxo e impondo parâmetros de qualidade de serviços (vazões, atrasos, taxas de erro, etc.). Entretanto, causam um overhead maior.

### *Protocolos de rede sem conexão*

A ISO especifica serviços/protocolos sem conexão (CLNS - Connectionless Network Services), visando a maior flexibilidade na interconexão de dados de redes distintas. Esses serviços são mais simples, com menor overhead, porém mais inseguros. São também conhecidos como serviços datagrama, pois a transmissão é realizada sem qualquer controle de fluxo ou de seqüenciamento. Esse protocolo tornou-se um dos principais utilizados em redes LAN e foi adotado em muitas propostas de padronização.

### *Protocolos X.25 em redes públicas*

O padrão X.25, conhecido como protocolo da camada 5, do CCITT destina-se a regular o uso, por computadores, de redes públicas de dados (PSDN - Packet Switched Data Networks) baseado no princípio da comutação de pacotes. O protocolo X.25 é orientado a conexão, seguindo o protocolo CONS. A recomendação da interface é a X.21, prevendo-se também o uso do RS232 ou V.24. A camada de enlace adota o padrão LAPB.

### *Protocolo IP - Internet Protocol*

Atualmente, está sendo utilizado no mundo inteiro, nos sistemas chamados TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), em virtude da sua larga disseminação nos sistemas CAD e estações de trabalho em ambiente UNIX. Esse protocolo utiliza serviços sem conexão para interconexão de redes WAN e LAN.

### *Protocolo X.75*

Esse protocolo foi projetado pelo CCITT, propondo a adoção do serviço de circuito virtual, para interligação de dois usuários, através de uma única rede pública de comutação de pacotes. É uma expansão do protocolo X.25, para permitir a interligação de várias redes públicas.

### 3.2.4 - CAMADA DE TRANSPORTE (4)

Essa camada fornece serviços para as camadas superiores, garantindo transparência e qualidade, independentemente das características das camadas inferiores. A camada de transporte protege a camada de sessão dos diversos tipos de redes que podem existir fisicamente, por exemplo redes LAN, WAN, MAN, redes públicas, etc. Ela separa as camadas que formam o sistema de aplicação (5, 6 e 7) das camadas voltadas à transmissão propriamente dita dos dados (1, 2 e 3), sendo a última camada que se dedica aos aspectos físicos da rede. As regras dessa camada formam protocolos fim-a-fim, porque fornecem serviços de controle e supervisão do transporte de dados entre os sistemas finais (origem e destino). Com os diversos tipos de redes e com as grandes distâncias que poderão existir entre os ES, torna-se difícil garantir serviços confiáveis entre os ES. Assim sendo, o protocolo de transporte terá de fornecer mecanismos complexos de controle de erro e fluxo.

Consoante os diversos tipos de sub-redes e confiabilidades que poderão existir, a ISO/CCITT define três classes de redes:

- Tipo A - a sub-rede supõe-se suficientemente segura em relação às taxas de erros e Taxas de falhas sinalizadas. A camada de transporte não precisa de mecanismos de recuperação ou de ressequenciamento;

### Capítulo 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

---

- Tipo B - a taxa de erros é aceitável, mas não a de falhas sinalizadas. Neste tipo de rede, a camada de transporte deve providenciar mecanismo de recuperação:
- Tipo C - a sub-rede é pouco segura (por exemplo LAN com protocolos CLNS).

Com relação às classes das redes, definem-se parâmetros de qualidade de serviços de transporte que levarão ao uso de classes distintas. A ISO/CCITT define as seguintes classes de serviços:

- Classe 0 (Simple Class) - usada para suporte de redes do tipo A, em que se provem serviços com conexão, sem mecanismos de recuperação de erros, (por exemplo padrão teletex do CCITT):
- Classe 1 (Basic Error Recovery Class) - mais complexo, com números de seqüência e funções de segmentação e tipicamente usada em sub-redes X.25 (redes do tipo B):
- Classe 2 (Multiplexing Class) - enriquecimento na classe 0, com mecanismo de multiplexação de conexões de transporte numa única de rede e controle de fluxo. Entretanto, não prevê mecanismos de detecção de erros ou de recuperação (redes do tipo A):
- Classe 3 (Error Recovery and Multiplexing Class) - uni os procedimentos das classes 1 e 2, (redes do tipo B):
- Classe 4 (Error Detection and Recovery Class) - é a classe mais complexa, para redes pouco seguras (tipo B), exemplo, MAP/TOP (Manufacturing Automation Protocol/Technical Office Protocol).

### *Protocolo TCP*

O protocolo TCP é muito frequente nas redes TCP/IP. Esse protocolo suporta serviços orientado a conexão. Os serviços de transporte ISO podem ser fornecidos nas mais diversas combinações das suas classes com os distintos tipos de rede. Assim, citam-se algumas combinações mais frequentes:

. classe 4 de transporte (TP4) com CLNS de rede, escolhida nas redes MAP/TOP e adotada pelo NIST (National Institute of Standards and Technology), antigo NBS (National Bureau of Standards);

. classe 0 e 2 de transporte (TP0-2) com CONS de rede, muito frequente na Europa, onde as redes X.25 formam a base da maioria dos projetos OSI.

Como exemplo, o Japão adotou TP4/CLNS e TP0-2/CONS como o perfil para redes LAN e WAN, respectivamente.

### 3.2.5 - CAMADA DE SESSÃO (5)

Essa camada provê os meios para o intercâmbio organizado sincronizado de dados entre usuários do serviço de sessão. Para a realização dessas funções, deve-se estabelecer uma conexão, antes do envio de dados, que não passa de um acordo onde se estabelecem as regras e formas do diálogo. O modelo OSI prevê grande flexibilidade no estabelecimento dessas conexões.

Embora essa camada permita a utilização de serviços com ou sem conexão, os serviços sem conexão não fazem uso das características orientadas ao usuário, para o qual a camada foi projetada. Portanto, utilizam-se mais os serviços orientados a conexão. Uma aplicação interessante que utiliza os serviços sem conexão é a RPC

(Remote Procedure Call). Através de seus serviços, a camada de sessão, visa à estruturação do diálogo, permitindo:

- . intercâmbio de dados de forma ordenada (Full/Half Duplex), definida na fase de estabelecimento de conexão;
- . estruturação do diálogo;
- . sincronização de atividades (pontos de sincronismos);
- . relatórios de exceção.

Antes do modelo RM-OSI, não existiam redes com essa camada. É apenas uma invenção da ISO. Ela tem, relativamente, poucas características comparadas com as outras.

Redes OSI e públicas geralmente implementam todos os serviços dessa camada (ISO 8327). Redes MAP/TOP utilizam uma forma limitada da camada de sessão OSI. Redes ARPANET e USENET não utilizam essa camada.

### 3.2.6 - CAMADA DE APRESENTAÇÃO (6)

A camada de apresentação tem, como principal finalidade, a representação da informação a ser trocada entre as diversas entidades de aplicação, incluindo conversão, criptografiação e compressão. Essa camada envolve dois aspectos complementares desta representação: representação dos dados a serem transferidos e representação da estrutura dos dados. Essa camada diz respeito somente à sintaxe, e não à semântica dos dados.

Redes públicas implementam a camada de apresentação, tornando os serviços de sessão disponíveis para os usuários da camada de aplicação. As redes ARPANET e USENET não tem essa camada, visto que não existe propósito geral para transferência de dados entre máquinas incompatíveis. MAP/TOP suporta as funções básicas da camada.



### 3.2.7 - CAMADA DE APLICAÇÃO (7)

Essa camada preocupa-se com a semântica da aplicação. Através dos serviços disponíveis nesta camada é que o usuário (AP - Application Program) interage com o sistema de comunicação, servindo as outras camadas para a execução transparente da função requisitada por ele. São os AP que emitem requisições ao sistema, comunicando-se com outros AP na rede.

O conjunto de todos os AP formam, assim, um ambiente distribuído, trabalhando de forma coordenada e interagindo na execução de tarefas comuns. Essas interações entre AP podem assumir as mais diversas formas, conforme as diferentes aplicações envolvidas

Os padrões dessa camada devem traduzir-se na especificação das funções correspondentes, na caracterização correta e única dos vários tipos de mensagens envolvidas e na determinação das regras de conversação entre AP. A camada de aplicação contém uma diversidade de protocolos que fornecem os serviços de rede utilizados pelo usuário do sistema de comunicação.

Entidade de aplicação é uma parte do processo de aplicação que executa os protocolos da camada de aplicação e fornece elementos de serviços de aplicação. Os inúmeros protocolos existentes são classificados nas seguintes classes de elementos de serviços:

- CASE (Common Application Service Element) - Alguns serviços são comuns a todas as aplicações e, por isso, são descritos em conjunto: ACSE, RTSE, ROSE e CCR. CASE é uma terminologia não muito utilizada atualmente;
- SASE (Specific Application Service Element) - Consideram-se os serviços específicos solicitados por certas aplicações. Os protocolos que especificam esses serviços são: FTAM, JTM, VTP, MMS, NM, DS, MHS, RDA, TP, etc.

Cada AP terá que conter chamadas especiais às funções da camada de aplicação. Visto que se trata de uma variedade de funções, estão em padronização interfaces adequadas ao usuário, API (Application Program Interfaces). Detalhes desse protocolo podem ser vistos em [04].

### ● ACSE (*Association Control Service Element*)

É um protocolo voltado unicamente para o estabelecimento de associações de diálogo (válida) aos AP para todos os protocolos SASE. Esse protocolo forma o kernel básico do CASE. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 8649/CCITT X.217 e ISO 8650/CCITT X.227, respectivamente.

### ● RTSE (*Reliable Transfer Service Element*)

Esse protocolo é responsável pela transferência de grandes volumes de dados da aplicação de forma confiável, mesmo diante de repetidas falhas. Os serviços são implementados, utilizando-se um protocolo pára-e-espera, ou seja, a próxima mensagem só será enviada após a confirmação da anterior. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO DIS 9066-1/CCITT X.218 e ISO DIS 9066-2/CCITT X.228, respectivamente.

### ● ROSE (*Remote Operation Service Element*)

É um protocolo que dá suporte a aplicações distribuídas do tipo "Request/Reply" (conhecido como RPC, no contexto mais genérico). Uma operação remota é uma tarefa requisitável para execução por uma entidade à distância. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO DIS 9072-1/CCITT X.219 e ISO DIS 9072-2/CCITT X.229, respectivamente.

### ● *CCR (Commitment, Concurrency, and Recovery Service Element)*

Esse protocolo considera aplicações distribuídas com a cooperação de duas ou mais entidades de aplicação (exemplo RDA, TP, etc.). As diversas operações envolvidas ocorrerão seqüencialmente ou simultaneamente. Fornece elementos de serviços para coordenação dessas atividades, de diferentes associações, de tal forma que a seqüência inteira constitua uma ação atômica. Quase todas as aplicações que necessitam operar confiavelmente utilizam esse protocolo. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO DIS 9804/CCITT X.237 e ISO DIS 9805/CCITT X.247, respectivamente.

### ● *FTAM (File Transfer, Access, and management)*

Esse protocolo providencia os meios necessários para que processos de aplicação (clientes), num ambiente distribuído, tenham acesso a uma memória de arquivos remota, implementada como um AP servidor. Ele define uma memória virtual de arquivos usada para descrever os serviços providenciados por este ASE. Essa memória é modelada como uma entidade com a qual um usuário remoto se pode comunicar, através de uma associação. Poderá haver mais de um processo cliente ao mesmo processo servidor. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 8571-1/2/3/4.

### ● *JTM (Job Transfer and Manipulation)*

Esse protocolo é usado para submeter aplicações a processamento remoto batch (off-line), freqüentes no passado como Remote Job Entry (JCL - Job Control Language). O protocolo JTM trata com a manipulação de vários arquivos (documentos). Pode também ser usado para movimento de programas e arquivos de dados. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 8831 e ISO 8832, respectivamente.

### ● VTP (*Virtual Terminal Protocol*)

O protocolo VTP permite que usuários (programas), num computador, tenham acesso a diversos tipos de terminais (independente de terminais) ou que diferentes terminais conectados à rede possam dialogar. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 9040 e ISO 9041, respectivamente.

### ● MMS (*Manufacturing Message Specification*)

MMS é um protocolo de aplicação projetado para suportar a transmissão de mensagens entre dispositivos programáveis de ambientes da manufatura e controle de processos (dispositivos de chão-de-fábrica: CLP, CNC, CNR, PC, WS, etc.). A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO DIS 9506-1/2.

### ● NM (*Network Management*)

O objetivo desse protocolo é fornecer aos usuários suporte nas atividades de planejamento, organização, supervisão, controle e contabilidade de todos os serviços da rede. Deve ainda considerar as alterações da operação e do sistema, controlar o comprimento da rede de forma previsível e providenciar meios de proteção da informação. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 9595 e ISO 9596/CCITT X.700, respectivamente.

### ● DS (*Directory Service*)

A idéia básica desse serviço de diretório é permitir a usuários procurar nomes, baseados em atributos. O sistema de diretório representa serviços da rede para consulta e manipulação de informações sobre todos os objetos envolvidos na comunicação. Esse protocolo tem, como objetivo, a substituição de bancos de dados

independentes, em diferentes organizações, por banco de dados único, distribuído nas várias sub-redes e nós. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 9594 1/8 e CCITT X.500, respectivamente.

### ● *MHS (Message Handling Systems)*

A princípio, esse protocolo foi elaborado pela a necessidade da padronização de serviços de correio eletrônico. O CCITT elaborou o MHS como uma coleção de protocolos. A ISO incorporou esse protocolo na camada de aplicação, com o nome de MOTIS (Message Oriented Text Interchange Systems). O protocolo MHS permite que vários usuários troquem mensagens dentro do conceito "Store and Forward". A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 10021-1/7 e CCITT X.400.

### ● *RDA (Remote Data Base Access)*

Esse protocolo permite a interconexão de aplicações com sistemas de base de dados de diferentes fabricantes e sistemas de gerenciamento (DBMS) em diversos níveis de complexidade. Uma aplicação pode ser também um sistema de base de dados e, nesse caso, o protocolo RDA suportará a interoperação de sistemas multi-data-base. O RDA pressupõe dois contextos de aplicação: RDA BAC (Basic Application Context), só com RDA, ACSE e ROSE, e RDA TPAC (TP Application Context) que providencia gerenciamento de transações através do protocolo TP. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO 9579-1/2.

### ● *TP (Distributed Transaction Processing)*

O protocolo TP visa a: definir procedimentos que suportem um ambiente de transações distribuídas, em particular com uma coordenação multi-partes, com restauração de diálogo após falhas,

detecção de falhas, reinício e término com sucesso total de todas as ações; providenciar a delimitação e agrupamento de seqüências de transações relacionadas num AP; controlar o acesso e autenticação entre as diversas entidades envolvidas. A definição dos serviços e a especificação dos protocolos são descritos nos documentos ISO DIS 10026.

### 3.3 - TOPOLOGIAS

Segundo Glozza [05] topologia de uma rede corresponde à estrutura de interconexão física das várias estações que a compõem. Conforme DEC [23], quando dois ou mais nós são ligados por um meio de transmissão, o resultado é uma topologia de rede. Já Stacy [24], define topologia de uma rede como o arranjo físico dos pontos de comunicação (estações, sistemas intermediários, etc.).

As redes locais podem ser organizadas em um número variado de formas, com diferentes características, muitas delas implementadas, cronologicamente, de forma "ad hoc". Para redes locais, só algumas dessas tecnologias são de interesse, devido às curtas distâncias e aos parâmetros de alto desempenho dos canais de transmissão.

As LAN podem ser classificadas, conforme suas formas de transmissão, em duas grandes classes: Ligações ponto-a-ponto e ligações multiponto (figura 3.3).

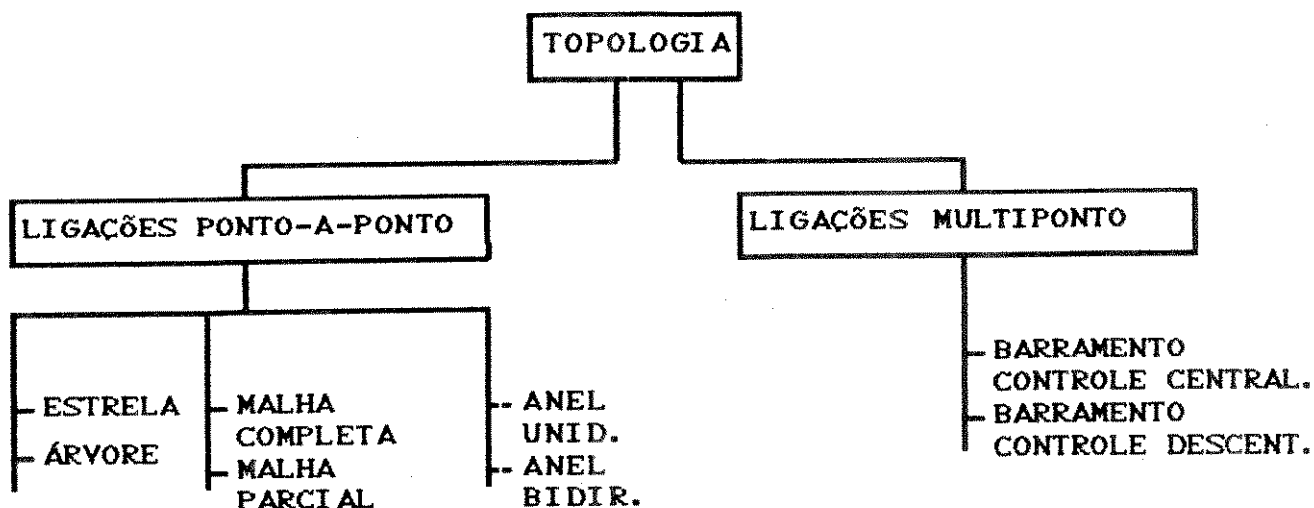


FIG.3.3-TOPOLOGIA DE REDES LOCAIS.

A primeira classe consiste em interligar pares de ES através de uma conexão ou enlaces (cabo, linha telefônica, etc). Por exemplo ES-ES e ES-IS-ES. Para a comunicação de dois pontos não interligados diretamente, um caminho deve ser estabelecido previamente.

A segunda classe tem um único canal de comunicação que é compartilhado por todas as outras estações na rede. Pacotes enviados por qualquer estação podem ser recebidos por todas as outras (broadcast). A maioria das redes locais, e um número reduzido de redes a longa distância são desse tipo. Maiores detalhes em [22].

Existem várias maneiras de se configurar a interconexão dos nós de comunicação, onde cada uma apresenta características próprias, com diferentes implicações quanto ao projeto, operação e manutenção da rede. Apresentam-se, a seguir, algumas topologias utilizadas em redes de computadores, suas variações e suas características: malha, estrela, árvore, anel, barramento e híbrida. Três topologias, correntemente em uso, que satisfazem os requisitos de uma LAN e que suportam um tipo de operação mais simples são: Estrela, Anel e Barramento.

### 3.3.1 - MALHA

Constitui a estrutura topológica mais geral possível. Essa estrutura permite que cada nó conecte diretamente a um número variável de outros nós (figura 3.4). Essa topologia tem, como vantagem, realizar a interconexão dos nós com base no tráfego de cada informação, permitindo otimizar o uso dos meios de transmissão. No entanto, a variedade de caminhos introduz a necessidade de roteamento das mensagens. Isto implica numa considerável capacidade de processamento e armazenamento das mensagens em cada nó, o que produz um grande atraso nesses, além do custo associado a cada equipamento.

A topologia em malha é, normalmente, usada em redes de computadores a longa distância. Redes locais têm uma combinação de requisitos que tornam tal topologia indesejável: equipamentos baratos, comunicação rápida entre os equipamentos, taxas de erros baixas, broadcast, etc.

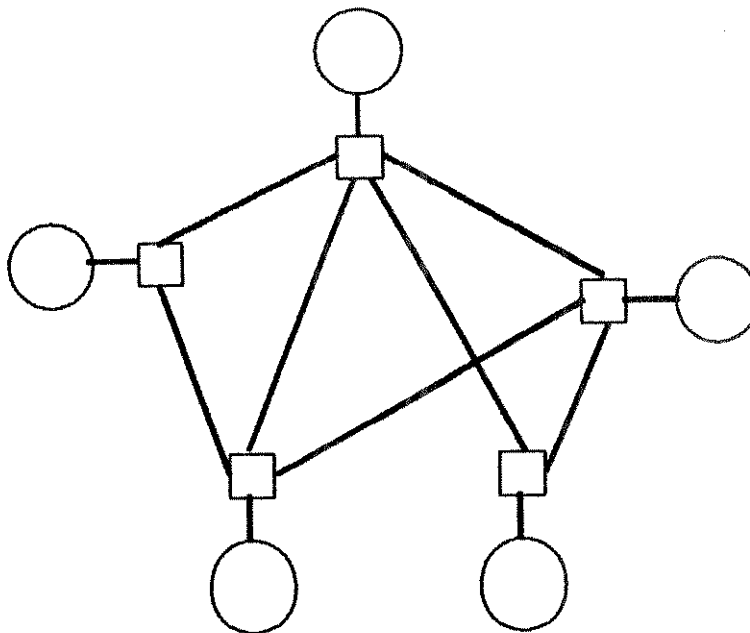


FIG. 3.4 - TOPOLOGIA EM MALHA PARCIAL.



### 3.3.2 - ESTRELA

Uma rede com topologia em estrela é ilustrada na figura 3.5. Essa estrutura de interconexão é familiar aos sistemas de computação tradicionais. Nessa estrutura, todas as decisões de roteamento são concentradas num único nó de comunicação, nó central, simplificando a implementação de cada um dos outros nós. Cada estação é ligada fisicamente ao nó central, que funciona como centro de controle da rede, interligando os demais nós.

O fato de armazenar, verificar erros, ler endereços e/ou rotear o pacote para o próximo nó, produz atraso essencial em cada nó, eleva o custo associado a cada equipamento e inviabiliza, de certa forma, sua utilização em redes locais. Com o crescente avanço tecnológico em fibra ótica, essa situação está, aos poucos, mudando.

As redes em estrela podem operar em configurações onde o nó central tem função de gerenciador de comunicação ou funções de processamento de dados. Quando o nó central opera como sistema de computação, não têm necessidade de roteamento, uma vez que todas as informações se concentram no nó central.

Confiabilidade é um problema nas redes em estrela. Falha em um nó secundário acarreta um problema mínimo, uma vez que o restante da rede continua funcionando. Já as falhas no nó central podem ocasionar a parada total da rede.

Outro problema, nessa topologia, é relativo à modularidade. A configuração pode ser expandida até um certo limite, que é imposto pelo nó central. Além disso, um grande número de estações implica num grande número de ligações físicas, e que pode comprometer os custos associados ao meio de transmissão (aquisição, instalação, etc.). O desempenho obtido, em uma rede, com topologia em estrela, depende do tempo gasto pelo nó central para processar e encaminhar

uma mensagem e da carga de tráfego na conexão. Um crescimento modular na rede, visando aumentar o desempenho desta, torna-se, a partir de um certo ponto, inviável, tendo, como solução, a substituição do nó central por outro de melhor desempenho.

Uma extensão da topologia em estrela é a chamada topologia em árvore, onde cada nó intermediário se encarrega da transferência de informação. Nessa topologia, existe roteamento, mas é bastante simples. Falhas em nós, intermediários, podem isolar parte da rede, e falhas no meio criam sub-redes que não se comunicam.

Dois técnicas de acesso ao meio empregadas nessa topologia são Polling (controle central), CSMA/CD. Quando aplicada em redes locais em fibra ótica, essa topologia apresenta duas variações: estrela passiva e estrela ativa. Na estrela passiva, o nó central repete o sinal que chega a ele (de qualquer estação) para todas as portas de saída (todas as estações conectadas a ele), ou seja, atua como um repetidor. Na estrela ativa, o nó central (Hub) converte sinal ótico para elétrico, regenera, converte sinal elétrico para ótico, comuta e realiza funções de controle de acesso ao meio.

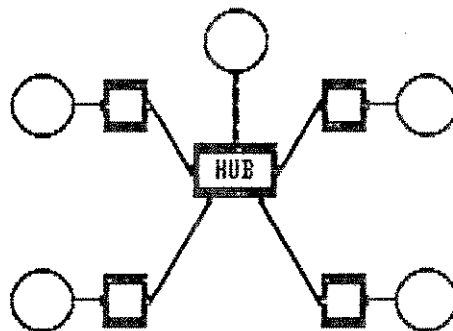


Fig. 3.5 - TOPOLOGIA EM ESTRELA.

### 3.3.3 - ANEL

A topologia em anel é uma das estruturas de interconexão para redes que permite eliminar a necessidade de um nó central, conforme figura 3.6. Essa estrutura é muito simples e bastante adaptada às redes locais, onde o fluxo de comunicação entre as redes tende a ser descentralizado. Uma rede em anel pode ser caracterizada como uma seqüência de ligações ponto-a-ponto entre as estações através de um caminho fechado. Como pode ser visto pela figura 3.6, existe uma interface de comunicação que, além de interligar as estações ao meio, atua como repetidor.

As configurações mais usuais são unidirecionais, tornando o projeto dos repetidores e os protocolos de comunicação mais simples. Cada estação é ativa no sentido que ela retransmite a mensagem. Isto introduz um pequeno atraso para cada mensagem circulando no anel. Por outro lado, permite uma modularidade bastante elevada e um alcance grande, e obtem-se, em geral, um melhor desempenho da rede em termos de atraso e vazão.

Essa característica faz com que a rede passe a ter sua confiabilidade voltada aos repetidores, ou seja, pelo fato de cada nó de comunicação participar do processo de transmissão, a confiabilidade da rede passa a ser dependente da confiabilidade individual de cada repetidor. Assim, tanto uma falha em um repetidor quanto uma quebra em qualquer dos enlaces entre os repetidores pára toda a rede.

Existem algumas variações dessa topologia, quando aplicada em redes locais em fibra ótica: anel passivo, anel ativo, anel duplo e anel-estrela.

A implementação passivo ou ativo para a topologia em anel diz como a interface de rede é acoplada ao meio. No primeiro caso, a interface (dispositivo) recebe e envia (injeta) uma porção da

energia ótica do/ao meio. No segundo caso, todo sinal ótico entra na interface, ocorrendo uma conversão ótico-elétrica, uma regeneração e conversão elétrico-ótica.

Em relação à topologia em estrela, essa configuração permite uma redução nos custos e complexidade de instalação do meio físico de transmissão. Também a necessidade de compartilhamento do meio físico exige a implantação de mecanismos que controlem o acesso e utilização desse meio pelas várias estações. Algumas técnicas de acesso ao meio utilizadas com essa topologia são: Token-Ring, Slotted Ring, Register Insertion, CSMA E CSMA/CD [25].

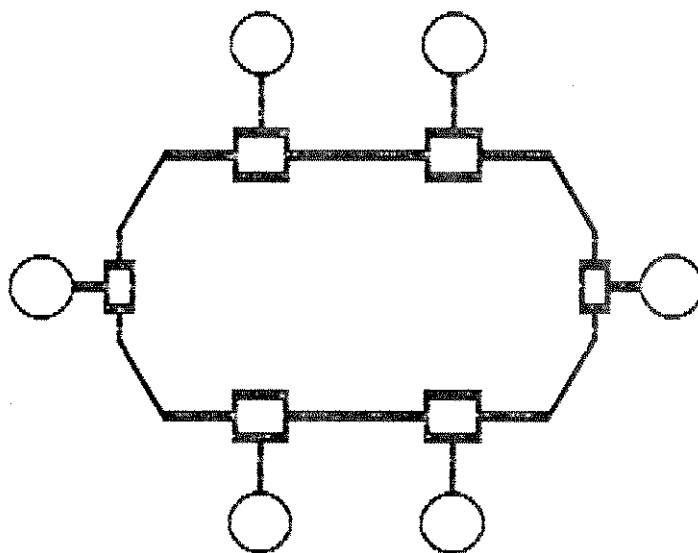


Fig. 3.6 - TOPOLOGIA EM ANEL.

3.3.4 - BARRAMENTO

A topologia em barramento, mostrada na figura 3.7, é outra estrutura de interconexão bastante adaptada às redes locais de computadores. Nessa topologia, o meio físico de transmissão é composto por um único segmento (cabo) de transmissão multiponto compartilhado pelas diversas estações interconectadas.

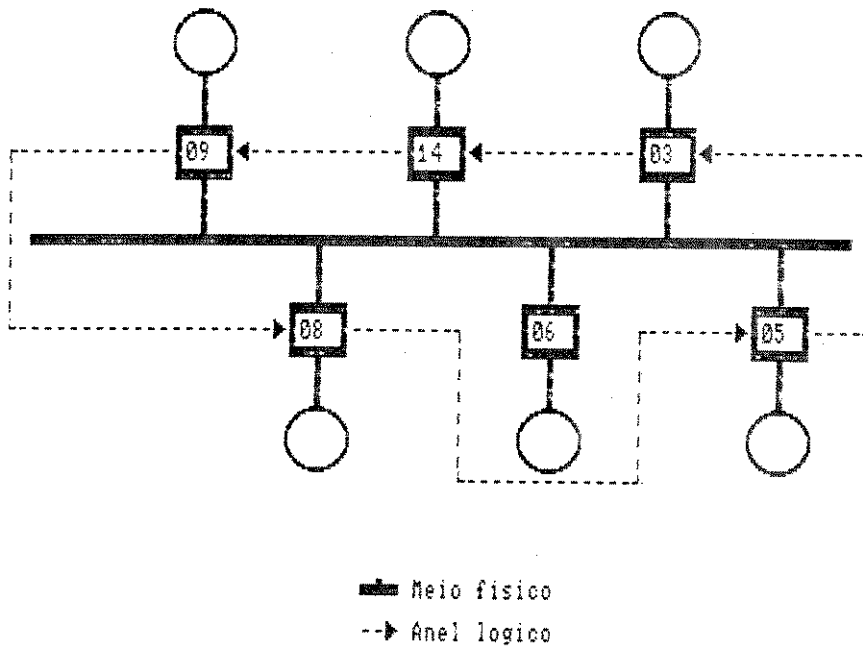


Fig. 3.7 - TOPOLOGIA EM BARRAMENTO.

