Uma Plataforma de Testes de Funções de Gerenciamento TMN para Redes ATM

Marcelo Spindola Bacha (1) **Aloysio de Castro P. Pedroza (1, 2)**
Leandro Marques Rodrigues (1, 2) **Francisco Eduardo L. A. Santos (1, 2)**

(1) COPPE/UFRJ —Programa de Engenharia Elétrica
Caixa Postal 68504, CEP 21495-970, Rio de Janeiro, RJ
(2) EE/UFRJ — Departamento de Eletrônica

E-Mail: {dronsz, aloysio}@gta.ufrj.br

Resumo

Este trabalho apresenta o projeto e a especificação de uma plataforma de teste e simulação, desenvolvida para possibilitar a verificação de funções de gerenciamento (baseadas na arquitetura TMN) aplicadas a uma Interface Usuário-Rede (UNI) dentro de uma rede ATM. Toda a implementação foi modelada e está sendo especificada em linguagem de descrição formal (Estelle), utilizando-se as ferramentas que compõem o CAD Estelle desenvolvido pelo Grupo de Teleinformática e Automação (GTA) da COPPE/UFRJ.

Abstract

This paper presents the design and specification of a test and simulation platform, developed to allow the verification of management functions (based on the TMN architeture) applied to an User-Network Interface of an ATM network. The specification is modelled under a formal description language and implemented using the tools available in the Estelle CAD developed at COPPE/UFRJ (GTA).

1. Introdução

O crescente avanço na tecnologia de redes de computadores observado nos últimos anos tem tornado as arquiteturas dessas redes cada vez mais complexas, englobando uma diversidade de equipamentos e protocolos heterogêneos [OSAA94]. Uma das conseqüências mais imediatas dessa heterogeneidade é o aumento significativo de complexidade da tarefa de gerenciamento de redes. Com o intuito de divisar soluções para esta tarefa, o ITU-T (antigo CCITT) vem, desde 1988, pesquisando e desenvolvendo um

modelo global de arquitetura de gerenciamento de redes de telecomunicações, conhecido como TMN (*Telecommunications Management Network*).

O objetivo deste trabalho é propor uma arquitetura de gerenciamento, a partir da especificação, em linguagem formal, de um conjunto de funções descritas nas recomendações do CCITT, a serem aplicada a uma arquitetura de rede de alta velocidade que também tem obtido grande destaque nos últimos anos: o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Para tal, está sendo desenvolvido, a partir das ferramentas de especificação formal disponíveis nos laboratórios da COPPE/UFRJ, o protótipo de uma plataforma básica de implementação e teste de funções de gerenciamento TMN aplicadas a uma arquitetura ATM [BP96].

A seção 2 descreve alguns conceitos básicos da arquitetura TMN utilizados na definição da plataforma. Em seguida, na seção 3, é apresentada uma breve introdução ao modelo de referência ATM, bem como uma abordagem de conceitos específicos das funções de operação e manutenção do plano de gerenciamento e da Interface Provisória de Gerenciamento Local (ILMI), proposta pelo Fórum ATM. A seção 4 apresenta a especificação do modelo da plataforma, descrevendo a arquitetura adotada, as funções implementadas e as funcionalidades dos módulos do sistema. Por fim, na seção 5, encontram-se os comentários e as considerações finais a respeito do trabalho.

2. A Arquitetura TMN - Conceitos Básicos

As definições do modelo de gerenciamento TMN estão descritas em um conjunto de recomendações conhecido como série M.3000, publicadas pelo ITU-T. Em sua estrutura geral, três aspectos arquiteturais básicos [CCI92a] podem ser considerados separadamente:

- Arquitetura funcional;
- Arquitetura da informação;
- Arquitetura física.

2.1 Arquitetura Funcional

A arquitetura funcional TMN é representada por um conjunto de blocos funcionais, onde cada qual realiza suas funções específicas relativas ao transporte e processamento da informação de gerenciamento. Para tal, cada bloco implementa um número variável de componentes funcionais, tendo seus limites de serviço com outros blocos identificados a partir de pontos de referência, dispostos como mostrado na figura 1.