Cada nó conectado ao barramento pode ouvir todas as informações transmitidas, independentemente do seu destino. Essa característica facilita as aplicações com mensagens do tipo "broadcast". A única decisão necessária, em cada um dos nós de comunicação, é a identificação das mensagens que lhe são

destinadas. As mensagens são trocadas sem a participação dos nós intermediários, ou seja, são elementos passivos. Essa característica evita que falhas nos nós provoquem a parada da rede. Por outro lado, essa mesma característica tende a limitar o alcance da rede.

Nessa topologia, não há necessidade de roteamento, simplificando, portanto, a implementação dos nós. Pelo fato de não existir armazenamento intermediário das mensagens permite um desempenho adequado.

A necessidade de compartilhar um único meio físico, exige a implantação de mecanismos que disciplinem o acesso das estações ao meio. A confiabilidade dessa topologia dependerá muito da estratégia de controle. Ela pode trabalhar com controle centralizado ou distribuído. No primeiro caso, apresenta os mesmos problemas de confiabilidade da topologia em estrela, com o atenuante que o nó redundante possa ser um outro comum na rede. Para o segundo caso, surgem os problemas quanto à detecção da perda do controle de acesso e sua recriação.

O crescimento de uma rede em barramento, no que diz respeito ao número de nós e à distância máxima entre esses, depende do meio utilizado, da taxa de transmissão e da quantidade de ligações ao meio. É possível alcançar maiores distâncias em um cabo, bastando, para isso, utilizar repetidores, mas sua confiabilidade diminui. O desempenho de uma rede em barramento é determinado pelo meio de transmissão, número de nós, controle de acesso, tipo de tráfego, etc. Algumas técnicas de acesso ao meio utilizadas nesse tipo de topologia são: Aloha, CSMA, CSMA/CD e Token-Bus. Maiores detalhes em [03].

Da mesma forma como nas topologias em estrela e anel apresentadas anteriormente, esta topologia apresenta algumas variações quando utilizadas em fibra ótica: barramento passivo, barramento ativo e loop bus. A diferença do barramento passivo e ativo para o anel é

que, no último, uma transmissão unidirecional garante a conectividade total dos nós e, no anterior, é necessário transmissão bidirecional. A variação de barramento em loop, mostra o barramento com seu fim ligado, ou seja, configurado em U. Essa configuração utiliza um barramento linear passivo, com a simplicidade da topologia em anel [26].

### 3.3.5 - HÍBRIDAS

Como foi citado anteriormente, as topologias em anel, barramento e estrela são as que atendem, em geral, aos requisitos de redes locais. Em alguns casos, entretanto, pode ser necessária uma combinação de características das topologias descritas acima, configurações híbridas, de modo que superem algumas limitações dessas últimas: confiabilidade, limitação do número de nós, alcance da rede e interconexão. Alguns exemplos de tais configurações: anel-estrela, multi-anel (estrela anel), árvore de barramentos e barramento-estrela.

Numa empresa de grande porte, poderão existir diversos níveis de comunicação, de WAN e MAN nos níveis mais altos a LAN nos níveis baixos, chegando até à utilização de redes de barramento de campo (projeto Field-Bus), nos níveis inferiores.

A figura 3.8 mostra a árvore de barramentos, topologia híbrida, que é muito adequada aos níveis mais baixos de um sistema de comunicação. No nível superior, é freqüente a utilização de um "backbone" interligando diversas redes do nível inferior. Equipamentos chamados de sistemas intermediários estabelecerão as conexões dos segmentos da árvore.

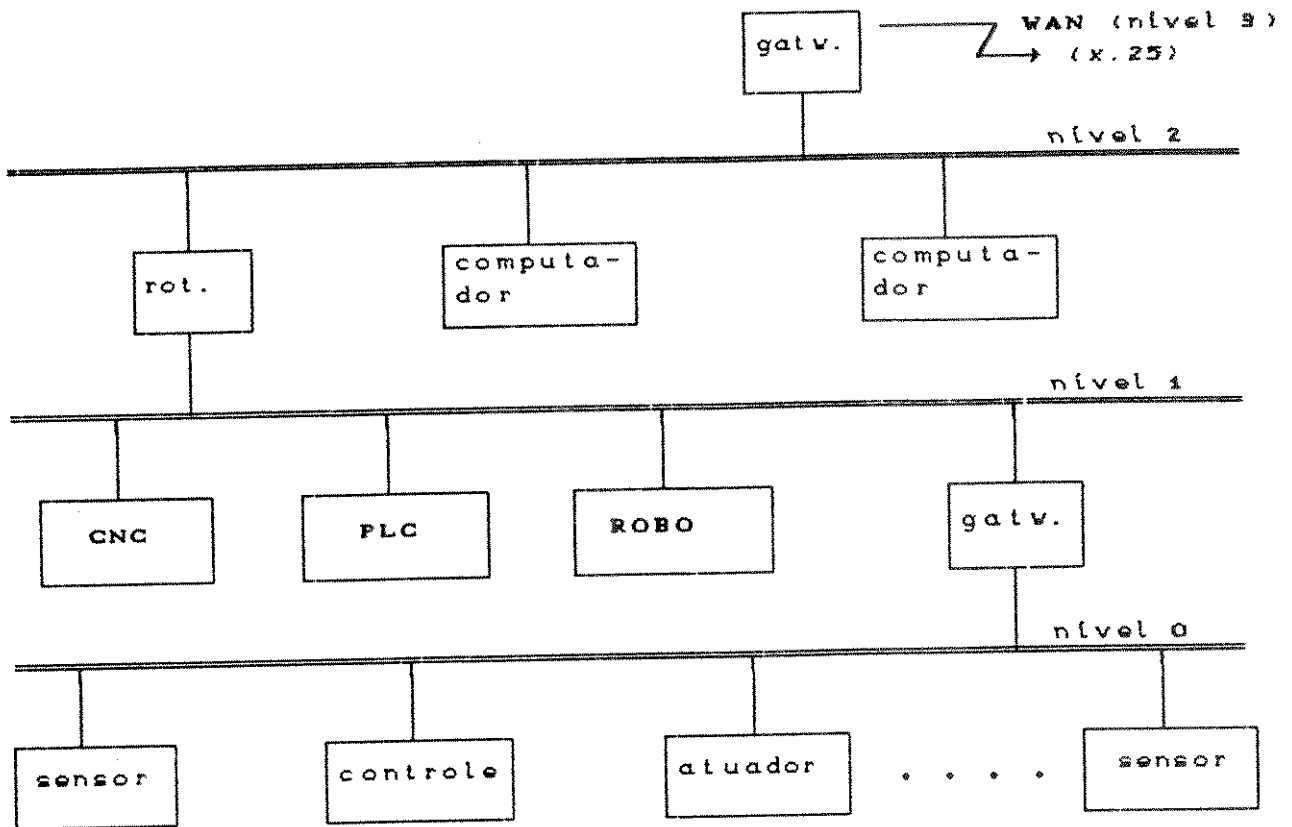


Fig. 3.8 - TOPOLOGIA HÍBRIDA. ÁRVORE DE BARRAMENTOS, EM UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE.

### 3.4 - MEIOS FÍSICOS

Uma informação entre dois equipamentos, em uma rede de comunicação, deve ser transmitida em uma forma organizada, através de um meio de alta confiabilidade.

O canal de transmissão ou condutor que interconecta fisicamente dois ou mais equipamentos, transmissores e receptores, em uma rede, é chamado de meio de transmissão.



O tipo do meio utilizado é importante, visto que ele determina a taxa de transmissão máxima, em bps, que uma informação pode ser transmitida, a máxima distância de transmissão, a vazão, a sensibilidade a ruídos e os custos de instalação.

Alguns dos meios de transmissão mais comuns serão discutidos a seguir.

### 3.4.1 - PAR TRANÇADO

Consta de dois fios de cobre isolados. Esses fios são trançados juntos em forma helicoidal. Essa forma é usada para reduzir interferência elétrica. A proximidade dos dois fios (sinal e terra) faz com que qualquer interferência causada por fontes externas seja captada por ambos os fios. Com isso, o efeito na diferença dos sinais é reduzido.

Um fator limitante e que se torna uma desvantagem do par trançado é causado pelo fenômeno conhecido como "Efeito Skin". Esse fenômeno ocorre quando se aumenta a frequência de transmissão, levando a corrente no fio a fluir na superfície, usando assim menor seção deste. Isso aumenta a resistência elétrica do fio, causando uma atenuação maior do sinal transmitido.

A aplicação mais comum do par trançado é o sistema telefônico a uma taxa de 64 Kbps e de 56 Kbps para transmissão de dados. Ele pode ser usado para transmissão analógica ou digital.

O par trançado é adequado para taxa de transferência de dados da ordem de 1Mbps a uma distância de até 100m. Para grandes distâncias, são necessários repetidores para amplificação do sinal. Atualmente, existem pares trançados adequados para 10, 40 e 100 Mbps a distâncias bem maiores [27] [28].

## Capítulo 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

Algumas implementações de par trançado, com suas vantagens e desvantagens, podem ser vistas na tabela 3.1, [27] e [29].

IMPLEMENT. T.N.	Descrição do cabo	Parâmetros eléct. imped., atenuação e taxa de transm.	Especificações	Aplicações
01	Par de fios <sup>sem</sup> blindagem 22-24 AWG	Desconhecidos Desconhecidos 10 Kbps	CCITT	Telefone, Dados de baixa veloc. RS232
02	Par Tranc. não blind. trançado indivíd. 22-24 AWG	100Ω (± 30Ω) 8db/1000' @ 1Mhz 1Mbps	RS232 1BASE5 AT&T PDS	Voz digital IEEE 802.3
03	Par Tranc. não blind. trançado indivíd. bl. opcio- nal IBM 13 22-24 AWG	100Ω (± 15Ω) 30db/1000' @ 10Mhz 10 Mbps	T1 AT&T- ISDN 10BASE-T IBM tipo 3	Voz digital 10Mbps-IEEE 802.3 4Mbps-IEEE 802.5 dados de média velocidade
04	Par Tranc. blindado trançado indivíd. 22-24 AWG	100Ω (± 15Ω) 100 Mbps 7.5db/1000' @ 1Mhz 25db/1000' @ 10Mhz	EIA/TIA 10BASE-T	Voz digital 10Mbps-IEEE 802.3 16Mbps-IEEE 802.5 dados de alta velocidade
05	Par Tranc. não blind. trançado indivíd. 22-24 AWG	100Ω (± 15Ω) 4.2db/1000' @ 1Mhz 16db/1000' @ 10Mhz 40 Mbps	EIA/TIA 10BASE-T & NEMA	Voz digital 10Mbps-IEEE 802.3 16Mbps-IEEE 802.5 dados de média e alta velocidade
06	Par Tranc. blindado tranc. bl. indivíd. 22-24 AWG	150Ω (± 15Ω) 30db/1000' @ 100Mhz 10.6db/1000' @ 10Mhz 100 Mbps	IBM tipo 1 IBM tipo 2 IBM tipo 6 IBM tipo 9	16Mbps-IEEE 802.5 dados de alta velocidade
07	Cabo Coaxial	50, 75 e 93 Ω 100 Mbps 500 Mbps	10BASE-5 10BASE-2	IEEE 802.3 IEEE 802.4 baseband, broadband
08	Fibra Ótica	62.5/125 micron alto desempenho 100 Gbps	10BASE-F FDDI	IEEE 802.3 IEEE 802.4 IEEE 802.5

TABELA 3.1 - IMPLEMENTAÇÕES DE CABOS.

### 3.4.2 - CABO COAXIAL

O Cabo Coaxial consta de um fio de cobre (sinal), como núcleo, envolvido por um material isolante. Esse material isolante é coberto por um condutor cilíndrico (malha) aterrado, que serve como um condutor de retorno. Esse último é revestido por um material plástico.

Devido a sua geometria, o condutor central é, efetivamente, blindado dos sinais de interferência externos. Sua construção também evita perdas por radiação eletromagnética, torna-o menos susceptível ao Efeito Skin e fornece uma boa combinação de bandwidth alta e boa imunidade ao ruído.

A diferença entre a maior e a menor frequência na qual os dados são transmitidos é chamada de largura de banda (bandwidth) de um meio. A largura de banda depende da espessura do fio e da distância a ser transmitida.

Os cabos coaxiais são, comumente, classificados de acordo com suas técnicas de transmissão: Baseband, broadband ou carrierband. Em sistemas de comunicação baseband e carrierband, é comum usar somente um sinal por vez, no meio, e esse sinal é colocado no cabo como forma de onda digitais e analógicas, respectivamente.

Em sistemas broadband, frequência e modulação são usadas para enviar sinais analógicos sobre o cabo. Múltiplos canais são criados, usando multiplexagem por divisão de frequência (FDM - Frequency Division Multiplexing). Cada canal ocupa diferentes faixas da largura de banda disponível do cabo.

Existem três tipos de cabos coaxiais em uso: 50  $\Omega$ , usado para transmissão digital, e 75  $\Omega$  e 93  $\Omega$ , usados tanto para transmissão digital como para analógica.

### Capítulo 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

Mok [30] mostra a variação de custos em US\$/m entre alguns tipos de cabos. A tabela 3.2 mostra o custo de alguns cabos no mercado externo.

Tipo de Cabo	Custo \$/m
Coaxial Ethernet (Plenum)	15.42
Coaxial Ethernet (PVC)	4.92
IBM tipo 1 (T1 coaxial)	2.69
IBM tipo 1 (Twinaxial)	1.05
Par trançado blindado (2 pares)	0.95
Par trançado não blind. (2 pares)	0.82

TABELA 3.2 - CUSTO POR METRO DE ALGUNS CABOS.

Germann [31] mostra diferentes meios de comunicação e diferentes velocidades disponíveis para o método de acesso CSMA/CD (seção 3.5.2.2), além das distâncias e topologias (tabela 3.3).

Especificação	TAXA (Mbps)	MEIO	DIST. ( m )	TOPOL.
10BASE5 (padrão Ethernet)	10	Coaxial Grosso	500	Barram.
10BASE2 (Ethernet fino)	10	Coaxial Fino	200	Barram.
10BROAD36 (Ethernet Broad.)	10	Coaxial CATV	3600	Barram.
1BASE5 (StarLAN)	1	Par Tranc.	500	Estrela
10BASE-T (StarLAN)	10	Par Tranc.	100	Estrela

TABELA 3.3 - ESPECIFICAÇÕES PARA LANs EM CSMA/CD.

### 3.4.3 - FIBRA ÓTICA

A utilização de fibra ótica (FO) está aumentando para LAN com velocidade de transmissão além de 16 Mbps e para interligação de várias outras LAN (CAN), MAN e WAN. Atualmente, as FO oferecem taxas na ordem de várias centenas de Mbps. Existem implementações em FO, com taxas de até 10 Gbps a 100 Km (MAN).

Fibra ótica tem vários benefícios em relação aos outros meios: taxas de transmissão elevadas, valores de desempenho significativamente melhores que outros meios, alto grau de segurança de dados, alcance maior, imunidade à interferência eletromagnética e de rádio frequência (RFI) (adequada a transmissão em ambientes extremamente ruidosos, pouco peso e tamanho pequeno, e custo potencialmente pequeno. Apresenta, no entanto, uma tecnologia ainda não familiar, os LED ainda não acompanham a tecnologia e requer uma terminação sofisticada.

Um cabo de fibra ótica consta de uma fibra superfina de sílica fundida ou plástico, que transporta sinais de luz. A fibra é formada por dois elementos, com índices de refração diferentes. O elemento interno (núcleo) tem um índice de refração maior que o externo, que o envolve (casca). Quando a luz incide na interface núcleo/casca, ela é refletida de volta ao núcleo e, assim, se propaga em zigzag. A fibra é protegida por uma cobertura de acrílico contra danos externos.

A tecnologia de FO envolve o envio e recepção de um sinal de luz modulado em frequências muito altas. Existem dois tipos de fibra ótica: monomodo e multimodo. Em FO monomodo, um único raio de luz passa na fibra em um dado tempo. Na FO multimodo, centenas de raios de luz passam através do núcleo da fibra simultaneamente.

### Capítulo 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

Fibra multimodo é usada para a maioria das redes locais, porque ela alcança os atributos de desempenho a custos mais efetivos [32]. É mais fácil de instalar, devido ao diâmetro do núcleo maior e pode utilizar LED, ao invés de Laser, que é mais caro.

Os componentes básicos de um sistema de comunicação em FO são: transmissores óticos, receptores óticos, fibra ótica, conectores, splices e acopladores. Algumas redes em FO utilizadas atualmente podem ser vistas em [26] e [33] (tabela 3.4).

LAN	Topologia	Método Acesso	Taxa Transm. (Mbps)	Compr. Máximo (Km)	Número Max. nó
Fibernet I	Estrela Passiva	CSMA/CD	10	*	*
Fibernet II	Estrela Ativa	CSMA/CD	10	2.5	200-1000
Codenet	Estrela Passiva	CSMA/CD	3.4	0.9-2.8	200-1000
Hubnet	Estrela Central	Acesso Central	50	aberto	65536
Two-Way Bus	Loop-Bus	TDMA Poll central.	100	*	19
Loop 6770	Anel Ativo	Token	32	2	126
NASA/ITT	Estrela Passiva	TDMA	100	2	16
Hara's PBX	Estrela Ativa	TDMA	10	*	*
FACOM 2881	Anel Ativo	TDMA	4	3-96	32
FACOM 2883	Anel Ativo	TDMA	33	9-576	54
H-8644	Anel Ativo	Token Passing	32	2-100	50
Loop Network	Anel Ativo	TDMA	32	2	*
Loop 6530	Anel Ativo	Híbrido	32	7	*
Loop 6830	Anel Ativo	Híbrido	32	12	*
BRANCH 4800	Árvore	CSMA/CD	10	1	*
SIGMA	Anel Ativo	TDMA	32	2	64
BILNET	Anel Passivo	TDMA	50	*	19
CAMAC	Anel Único	TDMA	40	200	*
Locnet	Estrela	TDMA	.064-1.5	2	*
Magnet	Anel dupl. simp	TDMA/SDMA TDMA/VDMA TDMA	100-100-200 10	*	256 50

\* - VALORES NÃO FORNECIDOS

TABELA 3.4 - COMPARAÇÃO DE VÁRIAS LANs EM FIBRA ÓTICA.

### Capítulo 3 - BASE DE CONHECIMENTO EM REDE DE COMPUTADORES

As seguintes topologias aparecem como as mais promissoras para LAN em fibra ótica [26]: barramento (bidirecional) passivo e ativo, anel (unidirecional) passivo e ativo, estrela (bidirecional) passivo e ativo, e híbrida (estrela-anel, vários anéis interconectados através de um nó central). Protocolos CSMA/CD são utilizadas em FO, com uma taxa de até 32 Mbps, enquanto que os Token Ring podem ser utilizados para taxas maiores, 50 a 100 Mbps.

Três técnicas em F. ótica proporcionam a utilização eficiente da largura de banda: WDMA - wavelength division multiple access; FDMA - frequency division multiple access e TDMA - time division multiple access.

As técnicas FDM e WDM são métodos eletrônico e ótico, respectivamente, de combinar um número de canais de transmissão em uma única fibra ótica. Embora essas técnicas sejam utilizadas, elas limitam o número de estações na rede, devido às limitações de fonte e filtro. A figura 3.9 mostra a classificação dos protocolos de acesso em FO [34].

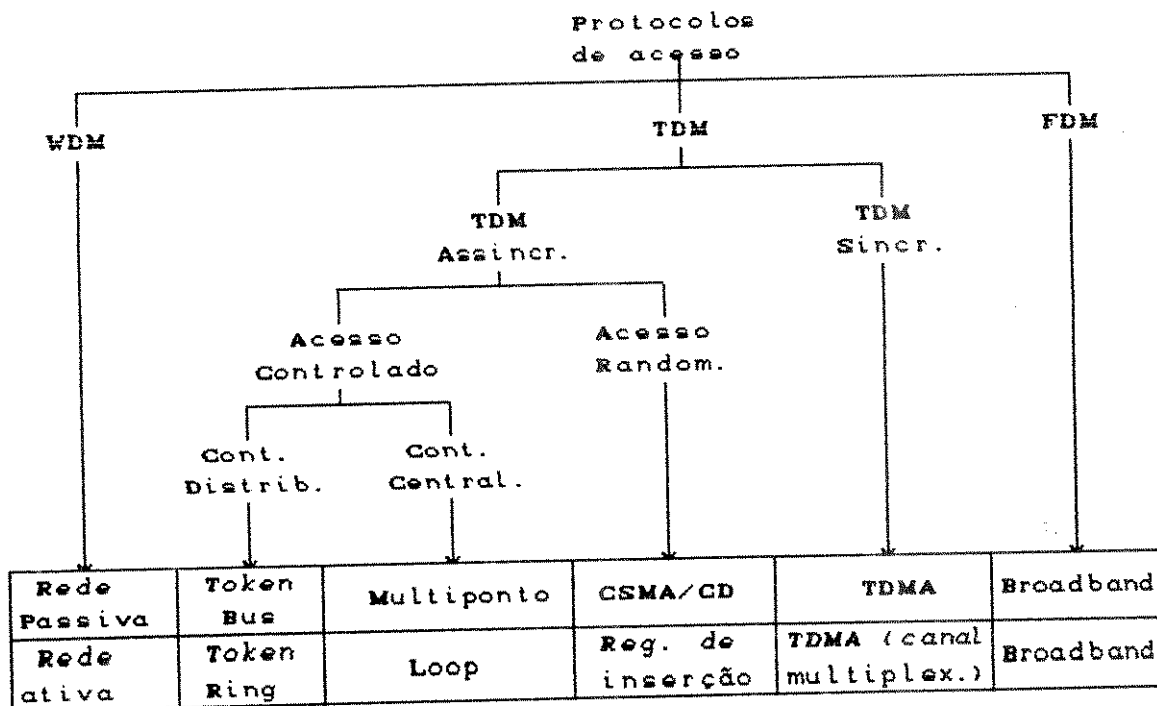


FIG. 3.9 - CLASSIFICAÇÃO DOS PROTOCOLOS DE ACESSO EM F. ÓTICA.

Sub [35] mostra as limitações de distância em enlace ponto-a-ponto versus taxa de transmissão (Bauds), do cabo coaxial e da Fibra ótica 1300 nm Laser/PIN fotodiodo (transm./recep.), e também as limitações do número de nós versus taxa de transmissão do cabo coaxial e da Fibra ótica 850 nm Laser/APD (Avalanche Photo Detector).

Alguns componentes de FO com seus custos, em US\$, e o declínio nos próximos anos são citados em [36], tabela 3.5.

Componentes	Custo			
	1990	1990/91	1992/97	1998/+
S. M. Fibra	\$ .25/m	15%	4%	4%
Laser (2.4Gbps)	\$1.25K	30%	15%	5%
Laser (600Mbps)	\$175	30%	15%	5%
APD (2.4Gbps)	\$1.25K	30%	15%	5%
PIN (600Mbps)	\$175	30%	15%	5%
Comut. 64x64	\$6K	30%	30%	5%
Mux (2.4Gbps)	\$10K	30%	15%	5%
Mux (600Mbps)	\$2K	15%	5%	5%
Acopl. Estrela	\$100	15%	--	--
Conector S. M.	\$15	15%	--	--

TABELA 3.5 - CUSTO DOS COMPONENTES DE F/O.



A tabela 3.6 indica, de uma maneira geral, valores de alguns parâmetros dos meios físicos descritos acima.

Meio Físico	Par Trançado	Coaxial Baseband	Coaxial Carrierb.	Coaxial Broadband	Fibra Ótica
Custos Componente	Baixo	Médio (-)	Médio (-)	Médio (+)	Médio (+)
Custo do meio--\$/m *	1.0-blind 0.5-n bl.	2.0	1.5	1.5	1.2-vidro 0.4-plast
Técnica de sinalização	Digital Analog.	Digital	Analog.	Digital Analog.	Digital Analog.
Relação S/N	Baixa	Média	Alta	Alta	Muito Alta
Número de nós	< 120 2 Mbps	±1500	< 32	< 1000	< 200 200-1000 65536
Distância (km)	0.1 - 1Mbps	<= 10 - 10Mbps	< 2 - < 4 < 15	100	1-10bps 100 - 1000bps
Larg. de banda--Mbps	1-4-10 16-40-100	1-2,5-5 10-20-50	1-2-5 10	150	1 -400 100000

\* 1M --> 3.28 FT

TABELA 3.1 - MEIOS DE COMUNICAÇÃO.

### 3.5 - TÉCNICAS DE ACESSO AO MEIO

A utilização das técnicas de acesso ao meio dependerá do meio de transmissão e da topologia usados na rede de computadores. Redes locais de computadores configuradas em estrela não foram propostas e/ou estudadas constantemente na literatura, nem foram incluídas nos esforços de padronização para redes locais. Existe uma crescente tendência na utilização de topologia em estrela em FO, com o método de acesso CSMA/CD para redes locais [26] [37].

As topologias básicas, anel e barramento, associadas ao desenvolvimento das redes locais, vistas anteriormente, caracterizam-se pelo uso de um único meio físico de transmissão, interconectando os diversos nós de comunicação. Além de reduzir

bastante os problemas quanto à instalação e manutenção dos suportes físicos de transmissão, elas fornecem uma solução simplificada para o problema de conectividade lógica das estações. Essas topologias, porém, introduzem a necessidade de mecanismos de controle de acesso ao meio, para disciplinar a utilização do recurso de transmissão pelos vários nós. Esse mecanismo, juntamente com a topologia, costuma ser um dos principais elementos no desempenho dos diversos tipos de redes locais.

Os métodos (protocolos) de acesso ao meio foram desenvolvidos na maioria dos casos, para uma determinada topologia de rede. Mas existem estratégias de controle que podem ser utilizadas em diferentes topologias, embora sejam mais adequadas àquelas para as quais foram desenvolvidas.

Existe uma grande variedade de métodos de acesso voltados para redes locais de computadores que podem ser classificadas de acordo com o mecanismo de alocação do meio: fixa, randômica, demanda com controle central, demanda com controle distribuído e adaptativa. Alguns são citados abaixo.

- Alocação fixa - Obtenção de subcanais, através da alocação de porções de um canal no domínio do tempo, frequência e código.
  - ▶ TDM - Time Division Multiple Access
  - ▶ FDM - Frequency Division Multiple Access
  - ▶ CDM - Code Division Multiple Access
  
- Alocação randômica - Alocação total do meio, sem coordenação explícita de qualquer estação.
  - ▶ p-Aloha e Slotted Aloha
  - ▶ CSMA, p-CSMA, np-CSMA e CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access
  - ▶ BTMA - Busy Tone Multiple Access
  - ▶ SSMA - Spread Spectrum Multiple Access

- Alocação por demanda com controle centralizado - Alocação total do meio, com controle de acesso realizado por uma estação.
  - ▶ Polling
  - ▶ SRMA - Split Channel Reservation Multiple Access
  - ▶ GSMA - Global Scheduling Multiple Access
  
- Alocação por demanda com controle distribuído - Alocação total do meio, com controle de acesso distribuído entre as estações.
  - ▶ FIFO Reservation
  - ▶ Round-Robin Reservation
  - ▶ MSAP - Mini Slotted Alternating Priorities
  - ▶ BRAM - Broadcast Recognizing Access Method
  - ▶ Token-Passing (Ring e Bus)
  - ▶ Slotted-Ring
  - ▶ Register Insertion Ring, etc.
  
- Alocação adaptativa - Esses métodos de acesso são também conhecidos como híbridos. Combinam as vantagens dos métodos de acesso randômicos, quando a carga é baixa, com as do método por demanda, quando a carga é alta.
  - ▶ CSMA combinado com TDMA
  - ▶ CSMA combinado com Token-Passing
  - ▶ SRUC - Split Reservation Upon Collision
  - ▶ PODA - Priority Oriented Demand Assignment
  - ▶ MACS - Mixed Aloha Carrier Sense
  - ▶ CSMA/CD, com prioridades dinâmicas e baixa probabilidade de colisão
  - ▶ CSMA/DCR - CSMA/CD, with Deterministic Contention Resolution, etc.

Todas essas técnicas podem ser vistas em detalhes em [04], [05], [22], [38]. Os métodos mais utilizados serão descritos nesse capítulo, sendo que se deu maior ênfase àqueles padronizados pela ISO e IEEE, ISO 8802.3, ISO 8802.4 e ISO 8802.5 e IEEE 802.3, IEEE

802.4 e IEEE 802.5, respectivamente. Duas técnicas foram adotadas para uso em redes locais para esses padrões: CSMA/CD - "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection", para uso nas topologias de rede em barramento, e TOKEN PASSING (Passagem de permissão) ou simplesmente TOKEN (Ficha), para uso nas topologias em barramento ou anel.

### 3.5.1 - CLASSIFICAÇÃO EM RELAÇÃO À MULTIPLEXAÇÃO NO DOMÍNIO DO TEMPO E DA FREQUÊNCIA

Essas técnicas foram desenvolvidas com o objetivo de multiplexar o meio de transmissão físico em vários canais.

#### ► FDM - Frequency Division Multiplexing

A técnica de multiplexação na frequência divide o espectro de frequência em diferentes faixas, estabelecendo vários canais lógicos (canais passa-faixa). Os diversos canais podem ser alocados, de forma fixa, a certas estações ou a grupos de estações.

Essa técnica tem o inconveniente da utilização não otimizada, em virtude da ociosidade existente nos canais quando as estações não transmitem. Oferece, porém, algumas vantagens, como:

- Utilização simultânea de diferentes informações: dados, imagem, voz, etc.
- Maiores velocidades de transmissão.
- Maiores distâncias.
- Menor sensibilidade a ruídos.

### ► TDM - Time Division Multiplexing

Essa técnica aloca o meio físico (largura de banda total) às estações, durante intervalos de tempo específicos. Ela segue dois princípios: síncrona (STDM) e assíncrona (ATDM).

→ Síncrona. Caracterizada pela definição de intervalos de tempo rígidos. São fundamentais para serviços que necessitam de garantia de regularidade no acesso ao meio. Seu uso para transmissão de dados em LANs não é freqüente.

→ Assíncrona. Caracterizada pela alocação dinâmica do tempo de utilização do meio físico entre as estações, conforme o tráfego gerado em cada uma. Permite um compartilhamento mais eficiente do meio quando o tráfego é irregular, como é o caso de redes locais.

Existem ainda técnicas TDMA (Time Division Multiple Access) que são uma combinação dos dois princípios citados acima. São caracterizadas pela alocação de intervalos de tempo fixos que são alocados de forma fixa ou dinâmica, conforme tipo de serviço.

### 3.5.2 - CLASSIFICAÇÃO EM RELAÇÃO À MULTIPLEXAÇÃO DO CANAL

Os métodos de acesso ao canal se subdividem em estocásticos (alocação randômica) e determinísticos (alocação por demanda). Nos primeiros, não é possível garantir que uma estação adquira o canal em determinados instantes de tempo, porque o acesso é aleatório. Já nos determinísticos, é sempre possível determinar o tempo máximo que uma estação consegue transmitir, ou seja, a estação sabe qual o máximo tempo que ela espera para transmitir uma informação.

### 3.5.2.1 - POLLING

É um método de acesso implementado em topologias do tipo barramento e estrela, determinístico e cujo controle de acesso ao meio é centralizado.

Nesse método, as estações só podem enviar mensagens depois de consultadas e autorizadas, previamente, pela estação que controla o acesso ao meio. O ciclo de acesso é formado por duas fases: na primeira, a estação controladora pesquisa todas as estações no barramento que desejam transmitir; na segunda, o barramento é alocado a cada estação requisitante.

### 3.5.2.2 - CSMA/CD

A técnica de acesso múltiplo com detecção de portadora e detecção de colisão, constitui a principal técnica de acesso associada às redes locais com topologia em barramento. Redes em barramento com CSMA/CD são usadas extensivamente em automação de escritórios. Essa é uma das técnicas padronizadas pelos órgãos ISO e IEEE como, IEEE 802.3 e ISO 8802/3. Hoje em dia, com o avanço da tecnologia, as taxas de transmissão estão na ordem de 100 Mbps para meio de transmissão em fibra ótica, o que está bem longe dos 10 Mbps padronizados pelos órgãos ISO e IEEE.

Na verdade, a CSMA/CD resulta de uma classe de técnica de controle denominada "Técnicas de Contenção", que é assim constituída: ALOHA, SLOTTED ALOHA, CSMA, NP-CSMA (Non Persistente CSMA), CSMA p-Persistente. Maiores detalhes em [04], [05] e [22].

Essas técnicas são também chamadas de "Técnicas de Acesso Aleatório", pois, quando cada estação deseja transmitir, elas o fazem sem uma ordem de acesso, e nada impede que dois ou mais nós transmitam simultaneamente, provocando uma colisão, o que acarreta a perda da mensagem.

Todos esses métodos têm o mesmo princípio de funcionamento, diferenciando-se apenas nas estratégias para evitar a colisão. A estratégia de controle, nesse caso, irá depender da capacidade do nó detectar a colisão e retransmitir a mensagem.

No método CSMA/CD, a detecção de colisão é realizada durante a transmissão. Isso é feito pelo próprio nó, que fica escutando o meio durante a transmissão de sua mensagem. Ao detectar uma colisão, o nó pára de transmitir imediatamente e, em seguida, envia um sinal de reforço para assegurar que todos os nós envolvidos na colisão tomem conhecimento da situação. Esse sinal tem a duração suficiente para caracterizar a ocorrência de uma colisão.

O desempenho de uma rede com topologia em barramento, controlada pela técnica de acesso aleatória, está associada à probabilidade de ocorrência de colisões. Tal probabilidade é função, entre outros, do algoritmo de controle de acesso e das características de tráfego de mensagens. Para um tráfego pequeno e distâncias da ordem de 2,5 Km, a percentagem de utilização da capacidade do meio pode chegar a 98% [39]. Já para grandes volumes de tráfego, esse método mostra certa instabilidade. Uma análise de desempenho dessa técnica é feita em [03] e [39].

### 3.5.2.3 TOKEN PASSING

Nesse método, um padrão especial ("token") é passado, sequencialmente, de estação a estação; por isso, é também chamado de Passagem de Permissão. Somente a estação que possui o "token" (ficha) pode transmitir suas mensagens. Esse método está, implicitamente, associado à configuração em anel, porém uma rede em barramento pode utilizá-lo. Embora, nas topologias em anel, a ordem lógica de transmissão corresponda à ordem física das estações, nas configurações em barramento ela não o é.

A utilização dessa técnica tem suas motivações nas qualidades dessa topologia quanto às facilidades operacionais e à confiabilidade, bem como no fato de que esta técnica elimina a possibilidade de colisões. Como esse método é muito utilizado nas configurações em barramento e anel, eles foram escolhidos como padrões internacionais: IEEE 802.4 e IEEE 802.5, respectivamente.

A técnica de controle por ficha é, provavelmente, a técnica mais antiga para redes em anel. Com o passar do tempo, ela foi-se aperfeiçoando e estendida para redes em barramento, descaracterizando-a como exclusiva da configuração em anel.

Essa técnica, em anel, apresenta duas características básicas com relação ao desempenho: transmissão de mensagens de tamanho variável, que é mais eficiente para suportar tráfego de comunicações irregulares, como é o caso de redes locais, e limitação dos tempos de espera máximo para o acesso ao meio que permite suportar tráfego mais regular, como é o caso das aplicações em tempo real. Além disso garante a equidade (técnica de acesso determinístico).

Sua utilização em barramento apresenta como desvantagem a sua complexidade e o "overhead" ocasionado quando o tráfego é baixo. No entanto, é um método que garante a equidade e que é estável mesmo em sobrecarga. Um esquema de prioridades é muito fácil de ser implementado. Porém, sua utilização é bastante elevada e independente da taxa de transmissão e do tamanho das mensagens. Essa técnica não necessita de mecanismos especiais de detecção de colisão [40], fazendo com que os transceptores sejam menos complexos e tenham menor custo. Uma das principais vantagens desse método é que ele fornece um tempo de resposta máximo limitado, sendo apropriado para aplicações em controle de processos e em tempo real.



### 3.6 - ANÁLISE DE DESEMPENHO

Nos últimos anos, devido à proliferação dos produtos para redes locais, têm aumentado as atividades de pesquisa e desenvolvimento nessa área. Conforme descrito na seção 3.3, as topologias mais usadas para redes locais são: estrela, anel e barramento. Pouca ênfase foi dada, nas pesquisas em desempenho de redes locais, para a topologia em estrela pois as outras duas topologias apresentam aspectos de confiabilidade, modularidade, expansibilidade e custos mais atraentes. Com isso, surgiram muitos trabalhos em análise de desempenho, abordando as topologias anel e barramento, e um grande número de sistemas que delas se utilizam. Os protocolos de acesso ao meio mais pesquisados e/ou utilizados são:

Anel --> Token-Ring, Slotted Ring e Register Insertion;  
Barramento --> CSMA/CD e Token-Bus.

Como exposto na seção 3.4.3, atualmente FD está sendo muito utilizada e pesquisada nas três topologias, sendo que as mais usuais com ela são estrela e anel. Entretanto, são raros os estudos em análise de desempenho utilizando FD nessas topologias e com os protocolos de acesso ao meio padronizados. Provavelmente, nos próximos anos, deve-se incluir estudos dessa natureza para redes locais, utilizando FD.

Essa seção abordará os estudos em análise de desempenho voltados às topologias em anel e barramento, enfatizando mais os padrões IEEE para redes locais. Devido ao pequeno número de configurações em redes locais, pode-se realizar uma análise comparativa do desempenho dessas.

O principal objetivo dessa sub-seção é sumarizar os trabalhos mais recentes nesta área e apresentar os fatores mais significantes na determinação do desempenho de redes locais. A sub-seção 3.6.1 resume alguns conceitos necessários à compreensão dos estudos analisados na seção seguinte.

Os resultados obtidos da análise desses trabalhos foram de suma importância para a implementação da base de conhecimentos em projeto de redes de computadores. Além disso, algumas variáveis e parâmetros foram extraídos para serem utilizados no trabalho futuro de simulação de redes locais, [41].

### 3.6.1 - ANÁLISE DE DESEMPENHO DE REDES LOCAIS

A questão de desempenho é de interesse no projeto ou seleção de uma rede local para uma aplicação específica. Dado um certo número de dispositivos, com certas características de tráfego, um requisito fundamental é que a rede local tenha capacidade adequada para a carga esperada.

Para fazer um estudo quantitativo do desempenho de uma rede, devem ser definidos critérios de desempenho apropriados. Dois níveis de critérios são estabelecidos: nível do usuário e nível da rede.

Do ponto de vista do usuário uma medida de desempenho é o tempo de resposta, que é o tempo gasto para transmitir um pacote corretamente e receber uma resposta. Esse tempo de resposta inclui tempos que são originados pela rede, como: os tempos gastos no buffer da interface da estação, o tempo requerido para transmitir o pacote e o tempo de propagação.

A nível de rede, uma medida de desempenho é o "throughput". Observe que a maximização do "throughput" e a minimização do atraso são objetivos conflitantes. Uma característica importante das redes é a avaliação da relação atraso-throughput. Para isso, esses dois parâmetros serão considerados como os mais úteis para a análise de desempenho de LAN.

Outro aspecto de interesse fundamental é o comportamento do sistema, quando a carga oferecida se aproxima do ponto de

saturação.

O "throughput" normalizado da rede é dado por  $S = \frac{\lambda \cdot \bar{x}}{R}$ , onde,  $\lambda$  é a taxa de entrada média em pacotes por segundo;  $R$  é a taxa de transmissão do canal, e  $\bar{x}$  é o número de bits por pacote, em média. Várias definições específicas de "throughput" são dadas em [03]. Outro parâmetro de medida é a utilização do canal ou eficiência,  $U$ , que é definido como o tempo médio em que um canal está ocupado.

Outra medida de desempenho é o atraso de transferência médio,  $T$ , que é definido como o tempo desde a geração de um quadro até sua recepção, bem sucedida, pelo receptor. O atraso de transferência médio normalizado é dado por  $\hat{T} = \frac{T}{(\bar{x}/R)} = \frac{R \cdot T}{\bar{x}}$ , onde  $\bar{x}/R$  é o tempo médio de transmissão do canal (tempo de transm. do pacote).

Para o cálculo dessas duas medidas de desempenho a nível de rede, vários parâmetros são definidos. A definição desses parâmetros está muito voltada para a objetividade da análise de desempenho.

Ibe [42] definiu alguns parâmetros para uso na análise de desempenho:

- .  $R$  - Capacidade do canal, bits/seg.
- .  $T_R$  - Atraso de reação (definido como o intervalo de tempo decorrido desde a recepção do token até o envio de mensagens ou passagem do token para a próxima estação, se não houver mensagem para transmitir).
- .  $T$  - Tempo para transmitir um pacote.
- .  $T_t$  - Tempo para transmitir o token.
- .  $T_p$  - Tempo para transmitir o preâmbulo.
- .  $M$  - Número de estações ativas em um ciclo de transmissão.
- .  $N$  - Número de estações na rede.
- .  $r$  - Atraso de propagação.

A utilização do canal para os protocolos Token-Ring é dada pela equação a seguir  $U = \frac{MT}{(C MT + NT_L + NT_R + 2r)}$ , e para Token-Bus por  $U = \frac{MT}{(C MT + MT_L + 2r)}$ .

Um parâmetro também muito útil para análise de desempenho de LAN é a carga oferecida,  $G$ , que é definido como a taxa total de dados apresentados para a transmissão.

Hammond [03] definiu outros parâmetros para redes em anel: latência da estação,  $B$ , que é o tempo gasto por cada estação para a passagem de um quadro, e latência do anel normalizada,  $r'$ , que é o tempo gasto pelo atraso de propagação mais a soma das latências das estações,  $r' = r + M \cdot \frac{B}{R}$ .

Costuma-se definir um parâmetro,  $\alpha'$ , atraso de latência normalizada, quando se trabalha com operação "single token". Nesse caso,  $\alpha' = \frac{r'}{\bar{x}/R}$ . Assim,  $\alpha$  é referido como atraso de propagação normalizado  $\alpha = \frac{r}{T}$ .

Stallings [43] considera a taxa de dados do meio ( $R$ ) e o atraso de propagação médio ( $r$ ) entre as estações como dois parâmetros úteis para análise de desempenho. Note que, conforme a topologia empregada, esses parâmetros devem ser vistos de outra forma, como por exemplo; o atraso de propagação reflete o comprimento do meio e, no caso do anel, reflete também o número de repetidores e suas características de atraso.

Segundo Hammond [03], a utilização do canal é dada por  $U = \frac{\text{Throughput}}{R}$ , "throughput" normalizado ( $S$ ), quando só quadros bem sucedidos são transmitidos. Throughput pode ser dado por  $\frac{L}{(\text{tempo prop} + \text{tempo transm.})}$ , onde  $L$  ou  $x$  é o comprimento do pacote,  $r$  é o tempo de prop. e  $\frac{L}{R}$  o tempo de transmissão.

Assim,  $\text{THROUGHPUT} = \frac{L}{Cr + L/R} = \frac{\bar{x}}{Cr + \bar{x}/R}$ , como

$$\alpha = \frac{t_{\text{prop}}}{t_{\text{transm}}} = \frac{r}{\bar{x}/R} = \frac{R \cdot r}{\bar{x}}, \text{ então } U = \frac{\bar{x}/(Cr + \bar{x}/R)}{R} = \frac{1}{1 + \alpha}.$$

Segundo Stallings [43], para qualquer protocolo de acesso ao meio, existe um limite superior na utilização do sistema dado por  $1/(1+\alpha)$ . O "throughput" é afetado tanto em função de  $\alpha$  como do overhead de cada protocolo; a utilização de um canal decremente quando  $\alpha$  aumenta, e o overhead gasta largura de banda reduzindo o "throughput" efetivo.

Stalling [43] mostra a relação "throughput" em função do número de estações para os protocolos Token-Passing e CSMA/CD. A diferença entre esses protocolos é muito significativa. O "throughput" do Token-Passing aumenta em função de N por causa do menor tempo para passagem do token. Já para CSMA/CD, ele decresce com N, porque aumenta a probabilidade de colisões.

Pesquisas nessa área fornecem valores concretos na eficiência do mecanismo CSMA/CD, sua sensibilidade para parâmetros essenciais (taxa de transmissão, comprimento do meio, número de estações, etc.), justiça no acesso ao meio, e outras propriedades importantes. Essas pesquisas são focalizadas em três métodos de acesso ao meio padronizados pelo projetos 802 do IEEE: CSMA/CD, Token-Ring e Token-Bus.

### 3.6.2 - REDES EM ANEL

Diferentes tipos de redes em anel foram projetados, porém um número significativamente menor foi implementado [44]. Dos diferentes tipos sugeridos, três parecem ter uma aceitação maior em ambientes industriais e de escritórios: Token-Ring, Slotted Ring e Register Insertion.

Visto que as redes em anel não têm problema de armazenamento nas estações, o seu desempenho é refletido, principalmente, no atraso dos pacotes: latência da estação e atraso de propagação. Uma característica fundamental no desempenho de um protocolo de acesso ao meio de uma LAN é sua sensibilidade à velocidade de transmissão e à distância.

#### ● TOKEN-RING

Existe um grande número de estudos para a análise e desempenho desse protocolo. Esse trabalho utiliza alguns dos resultados obtidos em [03], [45] e [46].

Hammond [03] fez uma análise das características atraso-throughput com operação "single-token", "multiple-token" e "single-packet" [03] [04] [05], e da sua sensibilidade para os parâmetros de rede, em particular, a latência do anel. A análise foi realizada sobre resultados obtidos para operação "single-token".

As seguintes suposições foram estabelecidas, para que os resultados fossem tratáveis:

- Tráfego balanceado para cada estação;
- processo de chegada para cada estação é de poisson;
- distância média entre estação fonte e destino igual a metade da distância do anel;
- distância entre as estações são iguais, de modo que o atraso de propagação seja dado pela relação do atraso de propagação total ( $x$ ) pelo número de estações ( $M$ );
- a distribuição do comprimento do pacote é a mesma para cada estação;
- o serviço em cada estação é exaustivo, ou seja, cada uma transmite todos os pacotes disponíveis quando de posse do token.

Hammond [03] mostra a característica de atraso-throughput para comprimento de pacotes fixo ( $FP$ ) e distribuído exponencialmente ( $EP$ ), para valores de latência normalizada do anel,  $\alpha'$ , de 0,01, 1

e 10, e para 10, 50 e 100 estações. Conclui-se que o número de estações na rede tem um efeito desprezível no atraso médio dos pacotes, mantendo-se, é claro, o mesmo "throughput" para 10, 50 e 100 estações. Quando a latência do anel é bem menor que o comprimento médio do pacote ( $\alpha' = 0$ ), o atraso é menor e se consegue um maior "throughput" máximo.

A sensibilidade do atraso para a distribuição do comprimento do pacote também é estudada. Para pacotes com comprimento fixo, o atraso é sempre menor do que para pacotes com comprimento distribuído exponencialmente. Para pequenos valores de  $\alpha'$ , a diferença não é tão significativa e que, quando a latência normalizada do anel é muito grande,  $\alpha' = 10$ , as duas distribuições têm, efetivamente, o mesmo atraso.

Hammond [03] indica a sensibilidade do desempenho para  $\alpha'$  para diferentes cargas no anel e esclarece que o anel opera muito bem, quando a latência do anel é bem maior que o comprimento médio do pacote.

O estudo feito em [45] é bastante parecido com o anterior, com algumas suposições e parâmetros diferentes. Os resultados, porém, indicam os mesmos comportamentos.

O modelo de desempenho utilizado para esse estudo é visto em [47]. Nesse modelo, a estação fonte é responsável pela remoção dos quadros transmitidos, de tal forma que a distância entre as estações não afete o desempenho do anel.

Werner [48] cita o atraso médio de transferência de quadro como uma função do "throughput". É assumido que todas as 100 estações geram a mesma quantidade de tráfego e que os quadros são gerados de acordo com a distribuição de de Poisson. As estações, com uma latência de 1 bit, utilizam a regra do "single-token", podendo transmitir apenas um frame para cada acesso. O padrão especifica o uso de um temporizador que limita o tempo que uma estação pode

transmitir continuamente. Nota-se que o aumento no comprimento do anel não tem muito impacto nas características de atraso-throughput do protocolo.

Com as mesmas medidas de desempenho sob, as mesmas suposições, exceto para a taxa de transmissão, verifica-se que, para um aumento do comprimento do anel, a diferença nas características atraso-throughput são mais notáveis, porém o efeito global é ainda menor.

Seguindo o mesmo raciocínio e com pequenas mudanças nos parâmetros, Bux [46] mostra as características de desempenho para latência de 1 e 8 bits com 100 e 200 estações e conclui-se que existe uma degradação no desempenho, quando a latência da estação aumenta. O comportamento do desempenho atraso-throughput é pouco sensível ao número de estações.

A eficiência global é a propriedade mais básica de desempenho de um protocolo; um critério importante é a qualidade do serviço dado para cada estação, principalmente no caso de tráfego não balanceado. Dependendo do tempo estabelecido a cada estação para a transmissão de informação (pacotes) por acesso, esse serviço pode variar significativamente. Foi realizado um estudo em [48], para demonstrar o impacto desse temporizador no desempenho do protocolo. Para tal, foram considerados dois tempos: o primeiro, muito pequeno, de forma que a estação possa transmitir um quadro por posse; o segundo, grande o bastante para que a estação consiga transmitir todas as mensagens que estão na fila. Para esses exemplos, foram assumidos o processo de chegada de poisson, tráfego padrão desbalanceado: duas estações geram, cada uma, 40% do tráfego total e cada uma das dezoito restantes geram 1,1% deste. As unidades de dados são mensagens cujo comprimento obedecem a uma distribuição hipere exponencial, com coeficiente de variação igual a 2. As mensagens maiores que 256 bits (quadro) são segmentadas.



Com o primeiro tempo, conclui-se que esse protocolo, com a transmissão de um quadro por token, fornece um acesso justo a todas as estações, e que o atraso das mensagens transmitidas pelas estações de alto tráfego aumenta com o aumento do "throughput". Já o atraso das mensagens transmitidas pelas estações de baixo tráfego permanece pequeno, mesmo para alto "throughput".

Pelo segundo tempo, verifica-se que, através do temporizador, se pode controlar a qualidade de serviço da estação. Para tal situação, o atraso médio de transferência de mensagens para as estações com alto tráfego é menor que para as estações com baixo tráfego. Isso é devido à oportunidade de uma estação, com alto tráfego, transmitir todas as mensagens disponíveis, antes de esperar outras estações transmitirem.

### 3.6.3 - REDES EM BARRAMENTO

#### ● CSMA/CD

O desempenho desse protocolo foi o tema de numerosos estudos. Bux [45] citou várias referências onde o seu desempenho tem sido estudado.

O protocolo CSMA/CD nem sempre é a escolha mais lógica dentre os protocolos de acesso randômico para redes locais, porém é o mais útil [03].

Para a análise desse protocolo, Bux [45] estabeleceu algumas suposições: o tráfego oferecido para a rede obedece a distribuição de poisson, com uma taxa de chegada constante e independente do estado anterior; cada estação armazena, pelo menos, um quadro por vez; os tempos de transmissão dos quadros são, geralmente, distribuídos; após uma transmissão bem sucedida, todas as estações transmitem dentro do próximo slot; após uma colisão, as estações

utilizam um algoritmo de retransmissão, com probabilidade de transmissão bem sucedida; as transmissões são executadas sempre no início dos slots, taxa de transmissão baseband de 10 Mbps.

Alguns parâmetros têm seus valores padronizados e serão citados no decorrer deste trabalho. Por exemplo: para 10 Mbps, baseband, o slot time deve ser maior ou igual ao tempo de propagação de ida e volta (round-trip) do sistema,  $51,2 \mu s$ , e o comprimento mínimo do quadro é de 512 bits.

Bux [45] mostra o atraso de transferência médio dos quadros transmitidos como função do "throughput". Assume-se uma distribuição exponencial para o campo de informação do quadro (levado em consideração para o "throughput"). Nota-se que a característica de atraso-throughput depende muito do tamanho médio desse campo. Quanto menor o tamanho dos quadros, menor será o "throughput" máximo alcançável. Isso é óbvio, pelo fato de que, quando o tempo de transmissão decresce (transmissão do quadro menor, 1000 bits) em relação ao tempo do slot, o overhead aumenta em termos da fração de tempo perdido para colisões e suas resoluções.

Para o mesmo sistema com o comprimento do campo de informações constante de 1000, 2000 e 4000 bits, os atrasos são menores que o do comprimento do campo em distribuição exponencial. Entretanto, a tendência geral é a mesma.

Bux [45] mostra ainda como o "throughput" máximo depende da velocidade de transmissão. Verifica-se que existe um determinado limite para o "throughput" máximo, baseado no comprimento do campo de informação. A eficiência desse método decresce significativamente com o aumento da transmissão de dados e a diminuição do comprimento da informação. Estudos feitos em redes ETHERNET (IEEE 802.3), com, praticamente, os mesmos parâmetros, mostraram que o comprimento do quadro é de 976 bits [49].

### ● TOKEN-BUS

Token-Bus é o terceiro método de acesso ao meio considerado no projeto 802 do IEEE. A motivação para o desenvolvimento desta técnica foi combinar as características atrativas de uma topologia em barramento com as características do protocolo de acesso ao meio determinístico (boa eficiência sobre carga de alto tráfego, justiça de acesso e insensibilidade à velocidade de transf. de dados com a distância).

Para a análise desse protocolo, utilizaram-se os resultados obtidos em [45]. Como esse protocolo é bem parecido com o Token-Ring, foi utilizado o mesmo tipo de modelo de desempenho. Para esse estudo, foram consideradas duas situações onde o temporizador é suficientemente longo, para que as estações transmitam as informações disponíveis na fila.

Da primeira situação Bux [45] mostra as características atraso-throughput para 1 Mbps, 100 e 200 estações, comprimento do cabo de 2 km, comprimento do campo de informação via distribuição exponencial com médias de 1000 e 2000 bits, atraso de reação zero nas estações e tráfego simétrico (balanceado). O que se conclui, dessa situação, é que o atraso de transf. médio é muito alto, comparado com o tempo de transmissão do campo de informação de tamanho médio, 1 ms para 1000 bits e 2 ms para 2000 bits, respectivamente. Tal atraso é devido ao overhead causado pela passagem do token.

A segunda situação difere da primeira em algumas considerações: 5 Mbps, 100 estações, distribuição exponencial para comprimento do campo de informação com média de 1000 bits e três padrões de tráfego: (1) simétrico, (2) 2 estações com 40% cada uma e (3) uma estação gerando 80% do tráfego total. Bux [45] mostra para cada um desses tráfegos, o atraso de transf. médio sobre todas as estações como função do "throughput". Observe que com a assimetria do tráfego, o atraso decresce suavemente, devido ao overhead menor de

passagem de token. Ressalta-se que isso é válido só quando o temporizador permite que todas as informações disponíveis sejam transmitidas.

### 3.6.4 - ESTUDOS COMPARATIVOS

Embora exista um número de estudos em desempenho voltados só para um determinado protocolo, existem também algumas tentativas para analisar o desempenho de vários protocolos para redes locais. Seguindo a mesma linha de raciocínio empregada para a análise dos estudos para cada protocolo, foram analisados alguns estudos comparativos de desempenho dos três protocolos estudados acima. O desempenho de outros protocolos será citado porque está incluído nos estudos analisados neste trabalho.

O primeiro estudo, realizado em [43], analisou os três protocolos padronizados pela IEEE 802. Dois casos de chegada de mensagens foram empregados: no primeiro, somente uma estação, dentre 100, está sempre pronta para transmitir uma mensagem e, no segundo, todas as estações têm mensagens para transmitir.

Os resultados indicados por Stalling [43] mostram a taxa real de transmissão de dados versus taxa de transmissão do meio para os dois casos e dois tamanhos de pacotes. A análise desse estudo nos leva às seguintes conclusões:

- Para os parâmetros dados, quanto menor o tamanho do pacote, maior a diferença na taxa máxima de "throughput" médio entre os protocolos Token-Passing e CSMA/CD. Esses resultados refletem a dependência do CSMA/CD no parâmetro  $\alpha$ ;
- O Token-Ring é o que tem menor sensibilidade na variação da carga de trabalho;
- CSMA/CD oferece o menor atraso sob baixa carga, enquanto tem maior sensibilidade a altas cargas;
- Para o caso de apenas uma estação transmitindo, o Token-Bus

é o menos eficiente, devido à suposição de que o tempo de passagem do token é igual ao atraso de propagação e que este atraso é maior que o do Token-Ring.

Outro fenômeno, abordado por [43], para o protocolo CSMA/CD sob essas condições, é que o máximo "throughput" efetivo está por volta de 1,25 Mbps. Isso indica que, para uma carga baixa esperada, essa configuração se adequa perfeitamente. Já para carga alta, tal configuração é inviável. Quando a carga oferecida aumenta, o "throughput" decresce, por causa das colisões existentes.

Um estudo feito em [50] é apresentado, a título de informação. Esse estudo procurou comparar o desempenho dos três principais protocolos com topologia em anel: Token-ring, Slotted Ring e Register Insertion.

Nesse estudo, Liu [50] apresenta os resultados desse estudo, que foram baseado nas seguintes suposições:  $\alpha = 0,005$ , no Register Insertion, os pacotes são removidos pela estação destino; nos outros dois, a estação fonte retira os pacotes do meio. Essas suposições implicam na falta de reconhecimento da mensagem para o primeiro protocolo, porém não influencia muito nos resultados. Nota-se que, o mais ineficiente é o Slotted Ring; o Register Insertion pode trabalhar com uma carga maior que 1, pelo fato deste permitir múltiplos pacotes.

Outro estudo que faz uma análise comparativa entre Token-Ring, Slotted Ring e CSMA/CD foi apresentado em [47]. Bux [47] confirma que o Token Ring sofre um atraso maior que o CSMA/CD a baixa carga mas um menor atraso e "throughput" estável a alta carga. O Token-Ring tem um atraso menor que o Slotted Ring, visto que esse último tem alto overhead para pequenos slots, e um tempo bem significativo para que os slots vazios circulem o anel. É difícil estabelecer (fazer) uma conclusão sobre esse estudo, porém o Slotted Ring parece ser o menos viável dentre esses protocolos.

O estudo feito em [03] estabelece uma comparação dos dois métodos de acesso para barramento: CSMA/CD e Token-Bus.