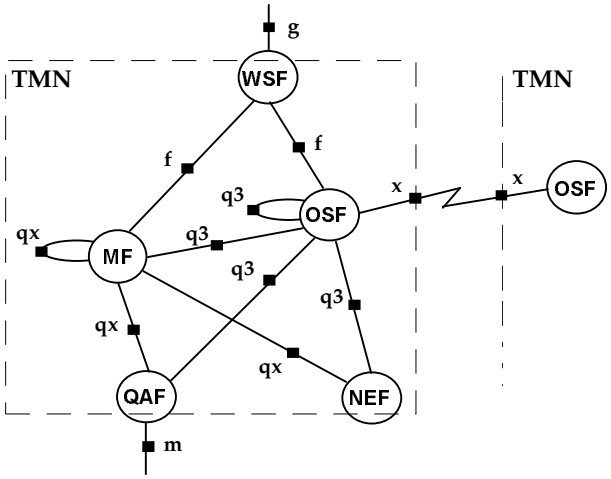

Figura 1: Modelo da arquitetura funcional TMN

Cada bloco funcional desempenha uma função específica. O OSF (*Operations Systems*) processa a informação de gerenciamento, monitorando, coordenando e controlando os recursos físicos e lógicos da rede; o NEF (*Network Element*) é o bloco funcional monitorado e/ou controlado, provendo as funções de telecomunicação e de suporte requeridas pela rede; o WSF (*Workstation*) provê os meios para o usuário interagir com o sistema; o MF (*Mediation*) manipula e trata a informação que trafega entre os blocos, e o QAF (*Q Adaptor*) é utilizado para fazer a interconexão de entidades que não suportam as interfaces TMN.

Os blocos funcionais, por sua vez, implementam os seguintes componentes funcionais:

- MAF — *Management Aplication Function*: é o componente que efetivamente implementa os serviços de gerenciamento;
- MIB — *Management Information Base*: é o repositório conceitual da informação de gerenciamento;
- ICF — *Information Conversion Function*: traduz o modelo informacional de uma interface para o de outra;
- PF — *Presentation Function*: traduz a informação para um formato apresentável na interface homem-máquina, e *vice-versa*;
- HMA — *Human Machine Adaptation*: converte a informação entre o modelo da MAF e o apresentado à PF;

- MCF — *Message Communication Function*: provê o mecanismo de troca de informação de gerenciamento, no formato de mensagens, entre os blocos funcionais que possuem interface física. É composta de uma pilha variável de protocolos que faz o acesso dos blocos funcionais à DCF (*Data Communication Function* — implementação dos níveis inferiores do modelo de referência OSI, ou equivalente).

2.2 Arquitetura da Informação

A estrutura básica de informação utilizada segue o modelo OSI de gerenciamento. São adotados os conceitos de gerente e agente, e seus respectivos relacionamentos com os objetos gerenciados [CCI92c]. O serviço CMIS (*Common Management Information Service*), oferecido pelo protocolo CMIP [Sta93], é utilizado nas operações e notificações de gerenciamento entre entidades gerentes e agentes.

2.3 Arquitetura Física

É a que estabelece o relacionamento dos blocos funcionais com o equipamento físico em si. São definidos blocos construtores, cada qual com uma correspondência direta aos blocos funcionais:

- OS — *Operations System*: implementa a OSF;
- MD — *Mediation Device*: implementa a MF;
- NE — *Network Element*: implementa a NEF;
- QA —*Q Adaptor*: implementa a QAF;
- WS —*Workstation*: implementa a WSF;
- DCN — *Data Communication Network*: implementa a DCF.

Também é definido um conjunto padronizado de interfaces, aplicadas a cada ponto de referência específico. São conhecidas como interfaces interoperáveis, e definem a suíte de protocolos utilizada, os procedimentos, o formato e a semântica das mensagens transportadas pelos protocolos [CCI92b].