Hammond [03] mostra a relação entre o "throughput" máximo,  $S_{max}$  e o atraso de propagação normalizado,  $\alpha$ , para ambos os protocolos. Para Token-Bus, uma utilização do canal próxima de 1 pode ser alcançada na prática, se, em cada estação, é usado serviço exaustivo e se não entra nem sai estação no anel lógico. Com CSMA/CD, a utilização depende, criticamente, da relação entre o comprimento do pacote, da taxa de dados e do comprimento do barramento. Quando a taxa de transferência ( $R$ ) aumenta ou o atraso de propagação ( $r$ ) aumenta,  $\alpha$  aumenta, e o "throughput" máximo diminui. Segundo Hammond [03], quanto maior o tempo de "holding", melhor será o "throughput", e que o atraso de propagação tem efeito mínimo no "throughput" para Token-Bus.

Através deste estudo, conclui-se que o Token-Bus utiliza mais eficientemente a largura do canal do que o CSMA/CD, e que para baixa carga, o CSMA/CD tem um atraso menor; ao passo que o Token-Bus fornece maior "throughput" máximo.

Kummerle [51] realizou um estudo, utilizando resultados obtidos em [45] e [47] para comparar o desempenho de CSMA/CD e Token-Ring e mostra a característica atraso-throughput dos métodos CSMA/CD e Token-Ring para duas taxas de transmissão de dados: 1 Mbps e 10 Mbps. Uma conclusão geral pode ser tirada desses estudos:

- . A uma taxa de 1 Mbps, ambos os protocolos têm bom desempenho;
- . quando a taxa de transmissão aumenta, o desempenho do Token-Ring é melhor.

Um parâmetro crítico que determina o desempenho do protocolo CSMA/CD em barramento é a taxa entre o atraso de propagação e o tempo de transmissão do quadro,  $\alpha$ . Através deste estudo, nota-se que, essa taxa aumenta com o aumento da taxa de transmissão

(R). Assim, CSMA/CD tem um comportamento ideal, enquanto essa taxa é bem baixa.

Kummerle [51] conclui que a eficiência do protocolo Token-Ring é menos sensível ao aumento da taxa de transmissão e ao incremento do campo de informações, comparado com o CSMA/CD para distâncias de 10 Km. Estudos realizados em [51] indicam que o Token-Ring opera razoavelmente, com uma taxa de 32 Mbps e comprimento do quadro de 1000 bits. Observa-se que Bux [45] mostra os mesmos resultados para CSMA/CD.

Ibe [42] fez um estudo de desempenho para protocolos Token-Passing. Esse estudo considera: número de estações (N) em cada rede igual a 50, capacidade do canal de 5 Mbps, atraso de propagação igual a  $5 \mu\text{s}/\text{km}$ , comprimento do token em Token-Ring de 24 bits e em Token-Bus de 96 bits, preâmbulo de 48 bits, atraso de reação de 8 bits e comprimento do meio de 1 km.

Segundo Ibe [42], o "throughput" das duas redes varia com o valor de  $\alpha$  para 10 e 40 estações ativas. Uma análise desse estudo indica que a rede Token-Bus tem um desempenho menor para pequenos valores de  $\alpha$  e um desempenho idêntico para alto, ou seja, quando  $\alpha$  é muito grande, o tempo de transmissão do pacote é pequeno em relação ao tempo de propagação. Nesse caso, o overhead torna-se desprezível e o desempenho para ambas redes é idêntico.

Ibe [42] analisa a característica de atraso médio normalizado-carga oferecida, supondo que a estação transmitirá, pelo menos, um pacote, todas as estações geram tráfego de maneiras idêntica, chegada de mensagem obedece à distribuição de poisson com  $\lambda$  mens/seg e a capacidade do canal de 5 Mbps, distância de 1 Km e 50 estações. Como visto, Token-Ring tem um melhor desempenho que Token-Bus, devido ao alto overhead deste último.

### 3.7 - INTERLIGAÇÃO DE LANS

Em virtude da grande heterogeneidade de LAN e da diversidade dos seus protocolos, tornou-se complexo interligar equipamentos e garantir estratégias de migração para sistemas abertos.

A interligação pode realizar por várias necessidades: comunicação entre usuários (processos) em diferentes redes em uma determinada entidade ou em distintas entidades; expansão de uma rede local já existente, etc.

Toda vez que se deseja expandir uma rede local, ou seja, ampliar o projeto inicial, as instalações dessa rede aumentam, podendo, com isso, exceder os parâmetros iniciais de projeto. Algumas restrições, tais como: número de estações, desempenho, extensão geográfica e meios de comunicação podem ser contornadas através da interconexão de LAN. Existem quatro dispositivos, chamados sistemas intermediários, que são utilizados para a interligar LAN com diferentes topologias, protocolos, taxas de transmissão e meios físicos, e para conexão de segmentos de uma rede (utilizados como amplificadores). Esses dispositivos permitem transferência de informação de uma forma que é transparente para os usuários. Os conhecimentos obtidos da literatura [04] [05] [22] [52] [53] foram utilizados na elaboração da base de regras.



→ Repetidores - São usados para conectar segmentos de uma rede local. Os meios de transmissão desses segmentos podem ser diferentes, desde que utilizem o mesmo protocolo de acesso (figura 3.10).

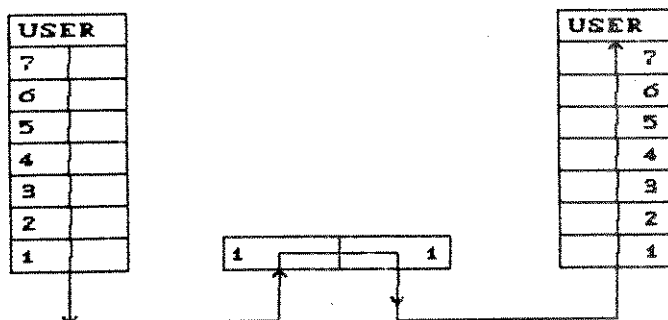


FIG. 3.10 - REPETIDOR.

→ Pontes - Esses sistemas intermediários conectam duas redes com diferentes meios de transmissão e/ou topologias e/ou métodos de acesso que possuem o mesmo protocolo da camada de rede do modelo de referência OSI da ISO (figura 3.11).

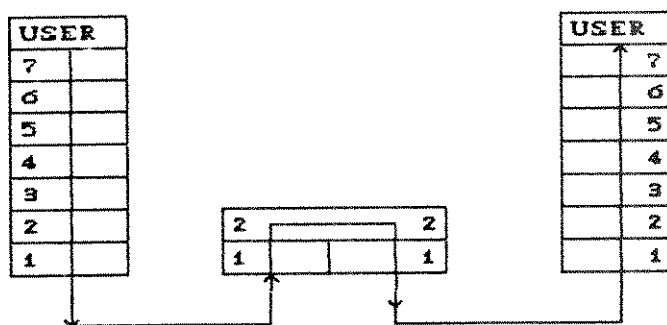


FIG. 3.11 - PONTE.

→ Roteadores - Usados para interligar duas ou mais redes que têm diferentes meios de transmissão, topologias, métodos de acesso, subcamada LLC e camada de rede, ou seja, interconectam duas ou mais redes com o mesmo protocolo de transporte (figura 3.12).

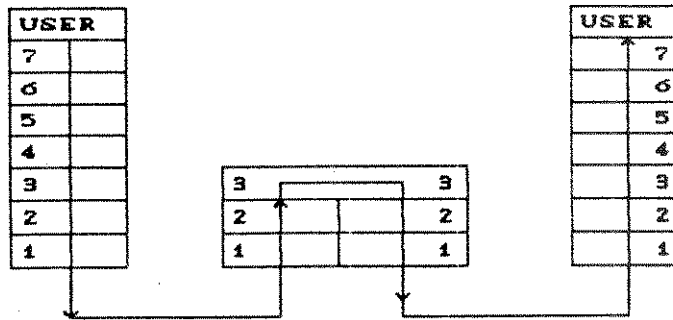


FIG. 3.12 - ROTEADOR.

→ Comportas (Gateway)- Esse sistema intermediário é utilizado para interligar duas redes com estruturas completamente diferentes, ou seja, redes com protocolos completamente diferentes (figura 3.13).

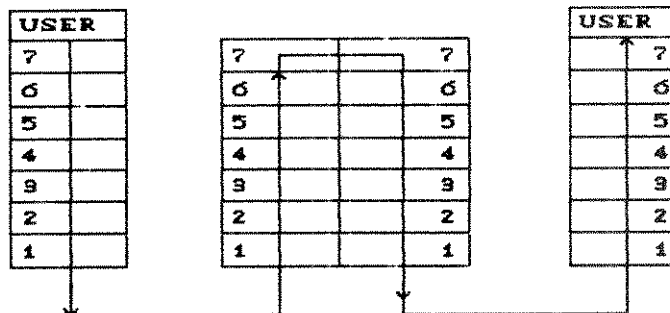


FIG. 3.13 - GATEWAY.

### 3.8 - RESUMO

Este capítulo apresenta todo o conhecimento de redes locais de computadores necessário para a elaboração da base de conhecimento.

A padronização foi também um ponto acentuado, visto a necessidade atual de comunicação dos processos de aplicação em diferentes equipamentos de distintos fabricantes.

O capítulo começa pelo resumo estruturado dos protocolos padronizados pela ISO, referentes a cada camada do modelo RM-OSI. Outros protocolos padrão também são citados. Este sumário, objetiva a elaboração de novas regras, de modo a ampliar o escopo do Sistema Atual, proposto no segundo capítulo.

Os principais elementos de rede de computadores identificados no capítulo anterior são topologia, meio de transmissão e método de acesso ao meio. Todos esses aspectos são apresentados no contexto de redes locais.

As seções finais do capítulo apresentam vários trabalhos, encontrados na literatura, dedicados ao estudo quantitativo de desempenho de redes locais de computadores e conceitos voltados à interligação de LANs.

## CAPÍTULO 4 - IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

### 4.1 - INTRODUÇÃO

Alguns aspectos importantes relacionados com a implementação do Sistema Atual são a elaboração da base de conhecimento, a interface com o Sistema de Apoio a Projeto, para a obtenção de algumas variáveis de entrada, e a utilização do sistema especialista tanto para o processo de aquisição de dados como para a inferência e especificação final.

Este capítulo tem, como objetivo principal, apresentar, de forma mais detalhada, os módulos acima citados, que compõem o Sistema Atual. Para tal, descrevem-se alguns procedimentos necessários à elaboração destes módulos, juntamente com as dificuldades encontradas.

Os conceitos e estrutura dos sistemas especialistas, enfatizando-se aqueles que utilizam a representação do conhecimento na forma de regras de produção são apresentados de forma simplificada, dando uma ligeira noção do sistema especialista (ferramenta) utilizado como base do Sistema Atual.

O capítulo apresenta a adaptação do Sistema Baseado em Conhecimento para Configuração e Supervisão de Algoritmos de Controle Adaptativo [D1], para o projeto (especificação) de uma rede local, chamado de sistema especialista em projeto de redes locais, as etapas do desenvolvimento da base de regras (base de conhecimento) utilizada para esse sistema, os passos utilizados para a obtenção dos requisitos de entrada para o sistema especialista (obtidos através de processo interativo e semi-interativo), as dificuldades e soluções encontradas na implementação atual do Sistema Global e as considerações levadas quanto à análise de custos desenvolvida para esse trabalho.

### 4.2 - SISTEMA ESPECIALISTA

Na área de sistemas de computação, a inteligência artificial e, mais especificamente, os sistemas especialistas, têm provado ser uma poderosa ferramenta em inúmeras aplicações [D1]. Com o crescente avanço da tecnologia, uma quantidade cada vez maior de conhecimento pode ser armazenada e usada para aplicações por pessoas com relativamente pouca experiência na área de aplicação.

Os sistemas especialistas são programas de computador que utilizam, explicitamente, o conhecimento de uma pessoa especialista na área de aplicação, para resolver problemas dessa área [D1]. São implementações em computadores que alcançam altos níveis de desempenho nas tarefas que, para os especialistas, requerem anos de prática, estudos e treinamentos especiais. Um sistema especialista consta de uma base de conhecimento, uma máquina de inferência (estratégia de controle) e um módulo de justificativa do raciocínio.

Na base de conhecimento, são armazenados o conhecimento de especialistas e dados acumulados de livros, artigos e de prospectos de fabricantes. Esse é um problema crucial dos sistemas especialistas, já que eles podem ser, no máximo, tão bons quanto as pessoas que fornecem os conhecimentos, sendo, em geral, o seu desempenho prejudicado pela má transferência do conhecimento.

A máquina de inferência é um programa de propósito geral que permite resolver problemas através de uma interação com a base de conhecimento e o conjunto de fatos do problema em questão (base de dados). Essa máquina segue uma linha de raciocínio (inferência), até a obtenção da solução final. A forma como a máquina de inferência procura a informação na base de conhecimento depende das tarefas a serem realizadas e, em parte, de decisões de projeto. Os resultados armazenados junto com os dados provenientes de outras fontes formam a base de dados.

Através das descrições anteriores, um sistema especialista pode ser definido com uma estrutura ilustrada na figura 4.1.

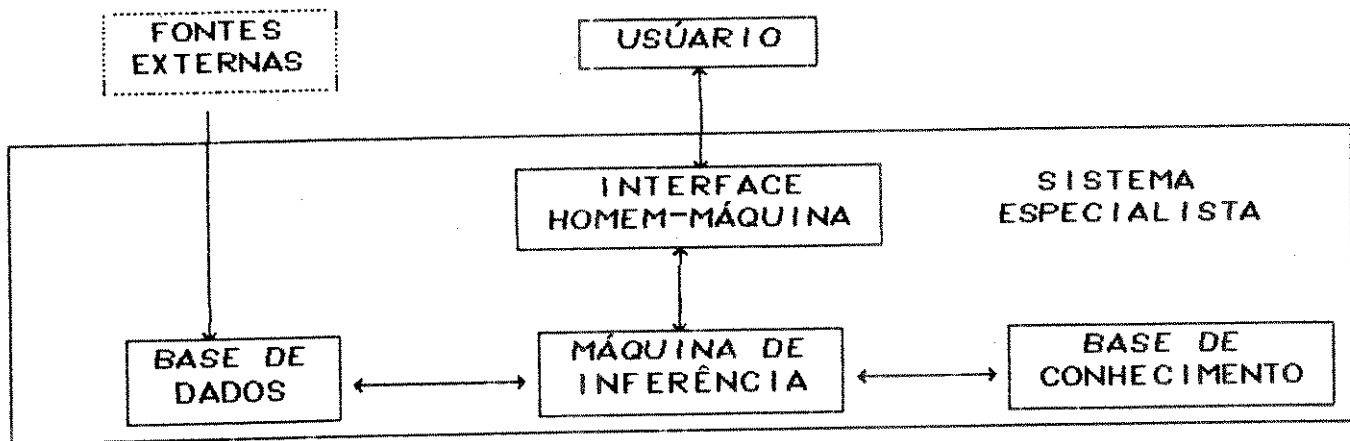


FIG. 4.1 - ESTRUTURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA.

O que diferencia um Sistema Especialista de sistemas convencionais é a maneira como o conhecimento é estruturado. Nas ferramentas convencionais, esse conhecimento está incluído nos algoritmos, de tal forma que o seu funcionamento é bastante rígido, isto é, caminhos alternativos à solução ocorrem somente quando existe uma parte do algoritmo dedicada a esse fim. Isso não é adequado em situações onde as condições externas se alteram, e é necessário simular as respostas humanas aos estímulos vindos do exterior. Dessa forma, precisa-se de sistemas que reajam às modificações externas.

Nos Sistemas Especialistas, os dados dirigem as operações, enquanto que, nos sistemas convencionais, é o programa que conduz os dados [01]. Assim, nos Sistemas Especialistas, o conhecimento sobre o domínio da aplicação é separado do processo que atua sobre ele (máquina de inferência).

Existem várias propostas para a representação do conhecimento, sendo que este trabalho segue a filosofia dos sistemas baseados em regras de produção, porque o conhecimento disponível na literatura está explicitado, principalmente, em forma de regras. Essa representação permite que as tarefas de projeto possam ser indicadas como um conjunto de regras que determinam as conclusões ou ações a serem executadas.

### 4.2.1 - SISTEMAS BASEADOS EM REGRAS DE PRODUÇÃO

Sistemas baseados em regras de produção são aqueles onde o conhecimento do especialista é armazenado numa estrutura de regras denominadas de produção. Essas regras são sentenças do tipo "SE-ENTÃO-".

A representação do conhecimento através de regras de produção é uma maneira natural para se descrever processos onde o meio muda rapidamente e/ou de forma aleatória [01]. Nos sistemas baseados em regras de produção, essas são comparadas com os fatos ou conhecimentos sobre a situação (atual) existente na base de dados, para determinar sua validade e atuar sobre o meio.

Uma vantagem fornecida por essa representação é que a linha de raciocínio até a solução pode ser analisada, isto é, o sistema explica como obteve a solução.

Nos sistemas baseados em regras de produção, existe uma separação bem definida entre o conhecimento do domínio e o conhecimento sobre o problema atual (dados). Portanto, para construir um sistema baseado em conhecimento por regras de produção, deve-se construir a base de conhecimento e a base de dados.

- Base de dados - O domínio do problema a ser tratado pelo sistema influi sobre a representação do conhecimento adotada e na

estrutura de dados. Esses dados devem representar o conhecimento sobre o problema tratado até o momento, isto é, a base de dados deve conter todos os fatos provenientes da interface e os dados inferidos na base de conhecimento na busca de uma solução.

Uma forma completa de descrição de um fato é através da dupla <objeto-valor>, onde se relaciona ao *objeto* o seu *valor*, através de um *predicado*. A seguir, apresenta-se um fato descrito pela dupla:

<i>objeto</i>	<i>predicado</i>	<i>valor</i>
↓	↓	↓
O número de LAN	é igual a	2

● Base de conhecimento - A base de conhecimento, descrita como regras de produção, é uma coleção de asserções em forma do tipo

Se <Condição> Então <Conclusão> ou do tipo  
Se <Condição> Então <Ação>.

Na base de conhecimento, as regras possuem uma ordem de hierarquia com relação ao conhecimento representado na base, o que obriga a máquina de inferência a buscar a primeira regra do arquivo cujos antecedentes forem verdadeiros.

### 4.2.2 - MÁQUINA DE INFERÊNCIA

Realizar uma inferência em um sistema baseado em regras de produção é aplicar uma regra de produção a uma base de dados, para obter um novo estado desta [54]. Essa operação é repetida, até que a base de dados obtida corresponda ou contenha o objetivo desejado. Tais inferências são realizadas mediante a utilização de um mecanismo de controle conhecido como estratégia de controle, que deve possuir as seguintes características [01]:



- 1) Provocar alteração - A aplicação das regras deve provocar mudanças na base de dados; caso contrário, o problema não seria resolvido.
- 2) Ser sistemática - Para um determinado estado do sistema, gerar, somente uma vez, a base de dados.
- 3) Ser eficiente - Evitar o problema de explosão combinatória.

A estratégia de controle com que a máquina de inferência seleciona as regras a serem aplicadas à base de dados, é classificada como encadeamento direto, encadeamento reverso e encadeamento misto.

### 4.2.2.1 - ENCADEAMENTO DIRETO

Nesta estratégia a máquina de inferência examina os antecedentes de todas as regras da base de conhecimento (base de regras). Se encontrar uma regra que tenha seus antecedentes satisfeitos pelos fatos da base de dados, esta regra é selecionada. Se a conclusão desta regra coincide com a solução do problema, termina-se a inferência; caso contrário, a parte <Conclusão> ou <Ação> desta regra é incluída ou executada sobre os dados, modificando a base de dados.

Quando existe mais de uma regra selecionada (conjunto de discórdia [54]), é necessário um mecanismo para a resolução de conflitos: os métodos mais utilizados são o de priorização ou a hierarquização das regras. Pelas características da área de aplicação, neste trabalho, o conjunto de discórdia é formado apenas por uma regra, o que evita a necessidade de priorização.

Uma vez disparada uma regra, esta modifica a base de dados, com o que se realiza novamente o processo de formação do conjunto de discórdia, e o processo então continua, até que:

- a) seja obtida a solução procurada;
- b) nenhuma regra seja satisfeita pela base de dados.

### 4.2.2.2 - ENCADEAMENTO REVERSO

Aqui, a máquina de inferência, a partir de uma ação ou uma conclusão possível, procura, por meio de um movimento "reverso" sobre a Base de Conhecimento, obter uma base de dados que corresponda ao objetivo associado à solução do problema.

Aquelas regras cujo conseqüente (<Conclusão> ou <Ação>) coincide com o objetivo procurado são selecionadas, formando, assim, o conjunto de discordia. Desse conjunto, escolhe-se (por algum dos mecanismos já indicados na estratégia de controle com encadeamento para frente), uma das regras. A seguir, os antecedentes desta são analisados, para verificar suas validades (na base de dados). Se eles forem válidos ou validados pelo usuário, a regra é executada, e é encontrada a solução do problema. Caso contrário, a máquina de inferência seleciona uma outra regra (pelo mecanismo anteriormente utilizado) do conjunto de discórdia, e verifica a validade dos seus antecedentes. Se algumas das subcondições são indefinidas, estas se tornam sub objetivos a serem provados pela máquina de inferência. Esse processo é repetido, até que não seja possível obter regras que satisfaçam o objetivo e/ou seus sub objetivos, ou até que todos os dados necessários para satisfazer o objetivo sejam definidos. Quando um sub-objetivo permanece indefinido, porque não se dispõe de um valor associado na base de dados, o usuário é requerido para fornecê-lo.

### 4.2.2.3 - ENCADEAMENTO MISTO

Esta estratégia utiliza uma combinação das duas estratégias descritas anteriormente. Nesse caso, a máquina de inferência combina as conclusões obtidas por encadeamento direto com os sub-objetivos obtidos por encadeamento reverso. Esse mecanismo de controle procura resolver o problema da explosão combinatorial,

diminuindo o espaço de busca dos dois encadeamentos.

### 4.3 - SISTEMA ESPECIALISTA EM PROJETO DE REDES LOCAIS

Recentemente, tem-se dado muita atenção à aplicação de técnicas de inteligência artificial à solução de projetos de redes de computadores. Alguns trabalhos encontrados na literatura, que tratam do desenvolvimento de sistemas especialista para aplicação nesta área, são [19], [55], [56] e [57].

O sistema utilizado como base para implementação do módulo de projeto do Sistema Atual, foi elaborado para configuração e supervisão de algoritmos de controle adaptativo [01]. Além das razões que serão citadas no decorrer deste capítulo, existem outras pelas quais se optou pela utilização do trabalho, desenvolvido como dissertação de mestrado na UNICAMP: elaboração de um Sistema Global totalmente desenvolvido na UNICAMP, modularidade e flexibilidade nas mudanças e/ou alterações, etc. Foram necessárias algumas alterações de modo a adaptá-lo como sistema especialista em projeto de LAN. Esse sistema auxilia o projeto de redes locais, com ajuda especialista nas tarefas de configuração (aquisição) e projeto (especificação):

- Aquisição de requisitos - Configuração das variáveis de entrada que correspondam aos requisitos para a rede local;
- Especificação da rede local - Determinação dos três elementos principais de uma rede local e do custo de hardware envolvido para o seu projeto.

Para a implementação desse sistema especialista, foi necessário adquirir o conhecimento, escolher uma representação do conhecimento e, depois, a estratégia de manipulação do conhecimento (tipo de inferência).

### 4.3.1 - AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO

O conhecimento para a construção da base de regras foi obtido através de livros, artigos, prospectos de fabricantes/fornecedores e em algumas pesquisas realizadas no mercado nacional (1991). A construção dessa base de conhecimento através das bibliografias se deu pelo fato de que, atualmente, o número de especialistas em redes locais de computadores é bastante reduzido, impossibilitando uma possível interação.

O enriquecimento dessa base de conhecimento pode ser obtido de diferentes formas (figura 4.2):

- 1) Do processo contínuo de pesquisa;
- 2) De interações com o usuário do sistema;
- 3) De simulações realizadas pelo próprio usuário;
- 4) De futuras interações com especialistas.

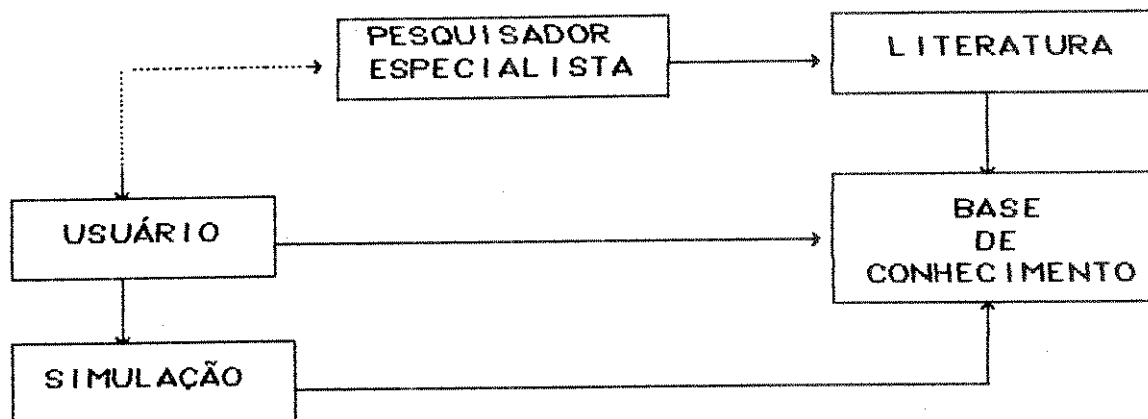


FIG. 4.2 - ALTERNATIVA DE ENRIQUECIMENTO DA BASE DE CONHECIMENTO.

### 4.3.2 - REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Conforme exposto no capítulo 2º, o interesse nos estudos e trabalhos voltados para o projeto de redes locais, tem aumentado a cada dia. Nesses estudos, distinguem-se várias fases de desenvolvimento do trabalho, de acordo com os tempos e objetivos estipulados para cada uma.

Sistemas Especialistas têm sido utilizados em todas as atividades do projeto de uma LAN [57]. Cada fase, no entanto, tem características particulares, o que leva à procura de uma representação do conhecimento adequada a todas as particularidades de cada uma.

A representação do conhecimento deve possuir as seguintes características:

- Representar objetos simples encontrados na fase de configuração ou aquisição;
- Operar com os objetos da fase de configuração, para realizar funções de especificação;
- Facilidades de inclusão, modificação e deleção do conhecimento sem grandes alterações do sistema;
- Apresentação das conclusões (resultados) em uma linguagem semelhante à dos especialistas em redes locais.

A representação do conhecimento que mais se aproxima das características citadas é a de regras de produção (seção 4.2). Esse tipo de representação favorece a aquisição de conhecimento do especialista de automação (industrial ou de escritório). É comum as pessoas possuírem o conhecimento na forma de regras, em linguagem natural. A representação por regras de produção é muito

adequada, quando se deseja uma representação com maior poder procedural que declarativo, isto é, quando se deseja simular as respostas dos especialistas, quando ocorrem no ambiente.

### 4.3.3 - MANIPULAÇÃO DO CONHECIMENTO

Manipulação do conhecimento é a forma de se obterem os resultados a partir de uma representação do conhecimento. Na seção 4.2, foi detalhado como as máquinas de inferência com encadeamento direto e reverso executam essa tarefa, quando se faz a representação do conhecimento na forma de regras de produção.

Para a realização das tarefas acima, utilizou-se o trabalho de Nazetta [01], que desenvolveu um sistema baseado em conhecimento, que utiliza uma máquina de inferência com as duas estratégias de controle, encadeamento direto e reverso.

Como a tarefa de especificação é, inerentemente, uma tarefa de diagnóstico, justifica-se a escolha da estratégia de controle por encadeamento direto. Embora possam ser utilizadas ambas as estratégias, no encadeamento reverso deve-se assumir um diagnóstico provável e comprovar se a base de dados o confirma. Nesse caso, o interesse é, justamente, o diagnóstico, ou seja, a conclusão (especificação). O encadeamento direto trabalha de forma mais natural, analisando os fatos e tirando conclusões destes.

No encadeamento reverso, o que se dispõe é o conseqüente, ou seja, a conclusão que satisfaz o objetivo. Portanto, para que seja realizado esse objetivo, deve-se compor uma base de dados com os objetos que satisfaçam os antecedentes dessa regra. Esta é a forma ideal para a tarefa de configuração. Por conseguinte, optou-se por uma máquina de encadeamento reverso para a tarefa de configuração dos dados.

### 4.4 - BASE DE REGRAS

De todas as tarefas necessárias à implementação do sistema proposto nesta dissertação, a mais complexa e que demandou maior tempo para a sua elaboração foi a implementação das regras. Obviamente, quanto mais complexo o trabalho e maior o escopo considerado nas regras, maior o tempo dispendido nesta fase.

Essa tarefa tem uma característica clara, que é estar, constantemente, em fase de alteração e enriquecimento, ou seja, é um processo dinâmico. A terceira característica do sistema especialista, apresentada na seção anterior, torna muito fáceis as freqüentes mudanças (inclusões, deleções e alterações) que surgirão com o tempo.

#### 4.4.1 - VARIÁVEIS

As primeiras variáveis foram definidas a partir dos trabalhos citados no terceiro capítulo e de outros mais [58] a [65], que apresentavam os elementos: meio físico, topologia, método de acesso ao meio, requisitos do usuário, equipamentos, tráfego, Hw e Sw, área geográfica (distância), serviços, segurança, custos, etc. como imprescindíveis para o processo de planejamento e projeto.

Visto que a maioria das metodologias para planejamento, projeto e implementação de redes locais apresentadas na literatura têm objetivos iligeiramente diferentes da proposta apresentada nesse trabalho, utilizou-se então uma metodologia que fosse suficientemente adequada para seus objetivos (capítulo).

Através de perguntas simples, como aquela citada na seção 2.4, são adquiridas algumas variáveis, que juntas, são suficientes para a especificação dos elementos citados. As variáveis são:

- Nós - número de estações comunicantes que comporão a rede local;
- Investimento - disponibilidade de recursos que a entidade dispõe para os custos de Hw: meio, repetidores, conversores, interfaces, conectores, etc;
- Ambiente - ambiente de trabalho onde será implantada a rede. Tem dois valores possíveis: escritório e industrial;
- Distância - a maior distância entre duas estações comunicantes ou a suposta distância geográfica que a rede abrangerá;
- Taxa - representa a máxima carga possível oferecida à rede por todas as estações;
- Ruído - essa variável indica a existência ou não de ruídos no ambiente em questão. Não foi considerada a existência de ruídos em escritórios;
- Tempo-real - indica a existência ou não de aplicações executadas em tempo-real, ou seja, se existe necessidade de protocolos determinísticos de acesso ao meio.
- Multisserviços - essa variável informa se na rede serão executados serviços, como: voz, dados e imagem, simultaneamente.

### 4.4.2 - DESENVOLVIMENTO

A maioria das regras foram construídas com base nas informações retiradas dos trabalhos apresentados no terceiro capítulo, de outros artigos que continham informações, sobre: meio físico, topologia, método de acesso, fabricante, distância, etc, e de algumas redes locais utilizadas, mundialmente, em diversas entidades. Como exemplo, cita-se uma regra implementada através do trabalho de [26].



Se Distância  $\leq 2,5$  Km

e  $200 < n\acute{o} \leq 1000$

e Taxa  $\leq 10$  Mbps

Então

Meio físico = FIBRA ÓTICA

Topologia = ESTRELA

Método de acesso = CSMA/CD.

Observa-se que a topologia física é estrela, mas a lógica é em barramento.

Várias foram as considerações tomadas para as implementações dessas regras. Todas as regras construídas dos trabalhos de avaliação de desempenho tiveram as mesmas considerações:

- Todas as estações que participam do processo de comunicação e que estão dentro dos limites especificados nestes trabalhos, foram consideradas ativas, ou seja, todas tem mensagens para enviar.
- O tamanho médio dos pacotes, em bits, é 1000. Em alguns casos, 2000 bits.
- O tempo de transmissão dos pacotes é maior ou igual ao tempo de propagação,  $\alpha \leq 1$ .
- A variável taxa de transmissão considerou o throughput da rede.
- No caso de especificação de fibra ótica, não foi definido o tipo de fibra usado, porque ambas (monomodo e multimodo) têm características marcantes para redes locais.
- Apesar de existirem alguns escritórios com pequenas máquinas que provocam ruído, não foi levada em conta a ocorrência de ruídos em ambientes de escritórios.
- Para ambientes de escritórios, não são executadas aplicações em tempo real.
- Segundo Dunbar [66], os limites de ruído para dados e imagem são 33 dB e 40 dB, respectivamente.
- Não foi especificado fibra ótica para distâncias maiores que 3 Km em ambientes industriais, a não ser para

interligação de LAN.

- A avaliação da utilização de cabo duplo ou único para broadband é analisada por custo x desempenho. Cabo duplo tem maior desempenho, porque tem maior disponibilidade de largura de banda. Para pequenos sistemas, cabo duplo é mais barato; mas cabo único oferece um menor custo quando o sistema aumenta [66].
- A distância máxima considerada no trabalho já prevê a utilização de "hardwares" como : conectores, acopladores e repetidores.
- A conclusão de cada regra não impede o usuário de não considerá-la. O sistema proposto foi implementado, para auxiliar o usuário no projeto de redes: não deve ser considerado como um sistema especialista na íntegra.

Além das regras voltadas para o projeto de uma rede, foram elaboradas, paralelamente, outras regras dedicadas ao processo de expansão de projeto e de interligação de LAN. Por conseguinte, foram incluídos três procedimentos no sistema: projeto inicial, expansão de projeto e interligação de LAN.

### 4.4.2.1 - PROJETO INICIAL

A princípio, foram elaboradas, em média, 60 regras, voltadas para o procedimento de projeto inicial. Depois, foram incluídas algumas regras dirigidas para a análise da utilização de multisserviços, além de outras mais voltadas para ambientes industriais. Naturalmente, essas regras sofreram um processo de normalização, o que reduziu o seu número. Com as regras elaboradas, algumas situações foram simuladas. Aos poucos, as redundâncias foram sendo retiradas através de inclusão e/ou deleção de regras.

Com a máquina de inferência funcionando, foram realizadas novas simulações, que proporcionaram uma normalização definitiva na base de conhecimentos.

Depois de várias análises dos resultados das simulações e de algumas discussões com especialistas em projeto, decidiu-se que a variável de entrada, investimento (custo), não deveria participar do processo de projeto como uma causa (antecedente), ou seja, como um critério de projeto explícito.

A partir de então, procurou-se fazer uma especificação puramente técnica, sem considerar o custo do projeto. Com isso, as regras para o processo de projeto inicial, foram reformuladas. Depois disso, o sistema passou a fornecer mais de uma especificação para o projeto, com um valor aproximado de custo (US\$).

Atualmente, o número de regras para o processo de projeto inicial (especificação dos parâmetros para o projeto de uma rede local), com sete variáveis de entrada, está próximo de 50.

### 4.4.2.2 - EXPANSÃO DE PROJETO

As regras para esse procedimento foram criadas, considerando-se três objetivos: configuração ou composição das variáveis, definição ou especificação intermediária e comparação ou especificação final.

Para se obter a configuração da expansão, utiliza-se processo iterativo, semelhante àquele adotado no procedimento de projeto inicial, determinando-se os novos requisitos para a expansão. Os valores referentes aos requisitos adicionais, necessários à expansão pretendida, são adicionados aos valores da configuração existente, compondo assim um novo conjunto de variáveis, as quais serão utilizadas para definição de uma especificação intermediária.

Para a definição da especificação intermediária, utiliza-se o mesmo conjunto de regras do procedimento "projeto inicial". A especificação intermediária é então comparada com a especificação existente, através de um conjunto de regras especificamente

elaboradas para comparar e determinar a especificação final. Essa comparação é realizada considerando a especificação intermediária de melhor desempenho. Para estender a comparação às alternativas de menor desempenho, o sistema especialista deverá ser enriquecido.

O custo aproximado de hw necessário à expansão de projeto faz parte dessa especificação final. Esse custo é calculado com base nos componentes indicados na fase de configuração de expansão, mais outros componentes e elementos (repetidores, concentradores, etc.) necessários ao funcionamento da rede, os quais são definidos e adicionados pelas regras do sistema.

### 4.4.2.3 - INTERLIGAÇÃO DE LANS

Para o procedimento de interligação de LAN, foram elaboradas algumas regras que fornecem o tipo de sistema intermediário (IS) usado para a interligação de redes locais padronizadas e o seu custo aproximado, além de sugestões consideradas necessárias para esse processo.

Como visto na seção 3.7, repetidor é um sistema intermediário utilizado para conectar dois segmentos de uma mesma LAN, e portanto não foi incluído na base de conhecimento.

Os parâmetros considerados para interligação de redes locais, na implementação da base de regras, foram: topologia, meio físico e protocolo de acesso ao meio. Outros protocolos, além deste último, não foram considerados. Por conseguinte, para interligação de LAN com diferentes protocolos, é especificada a utilização de comportas (gateways), subentendendo-se que esta contém os protocolos das redes locais, não padronizadas, em questão. Observa-se aqui, que, apesar de se tratarem de redes não padronizadas, estas regras foram agrupadas à base de conhecimento.

Um dos problemas encontrados no decorrer do desenvolvimento do conjunto de regras foi a avaliação da sua atualidade e confiabilidade, já que os artigos, prospectos, pesquisas e propostas são de diferentes anos e fabricantes. Além do mais, cada um dos trabalhos de desempenho foi realizado sob condições e pressupostos diferentes.

As regras utilizadas para os três procedimentos estão contidas em bases de regras distintas e totalmente independentes. Com estas inclusões, o número de regras no sistema ficou próximo de 100. Uma síntese destas regras (configuração e projeto inicial) é apresentada no anexo 1.

### 4.4.3 - SINTAXE E SEMÂNTICA

Para que o sistema especialista (seção 4.2) pudesse inferir sobre as regras elaboradas, foi necessário modificar suas sintaxes.

A sintaxe das regras e as características da representação de conhecimento, apresentadas na seção 4.3, podem ser melhor avaliadas na seguinte regra, originada do trabalho desenvolvido em [51] e [67].

```
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multisservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 1 %Km
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 %Km
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 50
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 0.5 %Mbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 1 %Mbps
entao
  'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
```

e 'o custo de projeto' eh 'VALOR'

ou

'a topologia' eh 'em barramento'

e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'

e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'

e 'o custo de projeto' eh 'VALOR'

ou

'a topologia' eh 'em barramento'

e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'

e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'

e 'o custo de projeto' eh 'VALOR'.

A seguir, procura-se explicar um pouco a semântica dessa regra.

Após várias etapas de normalizações, inclusões e deleções de variáveis, a regra tomou a forma definitiva mostrada acima. Os trabalhos citados descrevem a análise de desempenho de redes locais, voltadas para ambientes de escritórios, o que justifica o primeiro antecedente desta regra. Além disso, Kummerle [67] especifica cabo coaxial baseband como o meio físico. A utilização de multisserviços em uma rede local requer o uso de um meio físico com uma banda larga (broadband). Multicanais são utilizados em banda básica (baseband) via TDM, só que a largura de banda pequena inviabiliza a utilização de sinais de vídeo.

Nas distâncias entre 1 e 2 Km, com uma taxa entre 0,5 e 1 Mbps e com um número de nós menor ou igual a 50, o protocolo de acesso ao meio com o melhor desempenho, foi o Token-Ring, seguido pelo Token-Bus e CSMA/CD, o que não descarta a utilização destes últimos. Por esse motivo, a regra apresenta três conclusões (especificações), sendo que a primeira sempre tem um desempenho melhor que as outras. Dessa forma, todas as regras que apresentam mais de uma especificação (conclusão) seguem esse princípio.

## 4.5 - BASE DE FATOS

Entende-se por base de fatos o conjunto de fatos do problema em questão. Alguns fatos necessários aos procedimentos "projeto inicial", "expansão de projetos" e "interligação de LAN", são: ambiente de trabalho, nível de ruído, número de nós, distância máxima da LAN, topologia antiga, número de LAN a interconectar, custos de cada componente de hardware, etc.

Conforme citado no capítulo 2º, esses fatos podem ser obtidos de duas formas: através de perguntas e respostas ou através de consultas e cálculos realizados no banco de dados, [D2].

Inicialmente, desenvolveu-se uma interface interativa, através de perguntas e respostas, como aquelas da seção 2.4, para a aquisição de todas as variáveis de entrada necessárias ao sistema especialista. Como o propósito final é criar uma ferramenta de auxílio ao projeto de redes de computadores, totalmente auxiliada por computador, essa interface sofreu pequenas modificações, de modo que algumas variáveis pudessem também ser obtidas da base de dados, possibilitando um processo semi-interativo.

Descreve-se, a seguir, com mais detalhes, como são realizados os procedimentos para a aquisição de todas as variáveis.

### 4.5.1 - CONFIGURAÇÃO INTERATIVA

O processo de configuração interativa, desenvolvido em linguagem "arity prolog", funciona através de perguntas e respostas, onde o sistema obtém todos os dados (armazenados na base de fatos). Atualmente, com a retirada da variável "investimento" do conjunto inicial, seção 4.4.1, o número de variáveis necessárias para que o sistema forneça as especificações correspondentes são: ambiente,

ruído, tempo-real, distância, nós, taxa de transmissão e multisserviços. Nesse processo, o projetista ou usuário deve possuir todas as informações necessárias ao projeto. Um passo desse processo pode ser visto abaixo.

*se 'o tipo de consulta' esta disponivel  
e 'os parametros de projeto inicial' estao disponiveis  
entao 'projeto inicial'.*

*se 'o procedimento de consulta' eh interativo  
entao 'o tipo de consulta' esta disponivel.*

*se 'o ambiente de trabalho' esta disponivel  
e 'os multisservicos' estao disponiveis  
e 'o numero de nos' esta disponivel  
e ingresse 'a distancia maxima da LAN'  
e 'a taxa de transmissao' esta disponivel  
entao 'os parametros de projeto inicial' estao disponiveis.*

### 4.5.2 - CONFIGURAÇÃO SEMI-INTERATIVA

O processo de configuração semi-interativo consta de funções, desenvolvidas em linguagem "C", que pesquisam um banco de dados [02] para obtenção das variáveis: multisserviços, nós e taxa de transmissão, e de perguntas e respostas, em "arity prolog", para as variáveis restantes.

Para esse processo, atribuem-se os formulários utilizados para aquisição de informação [02] aos arquivos usados para armazenamento dessas informações na base de dados. Os formulários que contêm as informações para as pesquisas atuais e os arquivos correspondentes são:



- . Transferência de dados - Transdad
- . Tráfego de equipamentos - Tráfego
- . Características de equipamentos existentes - Car\_eqp1
- . Características de equipamentos em aquisição - Car\_eqp2
- . Adição de aplicações em equipamentos existentes - Adic\_apl
- . Adição de aplicações com novos equipamentos - Adapineq.

Estes formulários são mostrados nos anexos 2a a 2f, respectivamente.

Através de consulta aos formulários "Careqp1" e "Careqp2", o número de equipamentos por rede é acumulado. O número total é obtido através da soma dos resultados das consultas a estes dois arquivos. Desta forma, futuras expansões podem ser previstas e levadas em consideração já no procedimento de projeto inicial. Ao total de equipamentos acrescenta-se uma unidade prevendo a utilização de um sistema intermediário para interligar a rede local a uma outra qualquer. Ao final desses procedimentos, tem-se a variável "o numero de nos".

Uma observação quanto ao campo tráfego médio e de pico, em bits/seg, do formulário "Transdad", diz respeito à sua utilização. Esse campo deve ser preenchido, se a aplicação for de voz ou imagem. Sistemas onde são transmitidas aplicações de voz e imagem são chamados sistemas com bloqueio. Costuma-se definir tráfegos nesses sistemas, diretamente em bits por segundo. Sistemas onde são transmitidas aplicações de dados são chamados sistemas com espera.

Seja uma rede só com transmissão de dados (um canal), seja uma com outros serviços (vários canais), determina-se o tráfego total da rede ou dos sistemas com espera, da seguinte forma: com os formulários "Transdad" calcula-se o tráfego que cada nó aplica na rede, pela soma de todas as aplicações desse nó. Este resultado é transferido para o formulário "Tráfego" e conseqüentemente armazenado no arquivo de mesmo nome. Através de funções,

consulta-se o arquivo "Tráfego" e soma o campo "saida" (média) de todos os nós comunicantes. Esse resultado representa o tráfego da rede proporcionado por todas as aplicações atuais.

O Processo manual para a determinação do tráfego de cada equipamento tem o objetivo de contemplar o formulário "tráfego". Futuramente esse tráfego será totalmente calculado através de consultas ao arquivo "Transdad".

Se qualquer aplicação de um nó na rede tiver restrições de tempo, ou seja, deve ser executada num determinado tempo, o resultado da divisão dos campos *tamanho da mensagem/atraso máximo* deve ser considerado para o cálculo da maior média de tráfego do equipamento, ou seja, utiliza-se o resultado dessa divisão no lugar do produto Freq X Tam. da Mensagem.

Para o cálculo da taxa de transmissão, devem-se considerar também futuras expansões. Nesse caso, utilizam-se também os formulários "Adic\_apl" e "Adaplineq", correspondendo às adições futuras de aplicações nos equipamentos existentes e nos novos. Através de funções que utilizam os mesmos procedimentos manuais aplicados no arquivo "Transdad", para o cálculo do tráfego de cada equipamento, determina-se o tráfego acrescido na rede pela adoção de novas aplicações e/ou equipamentos. Com esses últimos procedimentos, obtém-se a variável "a máxima taxa de transmissão".

A variável de entrada "multisserviço" é obtida através de consultas ao arquivo Transdad. Se uma determinada rede contiver uma aplicação com o campo *tamanho de mensagem* em branco, então esta rede utiliza multisserviços, sendo que os campos *tráfego médio* e de *pico* devem conter o tráfego em bits/seg da aplicação. Com essa pesquisa, obtém-se o valor da terceira variável: "multisserviços".

Para especificação do meio físico utilizado, não interessa saber qual o tipo de serviço (voz, imagem, etc.). Se houver

multisserviços, o meio físico deve ser adequado à utilização destes, ou seja, deve permitir a utilização de vários canais simultâneos. A taxa de transmissão dos canais reservados para essas aplicações é determinada pela soma dos campos "tráfego em bps" referentes a cada tipo de serviço. Para esse caso, considera-se apenas a técnica FDM, apesar de as TDM poderem ser utilizadas para alocação de mais de um canal.

O processo semi-interativo deixará de existir, quando se implementarem funções para determinação das variáveis, hoje obtidas interativamente. Por exemplo: a variável "tempo real" pode ser obtida verificando se existem aplicações com restrições de tempo no arquivo "Transdad", para as variáveis "distância", "ruído" e "ambiente", deve-se criar campos em arquivos existentes ou criar novos arquivos.

### 4.6 - IMPLEMENTAÇÃO ATUAL

Como descrito no capítulo 2º, o Sistema Global é composto de quatro módulos, sendo que apenas os dois primeiros estão implementados: determinação dos requisitos e projeto. Esses módulos deverão ser enriquecidos futuramente.

A idéia inicial era elaborar um Sistema Global único, e totalmente implementado em uma linguagem de programação (linguagem "C"). Com a utilização do sistema especialista [01], adaptado para o projeto de redes e desenvolvido em linguagem "Arity Prolog", e do Sistema de Apoio a Projeto [02], em linguagem "C", tornou-se necessário mudar a filosofia inicial. Surgiu, então, o problema de inter-relacionamento desses dois sistemas, já que o valor das variáveis necessárias ao projeto deve estar disponível para o sistema especialista.

Devido a impossibilidade de inter-relacionamento entre alguns sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD) e a linguagem de programação "C" e da possibilidade de utilização em tempo real, optou-se pela utilização do SGBD BAPAS-DB [02]. As facilidades e dificuldades advindas da sua utilização, podem ser vistas no trabalho referido acima.

O problema do inter-relacionamento entre os dois sistemas tornou-se mais complicado com a utilização do SGBD BAPAS-DB, devido a limitação de memória no PC (DOS) para coexistência desses. Assim, ao invés de colocar os valores dessas variáveis diretamente na base de fatos do sistema especialista (uma solução), esses são gravados em um arquivo ASCII, para depois serem acessados pelo sistema especialista.

Apesar dessas particularidades, a idéia é que essas duas ferramentas estejam sob o mesmo ambiente (Sistema Global), por exemplo estação de trabalho UNIX like..

A metodologia utilizada em [02] é bem parecida com a aplicada no Sistema Global proposto. Isto conduziu a implementação das funções de aquisição das variáveis necessárias ao projeto para o ambiente do Sistema de Apoio a Projeto (modulo\_2).

Da mesma forma, optou-se pela execução do sistema especialista sob o ambiente citado acima. Essa decisão levou ao mesmo problema anterior, memória insuficiente. A solução encontrada foi executar cada ferramenta isoladamente. Com o objetivo de deixar a execução transparente ao usuário, elaborou-se uma interface em linguagem "C" que faz a chamada dessas ferramentas separadamente.

Essa interface contém, ainda, chamadas para os sistemas futuros, que executarão os procedimentos finais da metodologia aplicada nessa proposta (capítulo 20). As funções de aquisição das variáveis no banco de dados permanecem implementadas no Sistema Apoio a Projeto.

### 4.7 - ANÁLISE DE CUSTOS

Segundo Hammond [03], custo é um dos critérios de importância óbvia para o projetista e usuário, mas não é usado como um critério explícito de projeto.

A identificação e estimação do custo não é usualmente simples. É importante garantir que todos os custos relevantes sejam identificados e incluídos na análise. Segundo [12], os custos envolvidos no planejamento de redes locais são:

- equipamento (Hw e Sw);
- instalação;
- treinamento;
- operação e manutenção.

Existem, na literatura, várias metodologias utilizadas para a avaliação de custos do planejamento de uma rede local [12] [30] [33] [68]. A partir desses artigos e de outros não citados, foram elaboradas e atualizadas algumas tabelas, referidas no capítulo 3. Nessas tabelas, encontram-se os valores, em US\$, mais atualizados dos componentes de Hw de uma rede: interface, acopladores, conectores, cabos, etc. Consideraram-se apenas os custos envolvidos com a parte física da rede, excluindo desta os equipamentos (estações), os quais não são necessários para a especificação dos parâmetros citados.

Como descrito na seção 4.4, o valor de custo aproximado (em US\$) de cada especificação é também fornecido pelo sistema. Esses valores são calculados através de equações relacionadas com os parâmetros especificados, e com os custos dos componentes de hardware necessários para cada especificação. Dessa forma, o projetista deve decidir qual das especificações, se existirem, está mais próxima da disponibilidade de recursos da empresa para o projeto da rede.

## Capítulo 4 - IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

Valores detalhados desses componentes estão apresentados no capítulo 3º. Os que não foram citados podem ser vistos em [27] [30] [69] [70] [71] [72] [73]. Para um estudo mais detalhado dos custos envolvidos no planejamento de uma LAN, sugere-se o trabalho de [30].

A tabela 4.1 mostra o valor médio, em US\$, de cada componente de hardware considerado para cálculo do custo de cada especificação.

COMPONENTE	CUSTO (US\$)
Headend	2500
Modem	6000
Transceiver Ótico	1300
Concentrador (Ótico)	20000
Concentrador (Baseband)	3500
Concentrador (Par Trançado)	1500
Cabo Ótico (/m)	10
Cabo Baseband (/m)	02
Cabo Broadband (/m)	02
Cabo Par trançado (/m)	01
Conector (Ótico)	30
Conector (Coaxial)	10
Conector (Par Trançado)	20
Acoplador (ótico)	400
Acoplador (Broadband)	200
Amplificador	1500
Repetidor (Ótico)	3500
Repetidor (Par Trançado)	2000
Repetidor (Baseband)	3000
Interface TDMA	500
Interface CSMA/CD	500
Interface TOKEN-BUS	550
Interface TOKEN-RING	700
Interface FDM	550
Interface POLLING	550
Gateway	3000
Ponte	3500
Roteador	3000

TABELA 4.1 - CUSTO MÉDIO DOS COMPONENTES DE UMA REDE

### 4.8 - RESUMO

Este capítulo trata da implementação do Sistema Atual, que pode ser vista como uma integração entre dois sistemas, SEC (Sistema Especialista em Controle) e Sistema de Apoio a Projeto, e a elaboração da base de conhecimento em projeto de redes de computadores com vistas a composição de um Sistema Global.

O capítulo discute vários aspectos relacionados com a elaboração da base de conhecimento, implementação da interface com o Sistema de Apoio a Projeto e adaptação do sistema especialista, SEC, para projeto de redes locais de computadores.

O sistema especialista utilizado como base para o Sistema Atual representa o conhecimento na forma de regras de produção porque permite analisar a linha de raciocínio até a solução e é comum as pessoas possuírem o conhecimento na forma de regras, em linguagem natural. A manipulação do conhecimento, forma de se obter os resultados a partir de uma representação do conhecimento, utiliza estratégia de controle com encadeamento reverso para a fase de configuração e encadeamento direto para a fase de especificação.

A interface com o Sistema de Apoio a Projeto ocorre através de um processo interativo onde os requisitos necessários à especificação (sete variáveis) são obtidos com perguntas e respostas, ou por um processo semi-interativo onde alguns requisitos podem ser obtidos com consultas ao banco de dados.

A base de conhecimento foi elaborada através de pesquisas no mercado nacional (funcionalidade, hardware, custos, etc.) e na literatura (artigos, estudos/trabalhos em análise de desempenho das redes locais padronizadas pela ISO).

## Capítulo 4 - IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

---

Os problemas e dificuldades encontrados no inter-relacionamento das ferramentas utilizada no sistema proposto são tratados por uma solução prática e viável, deixando a sua execução o mais transparente possível.

O capítulo fornece uma análise dos custos envolvidos no planejamento e projeto de uma rede e apresenta tabelas atualizadas dos custos dos componentes de hardware.



## CAPÍTULO 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO - ACIARIA DA ACESITA

### 5.1 - INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste capítulo é aplicar o sistema de auxílio ao projeto de redes locais. Para isso, nada melhor que um exemplo real de aplicação: implementar uma rede local de computadores na Aciaria, como um dos vários projetos do Plano Diretor de Automação da ACESITA.

A Aciaria é a área de uma usina siderúrgica onde se produz e refina os aços líquidos, enquadrando-os nas faixas de temperaturas e composições químicas e melhorando as suas qualidades.

O gusa (ferro líquido) consiste do elemento ferro combinado com outros numerosos elementos químicos, dentre os quais os mais comuns são: carbono, manganês, fósforo, enxofre e silício. Dependendo da composição da matéria-prima utilizada no alto-forno (fabricação do gusa) e da maneira na qual este foi operado, o gusa pode conter 3 a 4% de carbono, 0,15 a 2,5% de manganês, 0,2% ou pouco mais de enxofre, 0,025 a 2,5% de fósforo e 0,5 a 4% de silício. Nos processos de refino do gusa, para convertê-lo em aço, todos estes 5 elementos devem ser reduzidos completa ou substancialmente.

O princípio básico para transformar gusa em aço é a oxidação. O oxigênio combina com os elementos indesejáveis (exceto com o enxofre que não reage diretamente com o oxigênio), formando óxidos (gases e escórias).

Além do refino do gusa, adicionam-se outros elementos químicos como cromo, chumbo, cobre, alumínio, etc. Para obtenção dos vários tipos de aços existentes (175 tipos na ACESITA) existem diferentes processos de fabricação. Conforme a finalidade do aço fabricado e

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

---

dos tipos de processos para fabricá-los, há diferentes tipos de Aciaria. Como exemplo, citam-se: Cosipa, Usiba, Usiminas, Açominas, CST, CSN, etc. Os equipamentos que compõem a Aciaria, suas funções, os fluxos de produção e um lay-out são sucintamente apresentados neste capítulo.

Este capítulo discorre ainda sobre a necessidade de informatização e/ou automação na Aciaria e apresenta todos os passos da execução do exemplo de aplicação, representando as tarefas de configuração e especificação. As especificações fornecidas pelo Sistema Atual são comparadas com recentes proposta de empresas nacionais com o intuito de verificar a qualidade das especificações do Sistema Atual.

### 5.2 - ACIARIA - CIA AÇOS ESPECIAIS ITABIRA

Inicialmente, a Aciaria da ACESITA, chamada de Aciaria 1, era composta dos seguintes equipamentos: um convertedor LD (Lins e Donawitz), um convertedor AOD (Argonium Oxigenium Descarborization), três fornos elétricos a arco (FEA) e uma linha de lingotamento convencional.

Devido à necessidade de acelerar o ritmo de produção e de incluir produtos nobres, antes totalmente importados, implantou-se então uma nova Aciaria, chamada Aciaria 2. Esta nova Aciaria é formada pelos equipamentos: duas linhas de lingotamento contínuo, uma linha de lingotamento convencional, um convertedor LD, um convertedor VOR (Vacuum Oxigenium Reduction) e um forno panela. O anexo 3 apresenta um diagrama simplificado das Aciarias 1 e 2 da ACESITA.

A linha de produção da ACESITA é constituída de diferentes processos e equipamentos, que podem ser divididos em dois grupos: área de refino e área de lingotamento. Na área de refino, estão

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

---

enquadrados: LD2, VDR, Forno Panela, Fornos Elétricos e AOD. Na área de conformação estão enquadrados os lingotamentos Convencional e Contínuo.

A seguir, descrevem-se, de forma sucinta, as funções de cada um dos equipamentos das duas Aciarias. Um fluxograma de produção, indicando, juntamente, os tipos de aços fabricados em cada processo, e o lay-out físico das Aciarias 1 e 2 são apresentados nos anexos 4 e 5, respectivamente. Apresentam-se também, nas figuras 5.1, alguns diagramas do fluxo de produção das duas Aciarias, substituindo a descrição detalhada de cada processo na Aciaria.

. Forno Elétrico a Arco nº 1 (FEA 1) - Esse forno tem, como função básica, fundir as sucatas e ligas para a produção de aços ligados e ferro fundido, eliminar impurezas e vaziar o metal produzido na temperatura desejável. Atualmente, o produto desse processo é levado para a área de fundição da ACESITA (cilindros para laminadores, mandíbulas para britadores, placas para moinhos de pelotização, etc).

. Forno Elétrico a Arco nº 2 (FEA 2) - A função básica desse equipamento é fundir as sucatas e ligas para a produção de aços ligados e aços inoxidáveis, eliminar impurezas e vaziar o metal produzido na temperatura desejável. Hoje em dia, esse equipamento está mais destinado ao processo de fundição.

. Forno Elétrico a Arco nº 3 (FEA 3) - Tem, como função, fundir sucatas e ligas para a produção de aços inoxidáveis, eliminar impurezas e vaziar o metal produzido na temperatura desejável. Esse forno tem como objetivo exclusivo, a produção de aços inoxidáveis.

. Convertedor AOD - A função desse equipamento é realizar o refino, a partir do aço inoxidável recebido dos FEA 2 e 3, com o uso dos gases oxigênio, argônio e nitrogênio.