2.4. Serviços e Funções de Gerenciamento

As atividades de gerenciamento que efetivamente fornecem o suporte aos aspectos de operação, administração e manutenção da rede gerenciada são chamadas de serviços de gerenciamento (TMN-MS — *Management Services*) [CCI92e]. Uma série de 19 serviços distintos é proposta nas recomendações, tais como medição de tráfego, gerenciamento de acessos, administração da

qualidade do serviço (QoS — *Quality of Service*), etc., enquanto outros serviços ainda estão sofrendo processo de identificação e estudo.

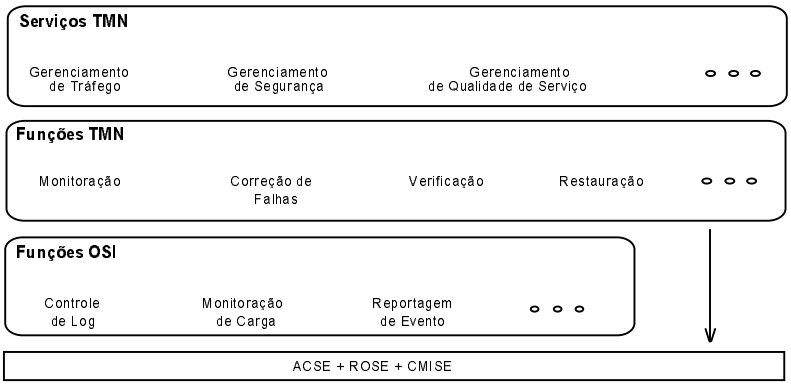

Figura 2: Relacionamento entre Serviços e Funções

O elemento de serviços se utiliza de um conjunto básico de funções de gerenciamento [CCI92f], que são os menores componentes de cada serviço. Há provisão para uma grande variedade de funções, divididas em cinco áreas funcionais: gerenciamento de desempenho, falhas, configuração, contabilidade e segurança.

Outras funções adicionais, como as definidas pelo modelo OSI de gerenciamento, também podem ser utilizadas. A figura 2 mostra o relacionamento entre os serviços de gerenciamento TMN e as funções de gerenciamento TMN e OSI.

3. Arquitetura ATM - Conceitos Básicos de Gerenciamento

A tecnologia ATM implementa técnicas de multiplexação de comutação de alta velocidade, oferecendo uma infra estrutura de transporte de alto desempenho. Foi portanto o modo de transferência empregado pelo ITU-T na definição da Rede Digital de Serviços Integrados — Faixa Larga (RDSI-FL) [Mon94].

Para acelerar os trabalhos de padronização, foi criado o Fórum ATM. Esse órgão tem sido o responsável pela publicação das especificações da Interface Usuário-Rede (UNI — *User-Network Interface*) [For96], contendo informações sobre os serviços ATM, opções de interface das camadas, sinalização, plano de gerenciamento, etc.

O modelo de referência ATM proposto, baseado nos princípios OSI de comunicação, é constituído pela camadas física, ATM, adaptação (AAL) e superiores. Dentre elas, a de maior interesse para nossa aplicação é a camada ATM, pois está presente na UNI (bem como a camada física, que é responsável pelos aspectos básicos da transmissão junto ao meio físico).

A camada ATM é responsável pelo empacotamento da informação em células e de sua transferência, a partir do estabelecimento de conexões. No processo de endereçamento, cada célula recebe um identificador, que indicará a interface a ser seguida em cada comutador participante da conexão. Esse identificador é composto por um par de campos hierárquicos, o identificador de canal virtual (VCI — *Virtual Channel Identificator*) e o identificador de caminho virtual (VPI — *Virtual Path Identificator*). Um caminho virtual engloba um número de canais virtuais, e é utilizado para o mapeamento de interfaces em comutadores intermediários.