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

---

. Convertedor LD1 - Esse equipamento realiza o refino primário do gusa recebido dos altos-fornos, utilizando lança de oxigênio. Atualmente, esse equipamento está desativado.

. Convertedor LD2 - A função básica desse equipamento é realizar o refino primário do gusa recebido dos altos-fornos, utilizando lança de oxigênio, para transformar o gusa em aço carbono, aço ligado e aço silício. A fabricação do aço por esse processo visa à obtenção de um produto com temperatura e composição química adequada no menor tempo de processamento possível.

. Forno Panela - A função desse equipamento é ajustar a composição química e temperatura do aço para o lingotamento contínuo. O borbulhamento com o argônio mais o agitador eletromagnético, associado ao procedimento de aquecimento, promove uma substancial melhora na purificação do aço, devido à rápida remoção das inclusões não metálicas.

. Convertedor VOR - Tem, como função, descarburar e desgaseificar o aço, ou seja, realiza o refino secundário, a partir do aço recebido do LD2, para a produção de aço silício (GO e GNO), com a utilização de vácuo e argônio. Tem também a finalidade de acertar a faixa química e homogeneizar as corridas do LD2 e Forno Panela.

. Lingotamento Contínuo 1 - Esse equipamento lingota o aço líquido proveniente do LD2, VOR e Forno Panela, transformando-o em placas. Para isso, utiliza-se uma máquina de veio em arco de circunferência, molde curvo, com um ponto de retificação do veio.

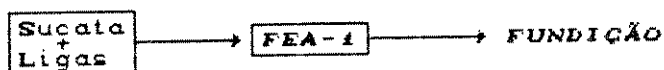
. Lingotamento Contínuo 2 - Tem a função de lingotar o aço líquido proveniente do AOD e Forno Panela, transformando-o em placas. Para isso, utiliza-se uma máquina vertical e molde reto, com dobramento progressivo.

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

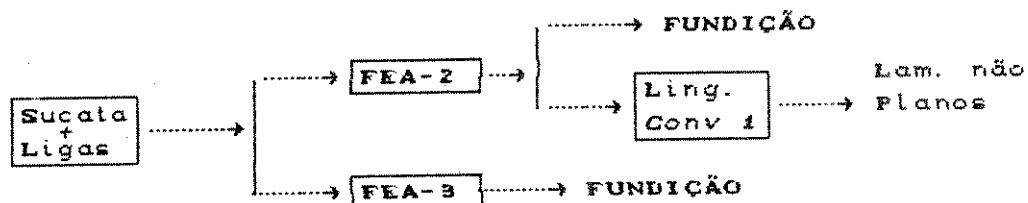
. Lingotamento Convencional (Aclaria 1 e 2) - Tem, como função básica, lingotar o aço líquido proveniente do LD1, LD2, AOD, FEA e Forno Panela, transformando-o em lingotes. É um processo pelo qual o aço é vazado diretamente da panela para os canais que estão ligados aos vasos comunicantes, até o total preenchimento das lingoteiras.

A título de informação, citam-se as principais matérias-primas ou insumos utilizados nas Aclarias da AGESITA: gusa, energia (elétrica, oxigênio, argônio, nitrogênio, óleo diesel, hidrogênio, GLP e óleo combustível), sucata, ligas e fundentes (Fe Manganês, Fe Silício, Fe Titânio, etc.).

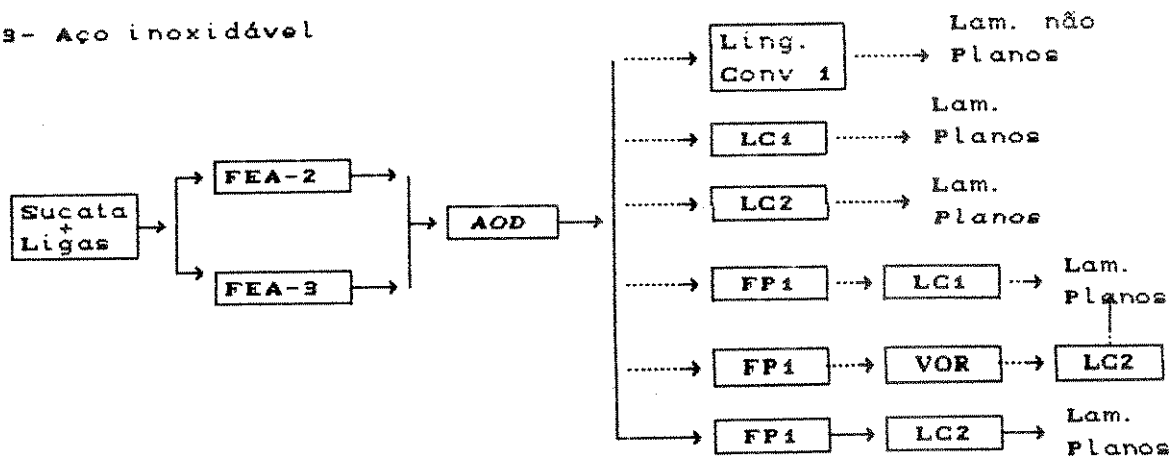
01- Aço (alto e médio carbono e ligados)



02- Aço (alto e médio carbono e ligados)



03- Aço inoxidável



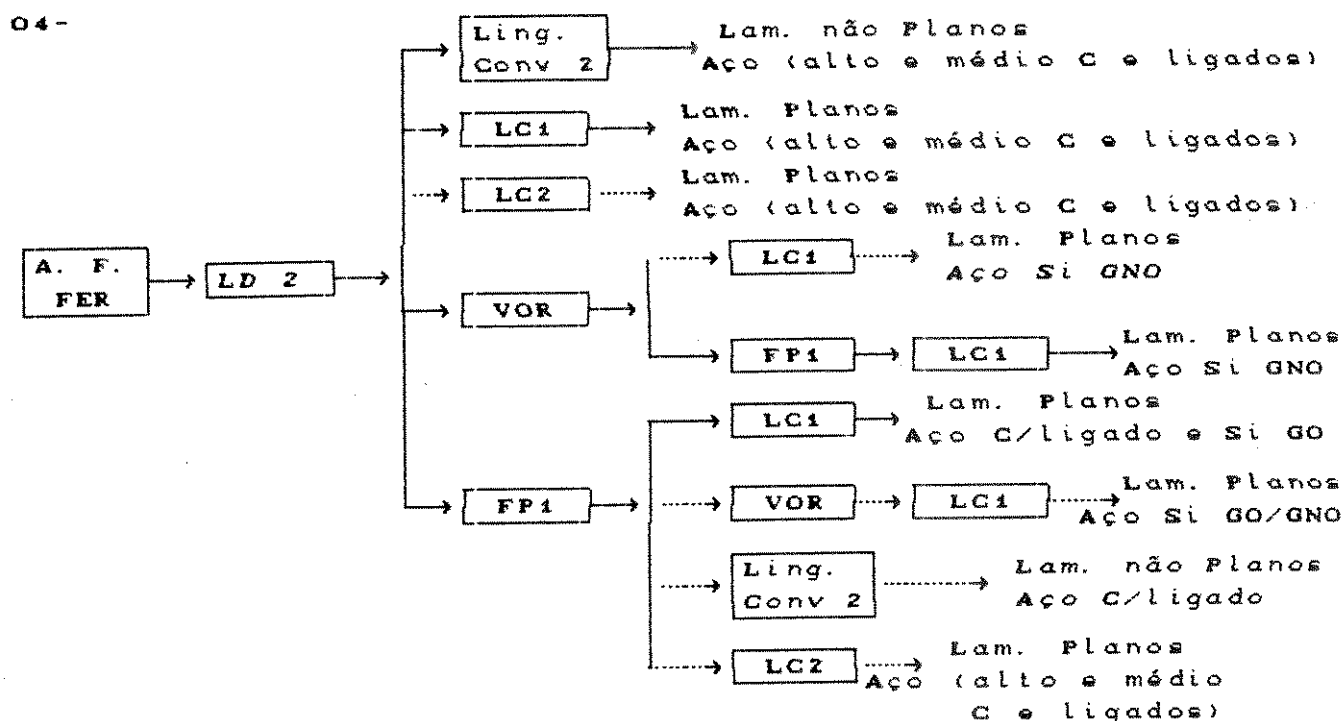


FIG. 5.1 - DIAGRAMAS EM BLOCOS DO FLUXO DE PRODUÇÃO DA ACIARIA.

### 5.3 - ARQUITETURA DE INFORMAÇÃO DA ACIARIA

Atualmente, a Aciaria dispõe de sistemas de informação acobertando alguns processos do seu fluxo produtivo. Esses sistemas estão, em parte, no computador central (CPD) da empresa, e outra parte em microcomputadores dispersos na área. Mesmo assim, a administração da área tem sérios problemas com a informação que não existe, ou não é gerada, ou não está integrada nos diversos níveis necessários, ou não está disponível no tempo certo.

Diante dessa situação, sentiu-se a necessidade de desenvolver um estudo que determinasse e acompanhasse todo o fluxo da informação na Aciaria. A partir de então, formou-se um grupo de trabalho na ACESITA, para elaborar um plano de aplicações/sistemas que

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

abrangesse toda a informação gerada ou usada dentro da Aciaria, de forma totalmente integrada, utilizando-se recursos tecnológicos, de modo a propiciar a obtenção da informação no menor tempo possível.

A abrangência do estudo foi determinada pela área de atuação da Aciaria, no que tange aos seus processos internos e também no relacionamento com outras áreas da empresa (figura 5.2), tendo sempre, como base, os fluxos de informação internos e externos à Aciaria. Inicialmente, foram estudados todos os processos que ocorrem dentro da Aciaria e levantado um diagrama hierárquico de todas as funções da área (anexo 6).

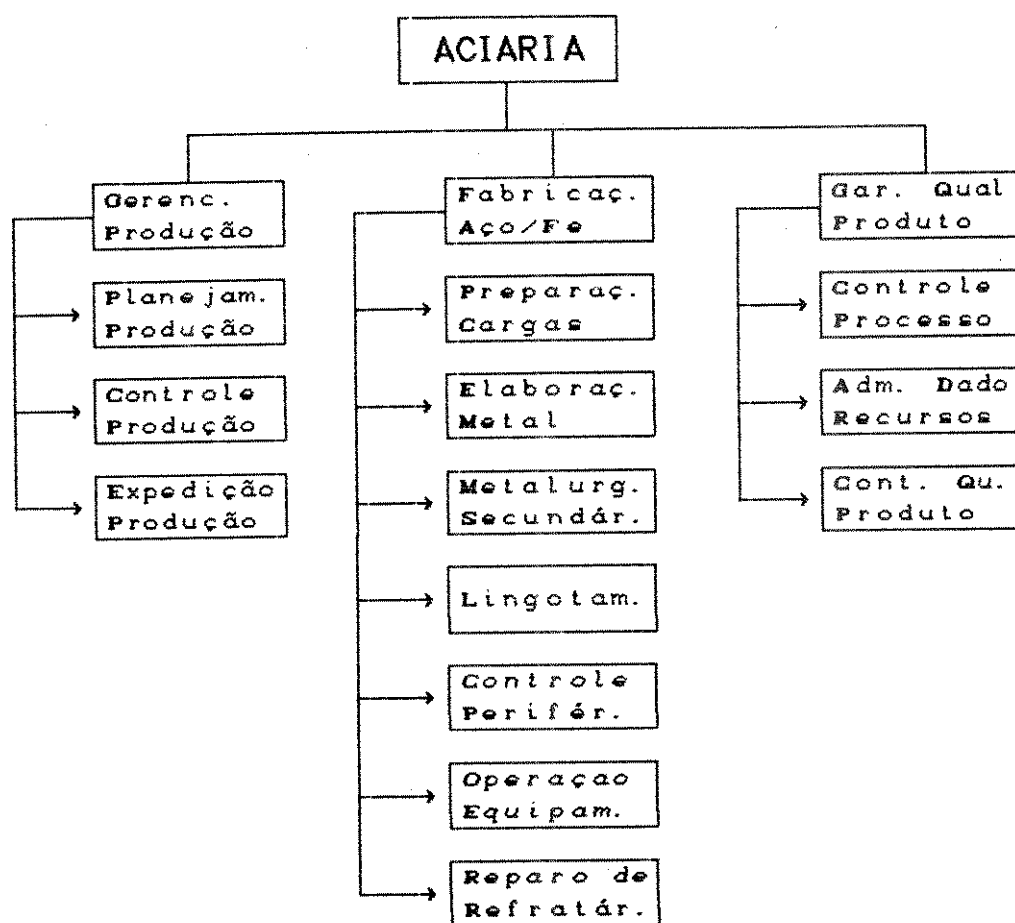


FIG. 5.2 - DIAGRAMA DE CONTEXTO DA ACIARIA.

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

---

Este plano, arquitetura da informação da área da Aciaria [74], voltou-se para três grandes funções desenvolvidas na Aciaria: programação da produção, controle de qualidade e controle de produção,

A informação, na Aciaria, deve ser encarada como um recurso de vital importância para se atingirem os objetivos desejados. Assim sendo, deve ser tratada de uma maneira sistemática, desde a identificação dos dados necessários até a sua geração pelos sistemas de informação. Diante disso, vários aspectos devem ser considerados na implementação da arquitetura da informação da Aciaria. Dentre eles, deverão ser analisadas duas opções básicas para a implementação da arquitetura de hardware na Aciaria:

1 - Um computador de médio porte, específico para a Aciaria, com grande velocidade de processamento e capacidade de armazenamento, interligado a diversos terminais inteligentes (micros) ou terminais burros. Nesse caso, todas as aplicações da Aciaria, inclusive as de grande porte, seriam desenvolvidas nesta estrutura.

2 - Uma rede de microcomputadores, integrada a um servidor com grande capacidade de armazenamento de informações, que suportaria todo o processamento específico da área. As informações de nível corporativo seriam enviadas para o computador central. Os sistemas de grande porte e com interface com outras áreas da empresa seriam desenvolvidos no computador central. As informações específicas da Aciaria seriam então enviadas para a rede de micros.

Considerando essas duas opções, o grupo de trabalho fez um estudo superficial de avaliação de custo, baseado nas necessidades atuais da área. A segunda opção, rede de microcomputadores, a princípio pareceu mais vantajosa e mais versátil, o que direcionou a arquitetura de hardware da Aciaria para tal.



Alguns dos primeiros aspectos levantados por esse grupo, com relação à rede de microcomputadores a ser implementada na Aciaria, foram: a topologia, o meio físico, os custos, o padrão e o fabricante. Visto que algumas das necessidades iniciais se enquadravam, exatamente, no escopo de especificações proposto pelo presente trabalho, propõe-se a utilização desse sistema para auxiliar a equipe nesta fase. As facilidades/benefícios que poderão advir de sua utilização estão implícitas nas etapas do projeto dessa rede de computadores. A seguir, descrevem-se todos os passos envolvidos na execução do presente sistema para esta aplicação.

### 5.4 - EXECUÇÃO

#### 5.4.1 - AQUISIÇÃO DE DADOS

A primeira etapa, aquisição dos dados, permite duas formas de entrada dos dados: interativa, através de perguntas e respostas, e semi-interativa. Nesta última, alguns dados são obtidos interativamente, e os demais são coletados empregando o Sistema de Apoio a Projeto [02], que é uma ferramenta de trabalho integrante do Sistema Atual, para dar suporte a esta fase.

Se o sistema for utilizado somente para auxílio ao projeto de uma LAN, vários são os formulários que não necessitam ser preenchidos. Neste caso, como se trata do projeto (especificação) de uma rede local na Aciaria, os formulários preenchidos são: "Transdad" (transferência de dados entre cada par de equipamentos), "Tráfego" (tráfego de cada dispositivo), "Car-eqp1" (características de cada equipamento),

Antes de apresentar os resultados finais produzidos pelo Sistema Atual e alguns formulários preenchidos, citam-se algumas características e aspectos inerentes ao processo de troca de

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Informação nos processos (micros) da Aciaria:

- . Não existem restrições de tempo, na troca de informações, entre quaisquer pares de processos. Assim sendo, calcula-se a taxa de transmissão pelo maior produto Freq X Tam. Mens. entre todas as aplicações.
- . O ambiente onde será implementada a rede local é Industrial.
- . O ambiente apresenta um nível de ruído elevado (não medido).
- . As informações transmitidas na rede são dados referentes a cada processo. Não ocorre transmissão de voz nem imagem.
- . O processo de troca de informação não tem caráter de tempo real. Não foram consideradas interações com sistemas de automação.
- . Todas as mensagens têm o mesmo tamanho, 10 Kbits, exceção feita para a estação supervisora, onde sua mensagem tem o tamanho de 30 Kbits.
- . Dez microcomputadores integrarão a rede proposta, localizados nas respectivas áreas: LAB (laboratório), LC1, LC2, CONV2, VOR, LD2, SUP (supervisor), FEA, AOD e FP1.

As Figuras 5.3 e 5.4 mostram os formulários Transdad e Tráfego, indicando o envio de dados entre os respectivos equipamentos e as características de tráfego de cada um. Todos os formulários preenchidos, que dizem respeito a esta aplicação, estão indicados de forma resumida no anexo 7.

TRANSDAD		TRANSFERÊNCIA DE DADOS						
		EQUIPAMENTO	SUB-REDE		=>	EQUIPAMENTO		
		FEA	ACIARIA			AOD		
Nº	NOME	FREQ.	CONC.	ATRASO MAXIMO (opc.)	TAMANHO MENSAG (kbits)	TRÁFEGO EM BITS/S		
						MÉDIA	PICO	
01	FEA_AOD	18/d	-	-	10	-	-	

FIG. 5.3 - FORMULÁRIO DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS.

TRAFEGO		TRÁFEGO DE EQUIPAMENTO	
EQUIPAMENTO	FEA	SUB-REDE	ACIARIA
ENTRADA	BITS/SEGUNDO		
	MÉDIA	PICO	
	7.0	-	
SAÍDA	BITS/SEGUNDO		
	MÉDIA	PICO	
	5.0	-	

FIG. 5.4 - FORMULÁRIO DE TRÁFEGO DE EQUIPAMENTOS.

### 5.4.2 - GERAÇÃO DOS DADOS PARA O SISTEMA ESPECIALISTA

A próxima etapa diz respeito à geração do arquivo ASCII, que conterà alguns dos dados necessários ao sistema especialista, para a especificação da rede local. Esses dados foram calculados a partir do Sistema de Apolo a Projeto. O arquivo ASCII, ACIARIA.ARI, é mostrado a seguir,

fato: 'o numero de nos' 'tem o valor' 11.

fato: 'a taxa de transmissao' 'tem o valor' 83.

fato: 'os multisservicos' 'nao estao' disponiveis.

### 5.4.3 - CONFIGURAÇÃO

A etapa seguinte, parte final da configuração e execução do Sistema Atual, desenvolve-se no ambiente do sistema especialista. A seguir, apresenta-se a configuração final, através de perguntas e respostas, e o resultado da execução do sistema.

*Configuração:*

'Qual o procedimento a executar?' - 'Projeto inicial'.

'O procedimento de consulta e interativo?' - n.

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

---

- 'Forneca o valor da sub-rede' - aciaria.
- 'Forneca o valor do ambiente de trabalho' - industrial.
- 'Algumas aplicações são executadas em tempo-real?' - n.
- 'Forneca a amplitude do ruído' - 45. (valor suposto)
- 'Forneca o valor da máxima distância da LAN' - 1.5.

Resultado:

pela regra\_6\_ef concluímos que:

- a topologia é em barramento
- E o método de acesso é CSMA/CD
- E o meio físico é fibra ótica
- E o custo de projeto tem o valor 23.500

OU

- a topologia é em anel
- E o método de acesso é CSMA/CD
- E o meio físico é fibra ótica
- E o custo de projeto tem o valor 20.000

OU

- a topologia é em estrela
- E o método de acesso é CSMA/CD
- E o meio físico é fibra ótica
- E o custo de projeto tem o valor 202.000

pela regra\_18\_ef concluímos que:

- a topologia é em anel
- E o método de acesso é TOKEN-RING
- E o meio físico é fibra ótica
- E o custo de projeto tem o valor 22.000

OU

- a topologia é em estrela
- E o método de acesso é TDMA
- E o meio físico é fibra ótica
- E o custo de projeto tem o valor 202.000.

Como se pode notar, na primeira regra disparada existem três especificações, sendo que, na 2ª e 3ª, a topologia física é anel e

estrela, respectivamente, e a topologia lógica é em barramento. As duas primeiras especificações ainda não se encontram disponíveis no mercado nacional. Na regra seguinte, a 2ª opção (não padronizada) também não é disponível no mercado nacional. Tais tecnologias devem surgir no mercado nacional num futuro próximo.

### 5.5 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

O sistema especialista em projeto de redes de computadores foi elaborado para fornecer as especificações mais viáveis e/ou adequadas possíveis. Naturalmente, se não houver especificações, é porque o sistema ainda não possui o conhecimento para os requisitos e/ou configurações apresentados. Da mesma forma, se existir mais de uma especificação, o sistema foi construído para fornecer todas elas. Essa situação ocorre em qualquer tipo de projeto, e desde que todas as opções sejam tecnicamente viáveis, a escolha final deve levar em consideração outros aspectos, como padronização de equipamentos e componentes, prazo de entrega, custos, etc. Por conseguinte, optou-se por deixar atualmente a decisão final a cargo do projetista, que deverá considerar outros aspectos que, a princípio, não são considerados.

O que se pretende, nesta seção, é comparar as especificações fornecidas pelo Sistema Atual com propostas apresentadas por empresas nacionais. A seguir, mostram-se, de forma simplificada, em conformidade com o sistema, três propostas de diferentes empresas para a implementação de uma rede local na Aciaria da ACESITA. Por motivo de sigilo empresarial, essas propostas não serão apresentadas na íntegra, neste trabalho.

#### PROPOSTA Nº 1

Topologia - Estrela (passiva).

M. Acesso - CSMA/CD.

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

---

M. Físico - Fibra ótica e cabo coaxial (fino) após o transceiver ótico e repetidor.

### PROPOSTA Nº 2

Topologia - Anel/barramento.

M. Acesso - CSMA/CD.

M. Físico - Fibra ótica e cabo coaxial (fino), formando o barramento.

### PROPOSTA Nº 3a

Topologia - Estrela (ativa).

M. Acesso - Padrão ARCNET (Token-Ring).

M. Físico - Fibra ótica.

### PROPOSTA Nº 3b

Topologia - Estrela (ativa).

M. Acesso - Padrão ARCNET (Token-Ring).

M. Físico - Cabo coaxial.

## 5.6 - RESUMO

Este capítulo tem como objetivo aplicar o sistema proposto e com isso verificar sua utilidade em um projeto de rede. Para tal, utilizou-se um exemplo real de aplicação: implantação de uma rede na Aciaria da ACESITA.

O capítulo descreve, sucintamente, as funções dos equipamentos que compõem a Aciaria e apresenta os fluxos de produção em forma de diagramas de bloco, facilitando a visualização dos processos que são executados atualmente.

## Capítulo 5 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

---

A abordagem final desse capítulo trata da necessidade de implantação de uma rede local de microcomputadores, e a proposta de utilização do Sistema Atual para auxiliar essa tarefa. Todos os passos envolvidos na execução desta aplicação são discriminados, e a especificação final é então comparada com três propostas obtidas de diferentes empresas nacionais.

Considerando que as três propostas apresentadas pelos fornecedores sejam tecnicamente confiáveis, o sistema mostrou-se coerente por ter produzido especificações semelhantes. Com efeito, por se fundamentar numa base de conhecimento cuidadosamente elaborada e que expressa o conhecimento dos especialistas citados na bibliografia, os resultados obtidos refletem esse conhecimento generalizado.

Por outro lado, fundamentado nessa base de conhecimento, pode-se dizer que esse sistema apresenta resultados consistentes com os de um especialista, e portanto é capaz de auxiliar na avaliação e validação de propostas apresentadas.

## CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO

### 6.1 - PROPOSTA

Antes de iniciar qualquer projeto, existem várias etapas a serem percorridas ou implementadas. Da mesma forma, após o projeto, existem outras etapas que devem ser executadas, a fim de que se obtenha a implementação final desejada.

O projeto de uma rede de computadores, como qualquer outro projeto não é um processo fácil. Na verdade, esse projeto deve ser visto como uma inter-relação de vários outros processos pertencentes ao ciclo de vida de uma rede de computadores.

Tudo isso pode ser visto como o planejamento, projeto e implementação de uma rede. Isso levou à utilização de uma metodologia que abordasse tais etapas.

A metodologia para planejamento, projeto e implementação de redes de computadores, apresentada nesta dissertação, permite que se realize o trabalho de projeto de uma rede, por fases do ciclo de vida desta. Esta metodologia tornou-se um guia de todos os processos que devem ser executados para o projeto de uma rede.

A aplicação desta metodologia auxilia bastante um projetista, no que diz respeito às dificuldades encontradas em cada fase do projeto, aos prazos estipulados e aos custos envolvidos. Além dos ganhos advindos de um planejamento ou da adoção de uma metodologia, propôs-se que todas as fases dessa metodologia fossem suportadas por uma ou várias ferramentas auxiliadas por computador, que interagissem de modo a criar um Sistema Global que auxiliasse, ao máximo, o projetista no projeto de uma rede de computadores.



O Sistema Atual aborda os dois primeiros módulos dessa metodologia, capítulo 20, sendo que uma ênfase maior foi dada ao módulo de projeto. Nessa fase, são especificados alguns dos elementos de uma rede.

A existência de um órgão internacional dedicado à padronização de protocolos utilizados em redes de computadores conduz a um número menor de protocolos utilizados e mais dedicado à determinadas áreas de atuação. Isso facilita bastante a fase de projeto de uma rede, seja a realizada por um projetista, seja a realizada por uma ferramenta computadorizada. Apesar do pequeno número de elementos de rede que o Sistema Atual fornece, esses são apropriados para se implementar a parte de hardware da rede.

Para se alcançar um sistema completo de auxílio ao planejamento, projeto e implementação de redes de computadores, necessita-se ainda de muito trabalho, tanto nos módulos a serem desenvolvidos quanto nos dois já implementados

### 6.2 - IMPLEMENTAÇÃO

Uma das motivações do trabalho foi implementar um sistema totalmente desenvolvido na UNICAMP. O Sistema Global proposto é formado por quatro módulos. Cada um deve ser suportado por uma ou mais ferramentas computadorizadas. Assim, este sistema seria composto de tantas quantas forem necessárias para o seu funcionamento.

A idéia inicial era utilizar ferramentas desenvolvidas exclusivamente para auxiliar em cada fase do projeto de uma rede. Essa idéia foi reformulada, porque estavam em desenvolvimento, na UNICAMP, duas ferramentas que poderiam ser utilizadas nas fases de determinação dos requisitos e projeto. Essas ferramentas, Sistema Especialista [01] e Sistema de Apoio a Projeto [02], foram

## Capítulo 6 - CONCLUSÃO

---

elaboradas para outras finalidades, que não as do Sistema Global. Poderiam, porém, ser empregadas neste, mediante alterações. Essas alterações, análises e validações foram chamadas "Interface".

O trabalho [02], uma Metodologia para Desenvolvimento de Sistema de Apoio a Projeto, foi elaborado com o objetivo de fornecer todos os dados referentes ao fluxo de informação hierárquico numa empresa e armazená-los num banco de dados para futuras consultas.

Esta ferramenta se adapta quase que totalmente o processo de análise dos requisitos, módulo 1. Para sua utilização, foram necessárias algumas inclusões e/ou alterações de informações (campos) em alguns formulários (arquivos) existentes.

Para o Sistema Stual, pouco desta ferramenta está sendo utilizado, visto que o número de variáveis (informações) necessárias às especificações propostas é reduzido. Entretanto, quando este número aumentar (especificação de todos os protocolos utilizados ou outros objetivos), muitos dos formulários que não são usados hoje passariam a contribuir diretamente para as aquisições das informações necessárias. Essas variáveis são obtidas através de funções implementadas em linguagem "C", visto que tanto o Sistema de Apoio a Projeto quanto a interface para acessar o banco de dados, BAPAS-DB, foram também desenvolvidos em linguagem "C".

Uns dos problemas encontrados na construção da interface com o Sistema de Apoio a Projeto, toda implementada no próprio ambiente, foram as deleções, modificações, alterações e validações de cada campo desses formulários. Nestas circunstâncias, necessitou-se fazer um trabalho cuidadoso junto com o responsável pela implementação dessa ferramenta, o que resultou na elaboração desta interface.

O SEC, Sistema Especialista em Controle, é uma ferramenta baseada em conhecimento, que foi desenvolvida, em linguagem "Arity Prolog", para simplificar as tarefas de configuração e supervisão

dos algoritmos de identificação e controle. Visto que a base de conhecimento dessa ferramenta não tinha validade para o Sistema Atual, utilizou-se a máquina de inferência e a interface homem/máquina (IHM), e elaborou-se nova base de conhecimento.

As principais razões para a utilização dessa ferramenta advêm da possibilidade de utilização da estratégia de controle com encadeamento direto e reverso, da sua modularidade, que facilita qualquer modificação/alteração desejada, e da facilidade que a máquina de inferência permite, para se criar uma base de conhecimento.

Praticamente, não houve dificuldades na mudança de sintaxe da base de regras, já que essa ferramenta permite a elaboração de regras, em uma linguagem natural, extremamente simples. Alguns pequenos problemas surgiram com a sua adaptação. Algumas das alterações necessárias à adaptação dessa ferramenta, podem ser sumarizadas: utilização de três bases de regras, criação de novos predicados (Functors) necessários à apresentação de mais de uma especificação (conseqüentes), determinação dos cálculos dos custos nos conseqüentes de cada regra, eliminação de chamadas a procedimentos externos, etc. Isso implicou num trabalho cuidadoso e demorado, já que a compreensão do funcionamento dessa ferramenta era necessária. Esse trabalho contou com o apoio do responsável pela ferramenta, o que permitiu a implementação da interface.

Além das dificuldades citadas acima, houve a demanda de muito esforço e tempo para o estudo da linguagem de programação "Arity Prolog". Naturalmente, se se utilizasse outra ferramenta, como, por exemplo, "PC PLUS" ou "EXSYS", as dificuldades para conhecê-las seriam maiores, além de que a flexibilidade dessas ferramentas para adaptá-las às necessidades do sistema proposto seria nula. Isso dificultaria bastante o desenvolvimento do trabalho, visto que, nestas circunstâncias, as regras, os fatos e os requisitos é que deveriam ser adaptados a estas ferramentas. Por outro lado, haveria muito mais flexibilidade na elaboração e

## Capítulo 6 - CONCLUSÃO

---

tratamento da base de conhecimento, como, por exemplo, no tratamento de informações não precisas.

A elaboração da base de regras ocorreu após a definição de quais seriam os elementos especificados nos seus consequentes. A definição de tais elementos se deu depois de dois anos de pesquisas na área de redes de computadores e devido aos fatores expostos no capítulo 49. O primeiro problema que surgiu com a implementação da base de regras foi com relação à qualidade das informações contidas na literatura, já que alguns artigos não são novos. Esse é um problema que sempre existirá, pois a tecnologia, nesta área, evolui rapidamente, a cada ano.

Uma e, talvez, mais coerente solução, seria obter informações mais precisas, através de contatos com especialistas nesta área. Isto, todavia, mostrou-se impraticável, já que especialistas em redes de computadores são uma raridade no país, além de que os poucos não têm disponibilidade para colaborar na elaboração de regras. Assim, foi preciso um estudo metuculoso de todos os trabalhos encontrados na literatura, de forma a avaliar todas as regras o mais coerentemente possível.

Outro problema que demandou um bom tempo foi a definição da variável "custo". Foi necessária uma avaliação, que contou com o apoio de um especialista em projeto, onde se decidiu que o custo deve fazer parte dos consequentes de uma regra, e não dos antecedentes, como havia sido considerado inicialmente.

Além disso, para se calcular o custo (médio) final de uma especificação, foi preciso pesquisar o valor dos componentes de hardware de uma rede no mercado nacional. Esse trabalho não foi muito fácil, visto que os fabricantes ou vendedores hesitavam muito em fornecer o valor desses componentes, dificultando a composição da base de fatos (custos). Esses valores foram cotados em US\$, devido à instabilidade da economia nacional.

### 6.3 - FUTURO

O que se pretende é que o Sistema Global proposto seja estruturado para auxiliar um projetista na implantação de uma rede de computadores, o que requererá ainda muito trabalho. O Sistema Atual é apenas um ponto de partida para se alcançar o Sistema Global.

A base de conhecimento carece de ampliação e detalhamento, requerendo:

- . Enriquecer a base de conhecimento para interligação de LAN, incluindo repetidores e especificações detalhadas dos protocolos que compõem cada sistema intermediário;
- . aumentar a base de conhecimento em projeto, incluindo regras para a especificação de todos os protocolos (ISO) utilizados na rede. Com isso, o sistema passará a fornecer apenas uma especificação, já que existirão mais subsídios para uma especificação mais detalhada;
- . contínua atualização dessas bases de regras, etc.

A otimização da ferramenta [02] demanda maiores estudos e reformulação funcional, para que o processo de configuração seja totalmente por consulta:

- . Estudos detalhados para alteração, inclusão e deleção de campos nos formulários existentes. Esses estudos representam a definição das informações que correspondem aos requisitos dos usuários;
- . elaboração de novas funções para tratamento desses novos dados e de novos formulários;
- . implementar novas funções, de modo a especificar toda a configuração hierárquica da informação em uma empresa. Essas especificações seriam através de interfaces gráficas.

O sistema especialista deverá ser revisto e incrementado com:

- . Novas funções e recursos, para permitir uma maior flexibilidade no tratamento das regras e dos fatos;
- . elaboração de uma interface em "C", para que o sistema especialista, desenvolvido em "Arity Prolog", seja ligado (link) ao Sistema Global, formando um único arquivo executável.

Finalmente os módulos 3 e 4 do Sistema Global precisam ser desenvolvidos, o que requer:

- . Elaboração de uma ferramenta para ser aplicada no módulo de seleção das alternativas. Um bom trabalho, que está sendo desenvolvido, na UNICAMP, como tese de doutorado, é o Ambiente de Simulação Baseado em Conhecimento que utiliza linguagem natural para a representação do conhecimento;
- . construção de um sistema que componha o quarto módulo, testes de implantação e manutenção.

Como comentado na seção 2.3, essa metodologia trata das especificações dos protocolos OSI/ISO, desde a camada física até à de aplicação. Atualmente, os únicos protocolos considerados são os de acesso ao meio (MAC). A princípio, não existe uma ferramenta que supra a parte final da terceira etapa, mas existem muitos simuladores que podem ser utilizados nessa fase, como, por exemplo, o trabalho que está sendo desenvolvido na UNICAMP [21]. Da mesma forma, ainda não se definiu uma ferramenta para a quarta etapa dessa metodologia. As partes incompletas deste sistema ficam abertas para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] - Nazetta, R. M. - "Um Sistema Baseado em Conhecimento para Configuração e Supervisão de Algoritmos de Controle Adaptativo" - Tese de Mestrado UNICAMP 1991.
- [02] - Guido, V. - "Uma Metodologia para Criação de Sistema de Apoio a Projetos" - Tese de Mestrado UNICAMP 1992.
- [03] - Hammond, J. L., O'Reilly, P. J. P. - "Performance analysis of local computer networks" - Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- [04] - Mendes, M. J. - "Redes de Comunicação OSI/ISO na Indústria" - UNICAMP/CONSAI, 1991.
- [05] - Giozza, W. F. et all - "Redes Locais de Computadores: Tecnologias e Aplicações" - McGraw-Hill, LTDA., 1986.
- [06] - Knisley J. R. - "Design and installation of local area networks" - EC&M, Oct 1985, pp 79-84.
- [07] - Karp, P. M., Socher, I. D. - "Design Local Area Networks" - Mini-Micro Systems, April, 1982.
- [08] - Wittlin R. I. and Ratner D. V. - "Choosing the best local area network for any application" - Computer Design, Feb 1985, pp 143-149.
- [09] - Tom, O'Connor - "Planning and installing the network" - I&CS - The industrial and process control magazine, Aug, 1985, pp 51-59.
- [10] - Richard, ST. J. - "Planning and building a local network" - Telephony, Sep, 21, 1981, pp 24-26.
- [11] - Locking, R. M. - "Choosing a data communications network" - The Journal of Business Strategy, Vol. 6, No. 3, 1986, pp 14-26.
- [12] - Cotton I. W. - "Planning for local area networks" - Computer Communcation Technologies for the 90's, J. Raviv(editor), Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland), 1988, pp 568-576.
- [13] - Crowley, F., Hussain, S. - "Planning Data Networks" - Telesis, Abr, 1979, pp 22-26.

## REFERÊNCIAS

---

- [14] - Gupta, V. P. - "What is network planning?" - IEEE Communications Magazine, Vol. 23, No. 10, Oct 1985, pp 10-16.
- [15] - Chianese A. and Santo M. De - "Methodology for LAN design" - Computer Communications, Vol 9, No. 4, Aug 1986, pp 177-185.
- [16] - Kagawa S. - "Network configuration methodology" - IEEE Network Magazine, Nov 1989, pp 20-32.
- [17] - Casali F. et all - "Methodology and tools for corporate networks planning" - Network Planning in the 1990's, L. Lada (editor), Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland), 1989, pp 189-195.
- [18] - Chardaire P. et all - "Corporate networking planning: the orient project of CNET" - Network Planning in the 1990's, L. Lada (editor), Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland), 1989, pp 181-187.
- [19] - Cynar L. et all - "Computer design networks by imitating the experts" - Data Communication, Apr 1986, pp 137-145.
- [20] - Kurose J. F. and Mouftah H. T. - "Computer aided modeling, analysis, and design of Communication networks" - IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 6, No. 1, Jan 1988, pp 130-145.
- [21] - Loyola, W. P. D. C. - "Ambiente de Simulação Baseado em conhecimento" - Tese de Doutorado em andamento na UNICAMP/FEE/DCA.
- [22] - Tanenbaum, A. S. - "Computer Networks" - Prentice-Hall International, Inc, 1987.
- [23] - Digital Equipment Corporation - "Digital Industrial Networks Guidebook" - Jun, 1988.
- [24] - Stacy, A. H. - "The Map Book: An Introduction to Industrial Networking" - Industrial Networking Incorporated, 1987.
- [25] - Baker, D. G. - "Local Area Networks with Fiber-optic Applications" - A Reston Book - Prentice Hall, 1986.
- [26] - Finley M. R. Jr. - "Optical fibers in local area networks" - IEEE Communications Magazine, Vol 22, No. 8, pp 23-35, 1984.



## REFERÊNCIAS

---

- [27] - Kincaid J. and McGowan P. - "Making the right cabling decisions" - Lantimes, Sep 1990, pp 102-109.
- [28] - Linde, Y. - "Networking FDDI LANs - with a twist" - Lantimes, Sep 1990, pp 49.
- [29] - Morris, H. M. - "Nothing works until it's hooked up by cable and wire" - Control Engineering, Mar 1991, pp 85-87.
- [30] - Mok, D. S. - "How much does a LAN cost, really?" - Computers Ind. Engineering, Vol 13, Nos. 1-4, pp 233-236, 1987.
- [31] - Germann, C. - "Ethernet Network Interface Cards, Token-Ring Network Interface Cards" - Lantimes, Aug, 1990, pp 68-80.
- [32] - Margot, A. B. - "Understand fiber optic" - Lantimes, Sep 1990, pp 198-203.
- [33] - Herskowitz, G. J., Merino, D. N., Tjellos, D. - "Fibre Optic LAN Systems and Costs" - Comput. Commun. (UK), Vol 13, No. 1, P 37-47 (jan-feb 1990).
- [34] - Herskowitz, G. J., Warms, J. G. - "Fiber optic LAN topology, access protocols and standards" - Computer Communication, Vol 11, No. 5, Oct 1988, pp 227-233.
- [35] - Suh, S. Y. et all - "Fiber-Optic local area network topology" - IEEE Communication Magazine, Vol 24, No. 8, Aug 1986, pp 26-32.
- [36] - Sirbu, M. A., Reed, D. P. - "An optimal investment strategy model for fiber to the home" - CH2536 - IEEE 1988, pp 149-155.
- [37] - Shani, R. - "Fiber optic IEEE 802.3 CSMA/CD networks" - Computer Communcation Technologies for the 90's, J. Raviv(editor), Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland), 1988, pp 408-414.
- [38] - Sachs S. R. - "Alternative local area network access protocols" - IEEE Communications Magazine, Vol 26, No. 3, Mar 1988, pp 25-45.
- [39] - Soares, L. F. G. - "Redes Locais" - Editora Campus, 1986.
- [40] - ISO/IEC DIS 8802/4.2 - "Token-Passing Bus Access Method And Phisical Layer Specifications" - 1989.

## REFERÊNCIAS

---

- [41] - Zoghelb, S. G. - Monografia elaborada como requisito exigido para a conclusão da disciplina "Estudos Especiais" - UNICAMP/FEE/DCA, Jul 1990.
- [42] - Ibe, O. C. - "Introduction to local area networks for manufacturing and office systems" - IEEE Control Systems Magazine, Jun 1987, pp 36-42.
- [43] - Stallings, W. - "Local network performance" - IEEE Communication Magazine, Vol 22, No. 2, Feb 1984, pp 280-289.
- [44] - Baghdadi, A. A., Penney, B. K. - "Survey of computer communications loop networks: parts 1 and 2 - Computer Communications, Vol 2, 1979 pp 165-180 224-241.
- [45] - Bux, W. - "Performance issues in local area networks" - IBM Systems Journal, Vol 23, No. 4, 1984, pp 296-319.
- [46] - Werner, B. et all - "Architecture and design of a reliable token-ring network" - Advances in Local Area Networks, Cap. 5, pp 67-80, SNT.
- [47] - Bux, W. - "Local area subnetworks: a performance comparison" - IEEE Transaction on Communication, Vol-COM 29, No. 10, Oct 1981, pp 1465-1473.
- [48] - Werner, B. - "Performance issues in local area networks" - IBM Systems Journal, Vol 23, No. 4, 1984, pp 296-319.
- [49] - Shoch, J. F., Hupp, J. A. - "Measured performance of an Ethernet local network" - Commun. Ass. Comput. Mach., Vol 23, 1980, pp 711-721.
- [50] - Liu, M. T., et all - "Performance evaluation of channel access protocols for local computer networks" - Proc. COMPCON Fall '82, 1982, pp 417-426.
- [51] - Kummerle, K., Reiser, M. - "Local area networks - major technologies and trends" - Advances in Local Area Networks, Cap. 1, pp 2-26, SNT.
- [52] - Luczar, M. - "Interconnecting Networks" - Lantimes, Oct 1990, pp 61-63.
- [53] - Hawe, B., Kirby, A., Stewart B. - "Transparent Interconnection of Local Area Networks with Bridges" - J. Telecommunic. Networks, Vol. #. Nº 2, pp 116-130.

## REFERÊNCIAS

---

- [54] - Nilsson N. L. - "Principles of Artificial Intelligence" - Springer Verlage, Berlin Heipelberg New York, 1982.
- [55] - Thuraisingham B. M. - "An expert network simulation and design system" - SPIE Vol. 1095 Applications of Artificial Intelligence VII (1989), pp 735-741.
- [56] - Nakajima I. et All - "Private network design method based on AI technology" - Network Planning in the 1990, Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland), 1989.
- [57] - Johnson M. L. et all - "Expert system for LAN media selection" - Center for Intelligent Systems, Data System Re-search and Development Program, Oak Ridge, TN 37831- 6100, 1988.
- [58] - Gupta, V. P - "What is network planning?" - IEEE Communication Magazine, Vol 23, No. 10, Oct 1985, pp 10-16.
- [59] - Gould E. P. and Pack C. D. - "Communications network planning in the evolving information age" - IEEE Communication Magazine, Vol 25, No. 9, Sep 1985, pp 22-29.
- [60] - Bradford T H. - "The Design of Departamental LANs" - DEC Professional, (USA), Vol 8, No. 9, P 44-46, Sep 89, P 48-51.
- [61] - Graft, D., Pabrai M., Udai, P. - "Methodology for Network Security Design" - IEEE Communication Magazine, Nov 1990, pp 52-58.
- [62] - Allan, B. - "What Managers Really Need to Know About LANs" - IEEE Network Magazine, Nov 1989, pp 15-19.
- [63] - Jensen W. - "Local Area Networks - Technical Issues, User Services, Social Impact" - Local Computer Networks, North-Holland Publishing Company, IFIP, 1982.
- [64] - Bertrand P. - "Guidelines for an Informatics Architecture for Public Administrations and Large Organizations" - European Teleinformatics Conference, EUTECO'88, Apr 1988.
- [65] - Backer, W. de - "Guidelines for an Informatics Architecture" - Proc. of the Spring, EUUG Spring'89, Apr 1989.

## REFERÊNCIAS

---

- [66] - Dunbar R. N. - "Design considerations for broadband coaxial systems" - IEEE Communications Magazine, Vol 24, No. 6, 1986, pp 24-37.
- [67] - Kummerle, K., Reiser, M. - "Local Area Communication Networks - An Overview" - J. Telecommun. Networks, Vol 1, 1982, pp 349-370.
- [68] - Montrose J. K. - "How to find the true cost of a local area network" - Data Communications, Apr 1986, pp 179-191.
- [69] - Thom, D. - "Tips on LAN Cabling System Selection" - Lantimes, Oct 22, 1990, pp 107-109.
- [70] - Ferris D. - "Figuring the real cost of operating a PC network" - Lantimes, May 20, 1991, pp 51-52.
- [71] - Watson, R. - "Which LAN?" - Byte (IBM Special Edition), Fall 1989, pp 195-200.
- [72] - Kerr, S. - "Fiber Cracks the US\$10,000 Barrier" - Datamation, Jan 1991, pp 59-60.
- [73] - Udell, J., Mitchell R. - "Networks of Peers" - Byte, Jun 1990, pp 142-162.
- [74] - Caiado, G. et al - "Arquitetura da Informação da Área da Aclaria" - Nov 1990, Timóteo: Acesita, 1V.

# ANEXO 1

```
*****
* REGRAS PARA O ENCADEAMENTO REVERSO
*****

regra_1PC_er <|
  se 'o procedimento de consulta' eh interativo
  entao
    'o tipo de consulta' esta disponivel.

regra_2PC_er <|
  se 'o procedimento de consulta' 'nao eh' interativo
  e interesse 'a sub-rede'
  entao
    'o tipo de consulta' esta disponivel.

regra_1PI_er <|
  se 'o tipo de consulta' esta disponivel
  e 'os parametros de projeto inicial' estao disponiveis
  e consulte 'projeto.ari'
  entao
    'projeto inicial'.

regra_1PE_er <|
  se 'o tipo de consulta' esta disponivel
  e 'os parametros para expansao de projeto' estao disponiveis
  e consulte 'expansao.ari'
  entao
    'expansao de projeto'.

regra_1IR_er <|
  se 'o tipo de consulta' esta disponivel
  e 'os parametros para interligacao de LANS' estao disponiveis
  e consulte 'interlig.ari'
  entao
    'interligacao de LANS'.

regra_2PI_er <|
  se 'o ambiente de trabalho' esta disponivel
  e 'os multiservicos' estao disponiveis
  e 'o numero de nos' esta disponivel
  e interesse 'a distancia maxima da LAN'
  e 'a taxa de transmissao' esta disponivel
  entao
    'os parametros de projeto inicial' estao disponiveis.

regra_3PI_er <|
  se interesse 'o numero de nos'
  entao
    'o numero de nos' esta disponivel.

regra_4PI_er <|
  se interesse 'a taxa de transmissao'
  entao
    'a taxa de transmissao' esta disponivel.

regra_5PI_er <|
  se 'os multiservicos' sao utilizados
  entao
    'os multiservicos' estao disponiveis.

regra_6PI_er <|
  se 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
  entao
    'os multiservicos' estao disponiveis.

regra_7PI_er <|
  se interesse 'o ambiente de trabalho'
  e 'o ambiente de trabalho' eh industrial
  e 'o tipo de aplicacao' esta disponivel
  e interesse 'a amplitude do ruido'
  e 'o nivel de ruido' != 'a amplitude do ruido'
  entao
    'o ambiente de trabalho' esta disponivel.

regra_8PI_er <|
  se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
  entao
    'o ambiente de trabalho' esta disponivel.

regra_9PI_er <|
  se 'algumas aplicacoes' sao 'executadas em tempo-real'
  entao
    'o tipo de aplicacao' esta disponivel.

regra_10PI_er <|
  se 'algumas aplicacoes' 'nao sao' 'executadas em tempo-real'
  entao
    'o tipo de aplicacao' esta disponivel.

regra_2PE_er <|
  se 'a configuracao antiga' esta disponivel
  e 'acrescimos na distancia' esta disponivel
  e 'acrescimos na taxa de transmissao' esta disponivel
  e 'acrescimos no numero de nos' esta disponivel
  e 'o ambiente de trabalho' esta disponivel
  e 'os multiservicos' estao disponiveis
  entao
    'os parametros para expansao de projeto' estao disponiveis.

regra_3PE_er <|
  se interesse 'o meio fisico antigo'
  e interesse 'a topologia antiga'
  e interesse 'o metodo de acesso antigo'
  e interesse 'a distancia antiga'
  e interesse 'a taxa de transmissao antiga'
  e interesse 'o numero de nos antigos'
  entao
    'a configuracao antiga' esta disponivel.
```

```

regra_4PE_er <|
se 'acrescimos na distancia' sao requeridos
e ingresse 'a distancia a acrescentar'
e 'a distancia maxima da LAN' != ('a distancia antiga' +
'a distancia a acrescentar')
entao
'acrescimos na distancia' esta disponivel.

regra_5PE_er <|
se 'acrescimos na distancia' 'nao sao' requeridos
e 'a distancia maxima da LAN' != 'a distancia antiga'
entao
'acrescimos na distancia' esta disponivel.

regra_6PE_er <|
se 'acrescimos na taxa de transmissao' sao requeridos
e ingresse 'a taxa de transmissao a acrescentar'
e 'a taxa de transmissao' != ('a taxa de transmissao antiga' +
'a taxa de transmissao a acrescentar')
entao
'acrescimos na taxa de transmissao' esta disponivel.

regra_7PE_er <|
se 'acrescimos na taxa de transmissao' 'nao sao' requeridos
e 'a taxa de transmissao' != 'a taxa de transmissao antiga'
entao
'acrescimos na taxa de transmissao' esta disponivel.

regra_8PE_er <|
se 'acrescimos no numero de nos' sao requeridos
e ingresse 'o numero de nos a acrescentar'
e 'o numero de nos' != ('o numero de nos antigos' +
'o numero de nos a acrescentar')
entao
'acrescimos no numero de nos' esta disponivel.

regra_9PE_er <|
se 'acrescimos no numero de nos' 'nao sao' requeridos
e 'o numero de nos' != 'o numero de nos antigos'
entao
'acrescimos no numero de nos' esta disponivel.

regra_2IR_er <|
se ingresse 'o numero de LANS'
e 'as caracteristicas das LANS' estao disponiveis
entao
'os parametros para interligacao de LANS' estao disponiveis.

regra_3IR_er <|
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e ingresse 'a topologia da primeira rede'
e ingresse 'a topologia da segunda rede'
e ingresse 'o meio fisico da primeira rede'
e ingresse 'o meio fisico da segunda rede'
e ingresse 'o metodo de acesso da primeira rede'
e ingresse 'o metodo de acesso da segunda rede'
e 'os multiservicos' estao disponiveis
e 'a presenca de redes padronizadas' esta disponivel
entao
'as caracteristicas das LANS' estao disponiveis.

regra_4IR_er <|
se 'o numero de LANS' 'eh maior ou igual que' 3
e 'os multiservicos' estao disponiveis
e 'a presenca de redes padronizadas' esta disponivel
entao
'as caracteristicas das LANS' estao disponiveis.

regra_5IR_er <|
se 'o projeto para interligacao' tem 'redes nao padronizadas'
entao
'a presenca de redes padronizadas' esta disponivel.

regra_6IR_er <|
se 'o projeto para interligacao' 'nao tem' 'redes nao padronizadas'
entao
'a presenca de redes padronizadas' esta disponivel.

```

\*\*\*\*\*  
\* REGRAS PARA PROJETO INICIAL \*  
\*\*\*\*\*

```
regra_1_ef 1)
se 'os multiservicos' sao utilizados
e 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
entao
'a topologia' eh 'em barramento-arvore'
e 'o metodo de acesso' eh 'FDM'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-varios canais'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor do modem'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface FDM' + 'o valor do headend'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband')
e 'podem existir canais reservados para redes locais com o protocolo especifico'
e 'suspeito que seja especificado os canais alocados as aplicacoes'
e 'o custo de projeto para cabo duplo eh o dobro do calculado'

regra_2_ef 1)
se 'os multiservicos' sao utilizados
e 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'algumas aplicacoes' 'nao sao' 'executadas em tempo-real'
entao
'a topologia' eh 'em barramento-arvore'
e 'o metodo de acesso' eh 'FDM'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-varios canais'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor do modem'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface FDM' + 'o valor do headend'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband')
e 'podem existir canais reservados para redes locais com o protocolo especifico'
e 'suspeito que seja especificado os canais alocados as aplicacoes'
e 'o custo de projeto para cabo duplo eh o dobro do calculado'

regra_3_ef 1)
se 'os multiservicos' sao utilizados
e 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'algumas aplicacoes' 'sao' 'executadas em tempo-real'
entao
'a topologia' eh 'em barramento-arvore'
e 'o metodo de acesso' eh 'FDM'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-varios canais'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor do modem'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface FDM' + 'o valor do headend'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband')
e 'as aplicacoes executadas em tempo-real devem ser alocadas em um canal com o metodo de acesso TOKEN-BUS
ou um canal para cada aplicacao'
e 'suspeito que seja especificado os canais alocados as aplicacoes'
e 'o custo de projeto para cabo duplo eh o dobro do calculado'

regra_4_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'sao' 'executadas em tempo-real'
e 'o ambiente' 'tem' 'ruido'
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico') * 'o valor do repetidor optico'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico')
ou
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico')
+ 'o valor do repetidor optico' + (('o numero de nos' // 8) + 1) * 'o valor do concentrador optico').

regra_5_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'sao' 'executadas em tempo-real'
e 'o ambiente' 'nao tem' 'ruido'
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico') * 'o valor do repetidor optico')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband').

regra_6_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'a taxa de transmissao' eh menor ou igual que '34359738368 X32Mbps'
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'nao sao' 'executadas em tempo-real'
e 'o ambiente' 'tem' 'ruido'
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico') * 'o valor do repetidor optico')
ou
```

```

'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico')
ou
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico')
* 'o valor do repetidor optico' + (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o valor do concentrador optico').

regra_7_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'a taxa de transmissao' eh menor ou igual que '34359738368 X32Mbps'
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'nao sao' 'executadas em tempo-real'
e 'o ambiente' 'nao tem' ruido
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite baseband') * 'o valor do repetidor baseband')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico') * 'o valor do repetidor optico')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico')
ou
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico')
* 'o valor do repetidor optico' + (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o valor do concentrador optico').

regra_8_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' eh menor ou igual que '2 XKm'
e 'o numero de nos' eh menor ou igual que '50'
e 'a taxa de transmissao' eh menor ou igual que '2684354560 X2.5Mbps'
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite baseband') * 'o valor do repetidor baseband')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite ptrançado') * 'o valor do repetidor ptrançado')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado').

regra_9_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' eh menor ou igual que '2 XKm'
e 'o numero de nos' eh menor ou igual que '50'
e 'a taxa de transmissao' eh maior que '2684354560 X2.5Mbps'
e 'a taxa de transmissao' eh menor ou igual que '17179869184 X16Mbps'
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador')
ou

```



```

'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite baseband') * 'o valor do repetidor baseband')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite ptrançado') * 'o valor do repetidor ptrançado').

regra_10_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh 'escritorio'
e 'os multiservicos' 'nao sao' 'utilizados'
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 2 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 10 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 50
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 1073741824 XiMbps
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite baseband') * 'o valor do repetidor baseband')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite ptrançado') * 'o valor do repetidor ptrançado')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado').

regra_11_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh 'escritorio'
e 'os multiservicos' 'nao sao' 'utilizados'
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 2 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 10 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 100
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 1073741824 XiMbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 10737418240 XiMbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite baseband') * 'o valor do repetidor baseband')
ou
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado')
ou
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite ptrançado') * 'o valor do repetidor ptrançado').

regra_12_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh 'escritorio'
e 'os multiservicos' 'nao sao' 'utilizados'
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 2 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 10 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 100
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 10737418240 XiMbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 25769803776 X24Mbps
entao

```

```

'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband')
OU
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador')
OU
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite baseband') * 'o valor do repetidor baseband')
OU
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado')
OU
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado')
+ 'o valor do repetidor ptrançado')
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite ptrançado') * 'o valor do repetidor ptrançado')
regra_13_ef 1)
e 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 1 XKm
e 'o numero de nos' 'eh maior que' 50
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 100
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 2684354560 X2.5Mbps
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite baseband') * 'o valor do repetidor baseband')
OU
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial baseband'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo baseband')
OU
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband'
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador')
OU
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado')
+ 'o valor do repetidor ptrançado')
+ (('a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite ptrançado') * 'o valor do repetidor ptrançado')
OU
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'par trançado'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo ptrançado')
regra_14_ef 1)
e 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh maior que' 50
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 126
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 17179869184 X16Mbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 34359738368 X32Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico')
regra_15_ef 1)
e 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh maior que' 50
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 126
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 2684354560 X2.5Mbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 34359738368 X32Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := ('o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico')
regra_16_ef 1)
e 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'sao' executadas em tempo-real'
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 16
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 34359738368 X32Mbps
entao

```

```

'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico' ).

repra_17_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh maior que' 16
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 126
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 34359738368 X32Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico' ).

repra_18_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'nao sao' 'executadas em tempo-real'
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 16
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 34359738368 X32Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico' )
ou
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'TDMA'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface TDMA'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (( 'a distancia maxima da LAN' * 1000 ) // 'o limite optico' )
* 'o valor do repetidor optico' + (( 'o numero de nos' // B ) + 1 ) * 'o valor do concentrador optico' ).

repra_19_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 126
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 636870912 X0.5Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico' ).

repra_20_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2.8 XKm
e 'o numero de nos' 'eh maior que' 200
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 1000
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 10737418240 X10Mbps
entao
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (( 'a distancia maxima da LAN' * 1000 ) // 'o limite optico' )
* 'o valor do repetidor optico' + (( 'o numero de nos' // B ) + 1 ) * 'o valor do concentrador optico' ).

repra_21_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'nao sao' 'executadas em tempo-real'
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2.8 XKm
e 'o numero de nos' 'eh maior que' 200
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 1000
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 10737418240 X10Mbps
entao
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'CSMA/CD'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface CSMA/CD'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (( 'a distancia maxima da LAN' * 1000 ) // 'o limite optico' )
* 'o valor do repetidor optico' + (( 'o numero de nos' // B ) + 1 ) * 'o valor do concentrador optico' ).

repra_22_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 16
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 34359738368 X32Mbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 107374182400 X100Mbps
entao
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'TDMA'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface TDMA'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (( 'a distancia maxima da LAN' * 1000 ) // 'o limite optico' )
* 'o valor do repetidor optico' + (( 'o numero de nos' // B ) + 1 ) * 'o valor do concentrador optico' ).

repra_23_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'algumas aplicacoes' 'nao sao' 'executadas em tempo-real'
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 2 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 16
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 34359738368 X32Mbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 107374182400 X100Mbps
entao

```

```

'a topologia' eh 'em estrela'
'o metodo de acesso' eh 'TDMA'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface TDMA'
+ 0.2 * 'o numero de nos' * (( 'a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite optico')
+ 'o valor do repetidor optico' + (( 'o numero de nos' // 8) + 1) * 'o valor do concentrador optico').

regra_24_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 2 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 7 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 50
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 34359736368 X32Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico').

regra_25_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 7 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 100 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 54
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 35433480192 X33Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico').
ou
'a topologia' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso' eh 'TDMA'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TDMA'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico').

regra_26_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 100 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 576 XKm
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 54
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 35433480192 X33Mbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TDMA'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TDMA'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico').

regra_27_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 1 XKm
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 100 XMbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 549755813888 X16bps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico').

regra_28_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 2 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 100 XKm
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 35433480192 X33Mbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 161061273600 X150Mbps
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-canal unico'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor do modem'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ (( 'a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband').

regra_29_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh escritorio
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh maior que' 1 XKm
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 100 XKm
e 'a taxa de transmissao' 'eh maior que' 161061273600 X150Mbps
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 549755813888 X100Gbps
entao
'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o meio fisico' eh 'fibra optica'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-RING'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo optico').

regra_30_ef 1)
se 'o ambiente de trabalho' eh industrial
e 'os multiservicos' 'nao sao' utilizados
e 'o ambiente' 'nao tem' ruido
e 'algumas applicacoes' 'sao executadas em tempo-real'
e 'o numero de nos' 'eh menor ou igual que' 20
e 'a distancia maxima da LAN' 'eh menor ou igual que' 1 XKm
e 'a taxa de transmissao' 'eh menor ou igual que' 5368709120 X5Mbps
entao
'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o meio fisico' eh 'coaxial carrierband'
e 'o custo de projeto' := (( 'o numero de nos' * 'o valor do modem'
+ 'o numero de nos' * 'o valor da interface TOKEN-BUS'
+ (( 'a distancia maxima da LAN' * 1000) // 'o limite broadband') * 'o valor do amplificador'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o valor do cabo broadband').