O modelo ATM define três planos com funcionalidades distribuídas por todas as camadas: planos de controle, do usuário e de gerenciamento. Este último, de nosso particular interesse, possui duas funções básicas: a coordenação dos planos entre si, manipulando o sistema como um todo, e o controle das entidades de protocolo de cada camada, tratando cada fluxo específico de informação de operação e manutenção (OAM).

Muitos aspectos funcionais do plano de gerenciamento ainda estão sendo identificados e estudados [CCI92g]. Enquanto os padrões definitivos ainda não estão disponíveis, o Fórum ATM definiu uma interface provisória de gerenciamento local (ILMI — *Interim Local Management Interface*), que suporta a transferência bidirecional da informação de gerenciamento entre as entidades de gerenciamento da UNI.

Foi definida uma MIB específica (ILMI MIB), com informação sobre a UNI agrupada em classes contendo os seguintes atributos: (1) de sistema, (2) de interface física, (3) de nível ATM, (4) de caminho virtual, (5) de ABR para caminhos virtuais, (6) de canal virtual e (7) de ABR para canais virtuais.

Algumas funções de operação e manutenção também foram propostas. Elas são implementadas por meio de um tipo especial de célula ATM: a célula OAM. Dois fluxos distintos de células OAM são definidos: o F4, sobre conexões de caminhos virtuais (onde as células trafegam em um canal virtual específico) e o F5, sobre conexões de canais virtuais (onde as células trafegam pelo próprio canal, sendo identificadas pelo campo *Payload Type* no cabeçalho da célula).

Dentre as funcionalidades implementadas no plano de gerenciamento, podemos destacar: monitoração de desempenho (PM — *Performance Monitoring* — medição dos parâmetros de desempenho), relatório de falhas (geração e propagação dos sinais de alarme), detecção de continuidade (para

distinguir conexões com problemas de outras meramente ociosas), testes de *loop back* (para isolamento de falhas e verificação de continuidade fim-a-fim), etc.

4. Modelo da Plataforma de Gerenciamento

Devido à natureza recente das recomendações envolvidas e à constante evolução tecnológica e conceitual, existem muitos pontos em aberto, onde os trabalhos ainda estão sendo desenvolvidos. Essa é a motivação básica por trás do presente trabalho — fornecer uma plataforma de teste e simulação, especificada em uma linguagem formal, de alto nível, onde fosse possível estudar a aplicação de determinados conceitos de TMN em uma rede ATM [GN95].

4.1 Relacionamento com a Arquitetura TMN

O modelo implementado tem como objetivo o gerenciamento de uma uma Interface Usuário-Rede (UNI) específica em um comutador ATM. Dentro da arquitetura proposta, a UNI é mapeada em um elemento de rede, representado por um bloco NE da arquitetura física TMN. O bloco físico do sistema de operações (OS), por sua vez, representa uma estação de trabalho independente, conectada ao NE por meio de recursos de rede que implementam uma interface padrão Q_3 entre ambos.

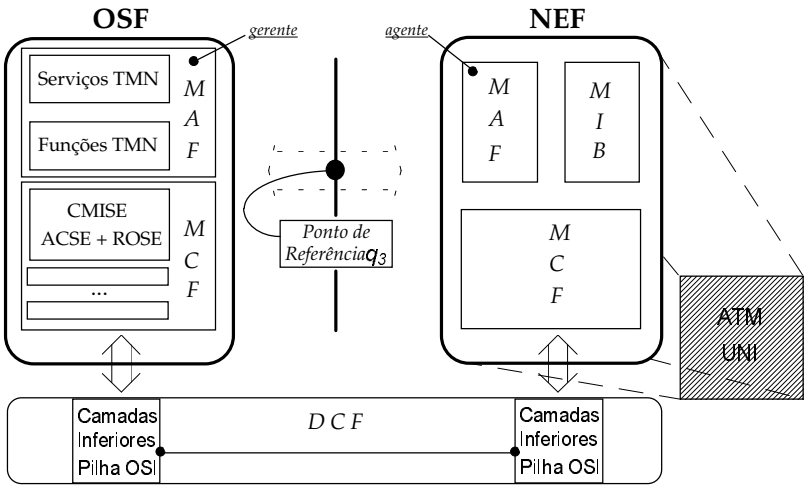

Figura 3: Arquitetura Funcional TMN Empregada no Modelo

Cada bloco físico define automaticamente os blocos funcionais, com seus respectivos componentes funcionais, conforme apresentado na figura 3.