```

\*\*\*\*\*  
 \* REGRAS PARA EXPANSAO DE PROJETO \*  
 \*\*\*\*\*

```
regra_EX12_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em barramento'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos a acrescentar' * 'o custo interface'
+ (('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000)
- 'a distancia antiga' * 1000) * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia maxima da LAN' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX13_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em barramento'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos' * 'o custo interface'
+ (('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000)
- 'a distancia antiga' * 1000) * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia maxima da LAN' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX14_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em barramento'
e 'o meio fisico antigo' nao eh igual a 'o meio fisico'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos' * 'o custo interface'
+ (('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000) * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia maxima da LAN' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX15_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em anel'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos a acrescentar' * 'o custo interface'
+ (('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000)
- 'a distancia antiga' * 1000) * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia maxima da LAN' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX16_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em anel'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos' * 'o custo interface'
+ (('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000)
- 'a distancia antiga' * 1000) * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia maxima da LAN' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX17_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em anel'
e 'o meio fisico antigo' nao eh igual a 'o meio fisico'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos' * 'o custo interface'
+ (('o numero de nos' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000) * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia maxima da LAN' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (('o numero de nos' // B) + 1) * 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX18_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em estrela'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
e 'a distancia antiga' eh menor que 'o limite repetidor'
entao
'a distancia da rede' := (('a distancia antiga' + 'a distancia a acrescentar')
e 'o valor da expansao' := ('o numero de nos a acrescentar' * 'o custo interface'
+ 'o numero de nos a acrescentar' * 'a distancia da rede' * 1000 * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia da rede' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (((o numero de nos' // B) + 1) - ((o numero de nos antigos' // B) + 1))
* 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX19_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em estrela'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
e 'a distancia antiga' eh maior que 'o limite repetidor'
entao
'a distancia da rede' := (('a distancia antiga' - ('a distancia antiga' // 'o limite repetidor'
* 'o limite repetidor') + 'a distancia a acrescentar')
e 'o valor da expansao' := ('o numero de nos a acrescentar' * 'o custo interface'
+ 'o numero de nos a acrescentar' * 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia da rede' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (((o numero de nos' // B) + 1) - ((o numero de nos antigos' // B) + 1))
* 'o custo do HUB').
```

```
regra_EX20_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em estrela'
e 'a topologia antiga' eh 'em estrela'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
e 'a distancia antiga' eh menor que 'o limite repetidor'
entao
'a distancia da rede' := (('a distancia antiga' + 'a distancia a acrescentar')
e 'o valor da expansao' := ('o numero de nos' * 'o custo interface'
+ 'o numero de nos a acrescentar' * 'a distancia da rede' * 1000 * 'o custo do meio'
+ 0.2 * (('a distancia da rede' * 1000 // 'o limite repetidor') * 'o custo repetidor'
+ (((o numero de nos' // B) + 1) - ((o numero de nos antigos' // B) + 1))
* 'o custo do HUB').
```





```

regra_EX43_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em anel'
e 'a topologia antiga' eh 'em estrela'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos a acrescentar' * 'o custo interface').

regra_EX44_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em anel'
e 'a topologia antiga' eh 'em estrela'
e 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos' * 'o custo interface').

regra_EX45_ef 1)
se 'a topologia' eh 'em anel'
e 'a topologia antiga' eh 'em estrela'
e 'o meio fisico antigo' nao eh igual a 'o meio fisico'
entao
'o valor da expansao' := ('o numero de nos' * 'o custo interface'
+ 'a distancia maxima da LAN' * 1000 * 'o custo do meio').

regra_EX46_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'a rede antiga suporta a expansao proposta'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam realizadas apenas as expansoes em questao'.

regra_EX47_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o metodo de acesso' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam realizadas mudancas nos protocolos de acesso ao meio'.

regra_EX48_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' nao eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'a topologia' nao eh 'a mesma da rede antiga'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam utilizados os mesmos meios fisicos e as interfaces de rede'.

regra_EX49_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' nao eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'a topologia' nao eh 'a mesma da rede antiga'
e 'o metodo de acesso' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam utilizados os meios fisicos na rede proposta'.

regra_EX50_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' nao eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o meio fisico' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'a topologia' eh 'a mesma da rede antiga'
e 'o metodo de acesso' eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam implementado novo meio fisico ou que se utilize parte do existente na partes
menos criticas da rede local, atraves de conversores'.

regra_EX51_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' nao eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o meio fisico' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'a topologia' eh 'a mesma da rede antiga'
e 'o metodo de acesso' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam implementado novo meio fisico ou que se utilize parte do existente na partes
menos criticas da rede local, atraves de conversores'.

regra_EX52_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' nao eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' nao eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o meio fisico' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'a topologia' nao eh 'a mesma da rede antiga'
e 'o metodo de acesso' eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam implementado novo meio fisico ou que se utilize parte do existente na partes
menos criticas da rede local, atraves de conversores'.

regra_EX53_ef 1)
se 'o meio fisico antigo' nao eh igual a 'o meio fisico'
e 'a topologia antiga' nao eh igual a 'a topologia'
e 'o metodo de acesso antigo' nao eh igual a 'o metodo de acesso'
entao
'o meio fisico' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'a topologia' nao eh 'a mesma da rede antiga'
e 'o metodo de acesso' nao eh 'o mesmo da rede antiga'
e 'o custo da expansao' := 'o valor da expansao'
e 'sugiro que sejam implementado novo meio fisico ou que se utilize parte do existente na partes
menos criticas da rede local, atraves de conversores'
e 'sugiro que sejam realizadas mudancas nos protocolos de acesso ao meio'.

```



\*\*\*\*\*  
REGRAS PARA INTERLIGACAO DE LANS  
\*\*\*\*\*

```
regra_I1_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'CSMA/CD'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'CSMA/CD'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I2_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-BUS'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-BUS'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I3_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-RING'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-RING'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I4_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'CSMA/CD'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em estrela'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'CSMA/CD'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I5_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'CSMA/CD'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-BUS'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I6_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-BUS'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'CSMA/CD'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I7_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'CSMA/CD'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-RING'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I8_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-RING'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'CSMA/CD'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I9_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-BUS'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-RING'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I10_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-RING'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-BUS'
entao
'o sistema intermediario' eh ponte
e 'o custo da interligacao' := 'o valor da ponte'.

regra_I11_ef 1)
se 'o numero de LANS' 'eh igual a' 2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-BUS'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em malha'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'X.25'
entao
'o sistema intermediario' eh roteador
e 'o custo da interligacao' := 'o valor do roteador'.
```

```

regra_I14_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh igual a '2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em malha'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'X.25'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-BUS'
entao
'o sistema intermediario' eh roteador
e 'o custo da interligacao' := 'o valor do roteador'

regra_I15_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh igual a '2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'CSMA/CD'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em malha'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'X.25'
entao
'o sistema intermediario' eh roteador
e 'o custo da interligacao' := 'o valor do roteador'

regra_I16_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh igual a '2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em malha'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'X.25'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'CSMA/CD'
entao
'o sistema intermediario' eh roteador
e 'o custo da interligacao' := 'o valor do roteador'

regra_I17_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh igual a '2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'TOKEN-RING'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em malha'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'X.25'
entao
'o sistema intermediario' eh roteador
e 'o custo da interligacao' := 'o valor do roteador'

regra_I18_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh igual a '2
e 'a topologia da primeira rede' eh 'em malha'
e 'o metodo de acesso da primeira rede' eh 'X.25'
e 'a topologia da segunda rede' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso da segunda rede' eh 'TOKEN-RING'
entao
'o sistema intermediario' eh roteador
e 'o custo da interligacao' := 'o valor do roteador'

regra_I19_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh igual a '2
e 'o projeto para interligacao' tem 'redes nao padronizadas'
entao
'o sistema intermediario' eh gateway
e 'o custo da interligacao' := 'o valor do gateway'
e 'sugiro que pesquise no mercado, o gateway adequado para a interligacao das respectivas LANS (protocolos)'.

regra_I20_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh maior ou igual que '3
e 'os multiservicos' sao utilizados
e 'o projeto para interligacao' tem 'redes nao padronizadas'
entao
'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-varios canais (backbone)'
e 'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o custo da interligacao' := ('o numero de LANS' * 'o valor do gateway')
e 'sugiro que verifique quais redes sao padronizadas ou nao para a utilizacao de pontes e gateways,
além da alocao dos canais a cada aplicacao (rede)'.

regra_I21_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh maior ou igual que '3
e 'os multiservicos' nao sao utilizados
e 'o projeto para interligacao' tem 'redes nao padronizadas'
entao
'o meio fisico' eh 'fibra optica (backbone)'
e 'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o custo da interligacao' := ('o numero de LANS' * 'o valor do gateway')
e 'sugiro que verifique quais redes sao padronizadas ou nao para a utilizacao de pontes e gateways'.

regra_I22_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh maior ou igual que '3
e 'os multiservicos' sao utilizados
e 'o projeto para interligacao' nao tem 'redes nao padronizadas'
entao
'o meio fisico' eh 'coaxial broadband-varios canais (backbone)'
e 'a topologia' eh 'em barramento'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-BUS'
e 'o custo da interligacao' := ('o numero de LANS' * 'o valor da ponte')
e 'sugiro que verifique os metodos de acesso, topologias e meios fisicos de todas as LANS para a
utilizacao de pontes ou roteadores, além da alocao dos canais a cada aplicacao (rede)'.

regra_I23_ef 1)
se 'o numero de LANS' eh maior ou igual que '3
e 'os multiservicos' nao sao utilizados
e 'o projeto para interligacao' nao tem 'redes nao padronizadas'
entao
'o meio fisico' eh 'fibra optica (backbone)'
e 'a topologia' eh 'em anel'
e 'o metodo de acesso' eh 'TOKEN-RING'
e 'o custo da interligacao' := ('o numero de LANS' * 'o valor da ponte')
e 'sugiro que verifique os metodos de acesso, topologias e meios fisicos de todas as LANS para a
utilizacao de pontes ou roteadores'.

```

ANEXO 2

CAR\_EOP1

Características dos Equipamentos Existentes

Sub-Rede

Características =>

Equipamentos

Modelo (Fabricante)	CPU	Quantidade de Memória	Nº de Portas Seriais	Sistema Operacional	Periféricos Conectados

ANEXO 2B

CAR\_EOP2

Características dos Equipamentos Existentes

Sub-Rede

Características =>

Equipamentos

Modelo (Fabricante)	CPU	Quantidade de Memória	Nº de Portas Seriais	Sistema Operacional	Periféricos Conectados

Finalidade: Fornecer as características dos equipamentos que vão ser integrados à rede.  
 Sub-Rede: Nome da sub-rede (se conhecida) onde se localiza(m) o(s) equipamento(s) em questão.  
 Modelo/Fabricante: Fabricante e/ou modelo do equipamento.  
 CPU: Tipo da Unidade Central de Processamento.  
 Quantidade de Memória: Memória primária (RAM), em Kbytes, do equipamento.  
 Número de Portas Seriais: Número de portas seriais disponíveis no equipamento.  
 Sistema Operacional/Versão: Tipo e versão do Sistema Operacional utilizado.  
 Periféricos conectados: Indicar todos os periféricos conectados diretamente ao equipamento.

<b>TRANSAD</b>		Transfêrencia de Dados	
Equipamento	Sub-Rede	=>	
Equipamento		Equipamento	

No.	Aplicação		Atraso Máximo (opcional)	Tamanho das mensagens (em bits)	Tráfego em bits/s	
	Nome	Frequência concorrência			média	pico

Finalidade: Listar as aplicações que requerem a troca de dados, para cada par de equipamentos. Equipamento/Sub-Rede: Nome e sub-rede (se conhecida) onde se localiza o equipamento comunicante a ser conectado à rede.

No.: Número da aplicação.

Nome: Nome da aplicação que requer troca de dados entre os equipamentos.

Frequência: É a frequência de execução de uma aplicação, em minutos, que são executadas simultaneamente (concorrentemente).

Concorrência: Este campo é preenchido com os números das aplicações que são executadas simultaneamente (concorrentemente).

Atraso máximo: É o tempo máximo de propagação de mensagens aceitável por uma dada aplicação.

Tamanho das mensagens: É o tamanho típico das mensagens geradas pela aplicação, em bits.

Tráfego (média/pico): transferência de dados média e de pico para cada aplicação, em bits/s. (somente p/aplicações tipo "online").

OBS: Outro formulário idêntico deve ser preenchido para a transferência de dados do segundo equipamento para o primeiro.

ANEXO 2D

<b>TRAFEGO</b>		Tráfego de Equipamentos	
Equipamento	Sub-Rede	Bits/segundo	
Entrada	Média	Pico	
Saída	Média	Pico	

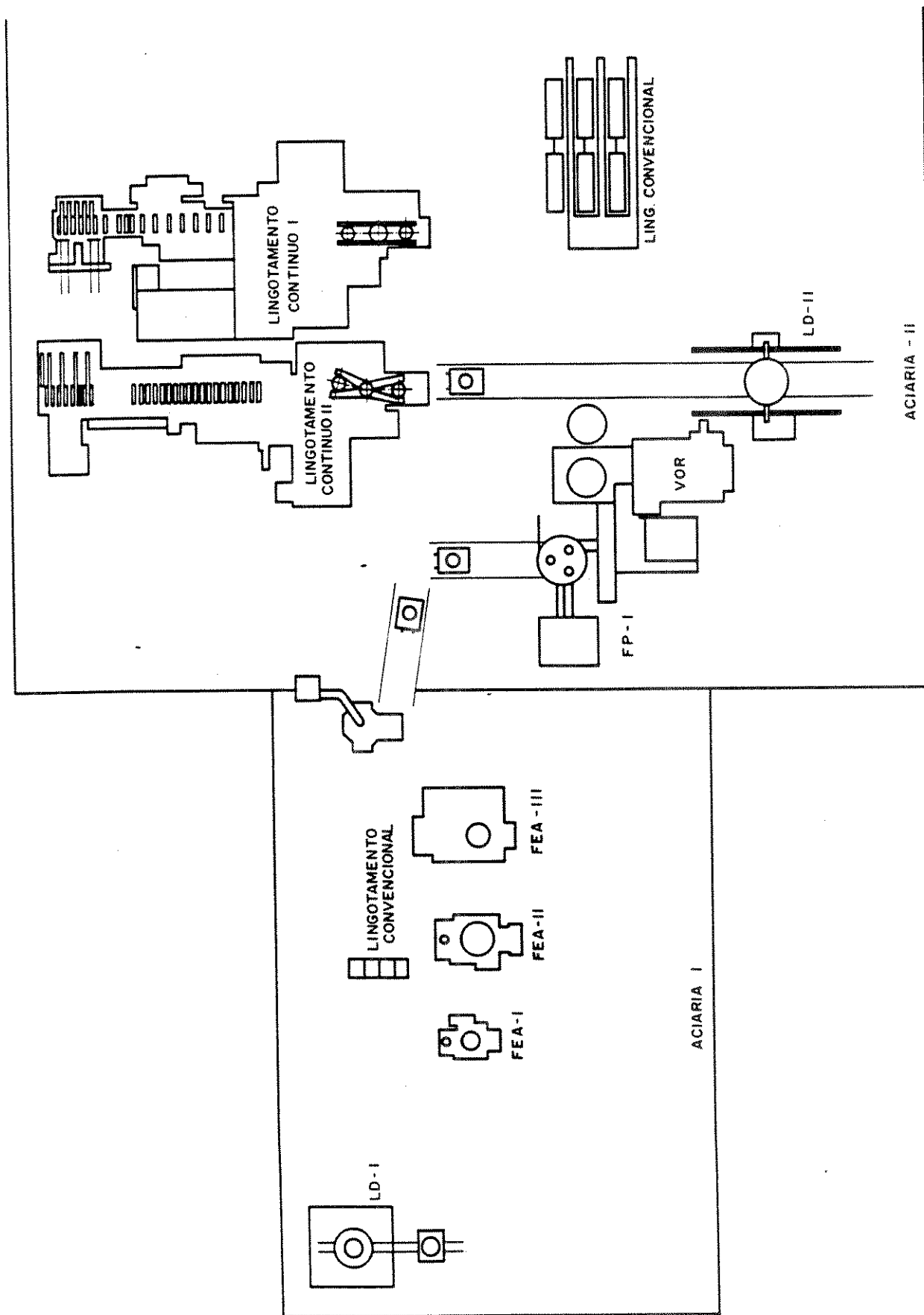
Finalidade: Determinar as características de tráfego (requisitos de taxa de comunicação) de cada dispositivo.

Preenchimento do formulário

1. Reunir todos os formulários (TRANSAD) que envolvam o equipamento em questão à esquerda.
2. Calcular o valor do tráfego (frequência X tamanho das mensagens) para cada aplicação. Preencher com este valor o campo tráfego médio.
3. Somar os tráfegos médios das aplicações que foram concorrentes e comparar os resultados com os valores de tráfego individuais. O maior valor será o tráfego de saída do equipamento.
4. O cálculo do valor de pico é análogo ao anterior

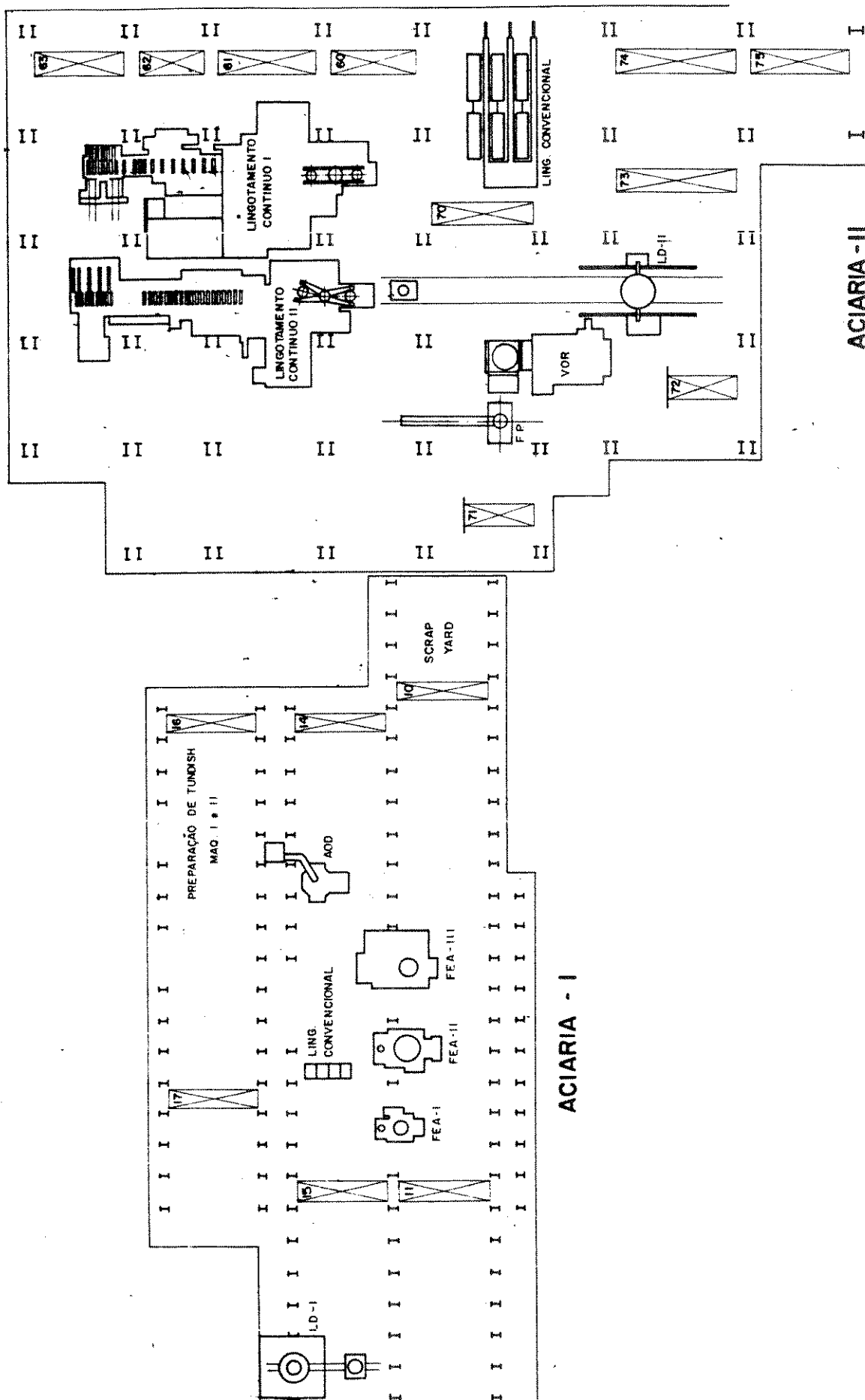


ANEXO 3





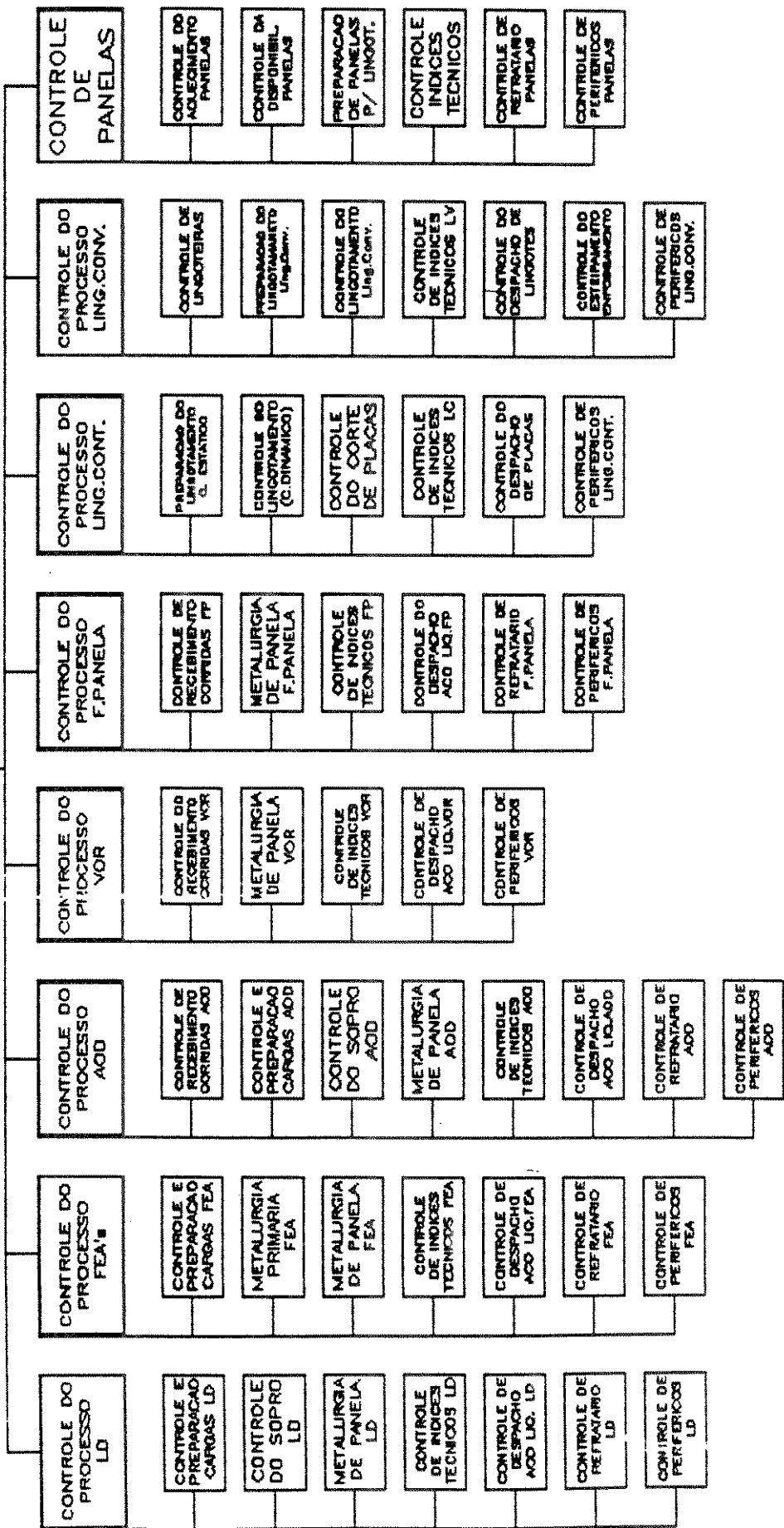
# ANEXO 5





# D.H. DO PROCESSO : CONTROLE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

## CONTROLE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO



ANEXO 7

TRANSAD

Transferência de Dados

Equipamento

Sub-Rede

Equipamento

=>

No.	Aplicação				Tamanho das mensagens (em bits)	Tráfego em bits/s	
	Nome	Frequência	concorrência	Atraso Máximo (opcional)		média	Pico
	FEA-CONV2	9			10		
	FEA-AOD	9			10		
	FEA-SUPER	18			10		
	AOD-CONV2	5			10		
	AOD-LC1	5			10		
	AOD-LC2	5			10		
	AOD-FF	5			10		
	AOD-SUPER	20			10		
	FP-LC1	6			10		
	FP-LC2	6			10		
	FP-CONV2	6			10		
	FP-VOR	6			10		
	FP-SUPER	24			10		
	VOR-LC2	8			10		
	VOR-LC1	8			10		
	VOR-FF	8			10		
	VOR-SUPER	24			10		
	LAB-FA	5			10		
	LAB-LD2	7			10		
	LAB-FF	5			10		
	LAB-VOR	5			10		
	LAB-AOD	5			10		
	LD2-FF	7			10		
	LD2-LC1	5			10		
	LD2-CONV2	5			10		
	LD2-LC2	5			10		
	LD2-VOR	5			10		
	LD2-SUPER	27			10		
	CONV2-SUPER	18			10		
	SUPER-AOD	20			90		
	SUPER-FA	18			90		
	SUPER-CONV2	18			90		
	SUPER-LD2	27			90		
	SUPER-VOR	24			90		
	SUPER-FF	24			90		

Equipamento	FEA	Sub-Rede	ACIARIA
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	7.0		
Salda	5.0		

Equipamento	AOD	Sub-Rede	ACIARIA
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	9.0		
Salda	5.0		

Equipamento	FP1	Sub-Rede	ACIARIA
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	12.0		
Salda	6.0		

Equipamento	VOR	Sub-Rede	ACIARIA
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	11.0		
Salda	6.0		

Equipamento	LD2	Sub-Rede	ACIARIA
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	11.0		
Salda	7.0		

Equipamento	SUPER	Sub-Rede	Aciaria
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	16.0		
Salda	47.0		

Equipamento	LAB	Sub-Rede	Aciaria
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	0		
Salda	4.0		

Equipamento	LC1	Sub-Rede	Aciaria
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	3.0		
Salda	0		

Equipamento	LC2	Sub-Rede	Aciaria
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	3.0		
Salda	0		

Equipamento	CONV2	Sub-Rede	Aciaria
	Bits/segundo		
	M dia		Pico
Entrada	10.0		
Salda	3.0		