4.2 Especificação dos Módulos Funcionais

Cinco módulos foram especificados, e suas funcionalidades podem ser identificadas em dois grupos distintos: módulos que participam do contexto da operação de gerenciamento em si e módulos que implementam a conexão ATM, oferecendo condições para a operação da UNI (figura 4).

No primeiro grupo, duas instâncias específicas de função de gerenciamento (OSF-MAF — no papel de gerente — e NEF-MAF — no papel de agente) são interconectadas através de um meio de comunicação representando os elementos comuns de aplicação: ACSE, ROSE e CMISE [LP94] (o topo da pilha de protocolos englobados pela MCF). O módulo que representa o elemento de rede, também implementa toda a MIB utilizada.

No segundo grupo, estão os módulos que implementam a conexão ATM (no caso, uma conexão de canal virtual — VCC). O próprio módulo NEF-MAF também faz parte desse grupo (pois contém funcionalidades específicas à implementação da VCC), além de um elemento de rede auxiliar (que mantém a VCC estabelecida) e um meio de comunicação (camada ATM).

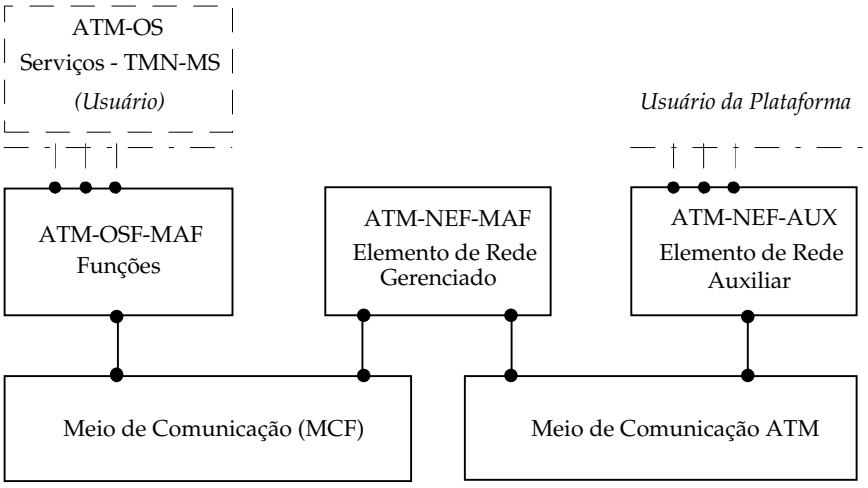

Figura 4: Relacionamento dos Módulos Funcionais

As linhas pontilhadas denotam os limites da especificação. No lado do gerente, as iterações em aberto são utilizadas pelo usuário, representando o módulo de serviços TMN (MS — *Management Services*). Já as iterações em aberto no elemento de rede auxiliar são oferecidas para o usuário da plataforma ter condições de criar manualmente situações específicas para o teste.

4.3 Funções de Gerenciamento Implementadas

O conjunto de funções selecionado para implementação inicial é o de gerenciamento de desempenho, de grande interesse nas aplicações ATM atuais.

Toda a operação de gerenciamento é feita a partir de um fluxo de células de gerenciamento OAM (fluxo F5), dentro da VCC estabelecida. As células OAM transportam informações utilizadas para o monitoramento dos seguintes parâmetros de desempenho (PM *Data — Performance Monitoring*) [Mon94]:

- Razão de células com erro (CER — *Cell Error Ratio*): total de células transferidas com erro sobre o total de células transferidas com sucesso e com erro (menos células contabilizadas no cálculo do SECBR, adiante);
- Razão de blocos de células severamente errados (SECBR — *Severely-Errored Cell Block Ratio*): total de blocos de células severamente errados sobre o total de blocos de células transmitidos.
  Um bloco de células é uma seqüência de *N* células transmitidas consecutivamente em uma conexão. Um bloco de células severamente errado ocorre quando são observadas mais de *M* células com erro, perdidas ou inseridas erroneamente em um bloco de células recebido;
- Razão de perda de células (CLR — *Cell Loss Ratio*): total de células perdidas sobre o total de células transferidas;
- Taxa de inserção errônea de células (CMR — *Cell Misinsertion Rate*): total de células inseridas erroneamente sobre intervalo de tempo;
- Retardo de transferência de célula (CTD — *Cell Transfer Delay*): unidades de tempo gastas entre o evento de saída de célula na UNI de origem e o evento correspondente de entrada de célula na UNI de destino;
- Retardo médio de transferência de célula (MCTD): média aritmética de um determinado número de CTDs em uma conexão;
- Variação do retardo de célula (CDV — *Cell Delay Variation*): diferenças entre o tempo de chegada esperado e o real (CDV-1) e entre os retardos absolutos de transferência entre dois pontos de medida (CDV-2).

Alguns dos parâmetros de desempenho possuem ainda determinados atributos, a saber: *N* (tamanho dos blocos de células), *M* (número mínimo de células com erro em um bloco de células severamente errado), *T* (intervalo de tempo no cálculo do CMR) e *R* (número de CTDs no cálculo do MCTD).

4.4 Inicialização da Plataforma

O código da plataforma é executado por intermédio de um simulador, e, no processo de inicialização, dois arquivos de configuração são lidos do sistema. São arquivos no formato ASCII, contendo um parâmetro por linha e seus respectivos valores.

O primeiro arquivo, "*defaults.parm*", contém os valores de inicialização de todos os parâmetros da MIB da plataforma. Mesmo os atributos cujo valor será coletado apenas no decorrer da operação devem ter um valor inicial nulo atribuído. Além do módulo NEF-MAF, que contém a MIB, o módulo NEF-AUX também lê certos parâmetros desse arquivo, como os descritores de tráfego, a fim de inicializar a VCC.

O segundo arquivo, "*events.parm*", contém informação sobre os eventos que ocorrem no decorrer da operação. Os parâmetros definem probabilidades de ocorrência de situações como: perda de células, erros (no cabeçalho e nos dados), atrasos de transferência, inserções errôneas, etc. Com isso, é possível simular condições adversas na conexão ATM para se testar o comportamento das funções de gerenciamento. Os parâmetros desse arquivo são lidos apenas pelo módulo do meio de comunicação ATM, que é o responsável pela geração dos eventos.

Após a leitura de ambos os arquivos, a VCC é automaticamente estabelecida e células de dados começam a ser geradas e enviadas de um elemento de rede para outro.

4.5 Operação da Plataforma

O usuário interage com a plataforma por meio de menus predefinidos, de duas maneiras distintas: no módulo OSF-MAF, no papel de gerente, selecionando as primitivas de serviço a serem enviadas, e, opcionalmente, no módulo NEF-AUX, forçando a geração de um dado evento em particular (os mesmos eventos definidos no arquivo "*events.parm*").

Os menus são acessados a partir de teclas específicas distintas, e no momento de sua ativação, o sistema entra em um estado de espera, interrompendo a simulação. A partir das opções de menu oferecidas no módulo

OSF-MAF, o usuário controla o envio das primitivas de serviço do sistema. O conjunto de primitivas definido implementa as seguintes funções:

- Atribui/requisita/reporta informação ou atributos de PM;
- Inicializa/inicia/interrompe coleta da informação de PM;
- Requisita/reporta escala de reportagem;
- Atribui/requisita/reporta valor de patamar de reportagem.

A escala de reportagem implementa um mecanismo síncrono de informação dos dados de PM, em intervalos de tempo predefinidos. Já os patamares são responsáveis pelo mecanismo assíncrono, onde a primitiva de reportagem é gerada quando determinado atributo atinge um limite predefinido.

Além de obter os dados dos parâmetros de desempenho medidos pelas funções implementadas, o usuário também tem condições de acessar os dados reais, contabilizados pela própria plataforma. Esses dados são continuamente exibidos na tela, fornecendo ao usuário material para comparação, de forma a auxiliar na verificação da acuidade e do desempenho das funções testadas.

5. Comentários Finais

A plataforma de testes, em seu estágio final de implementação, visa propor uma aplicação de conceitos do modelo TMN de gerenciamento em um ambiente de rede ATM, simulando uma situação real. A especificação foi estruturada de forma simples, didática e expansível, resultado mais facilmente obtido graças à utilização de linguagem formal de alto nível (Estelle).

Devido às características da linguagem Estelle utilizada, os conceitos de orientação a objetos inerentes ao modelo TMN tiveram de ser simulados e adaptados, visto que na versão atual do CAD Estelle não há suporte a esse paradigma. Dessa forma, classes, objetos e atributos tiveram de ser mapeados em variáveis, estruturadas de forma a traduzir mais fielmente a idéia do modelo. Mesmo objetos não utilizados diretamente pelas funções implementadas foram definidos (como alguns objetos da ILMI MIB, p. ex.), a fim de se manter a definição da MIB a mais completa possível.

Novas funções podem ser planejadas, desenvolvidas e especificadas, sendo diretamente integradas ao modelo. Outras áreas funcionais também podem ser exploradas (gerenciamento de falhas e contabilidade, p. ex.), e a VCC simulada também pode ser aprimorada para este propósito.

Vale acrescentar que uma proposta futura para o aprimoramento do modelo seria a de se portar o código para um sistema Estelle orientado a objetos. Dessa forma, a representação dos objetos gerenciados [CCI92d] poderia ser totalmente fiel ao modelo de informação OSI, utilizado pelo TMN.

6. Referências Bibliográficas

[BP96] Bacha M. S., Pedroza A. "*Especificação Formal de uma Plataforma de Gerenciamento TMN para Redes ATM*", XIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Fortaleza, 1996.

[CCI92a] CCITT M.3010 Recomendations "*Principles for a Telecommunications Management Network"*, October, 1992.

[CCI92b] CCITT M.3020 Recomendations "*TMN Interface Specification Methodology"*, October, 1992.

[CCI92c] CCITT M.3100 Recomendations "*Generic Network Information Model*", October, 1992.

[CCI92d] CCITT M.3180 Recomendations "*Catalogue of TMN Management Information*", October, 1992.

[CCI92e] CCITT M.3200 Recomendations "*TMN Management Services: Overview*", October, 1992.

[CCI92f] CCITT M.3400 Recomendations "*TMN Management Functions*", October, 1992.

[CCI92g] CCITT M.3600 Recomendations "*Principles for the Management of ISDNs*", October, 1992.

[For96] The ATM Forum "*ATM User-Network Interface Specification*", Version 4.0, September, 1996.

[GN95] Goulart C., Nogueira J. M. "*Utilização do Modelo TMN no Gerenciamento de Redes ATM*", XII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Belo Horizonte, 1995.

[LP94] Lehman Jr. E. O, Pedroza A. "*Especificação e Verificação do Protocolo CMIP para Gerenciamento de Rede*", XII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Curitiba, 1994.

[Mon94] Monteiro J. A. S. "*Rede Digital de Serviços Intergrados de Faixa Larga (RDSI-FL)*", IX Escola de Computação, Recife, 1994.

[OSAA94] Oliveira M., Souza N., Agoulmine N., Almeida H. "*Um Protótipo para o Estudo de Interoperabilidade em TMNs*", XII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, Curitiba, 1994.

[Sta93] Stallings W. "*SNMP, SNMPv2 and CMIP — The Practical Guide to Network-Management Standards*", Addison Wesley, July, 1993.