

Uma Proposta para Gerenciamento de Conexões em Redes ATM

Suzana de Queiroz Ramos Teixeira *

suzana@cos.ufrj.br

Luís Felipe M. de Moraes**

moraes@cos.ufrj.br

José Helvécio Teixeira Júnior ***

helvecio@cos.ufrj.br

Programa de Engenharia de Sistemas e Computação

COPPE/UFRJ

Caixa Postal 68511 - CEP 21945-970

Rio de Janeiro – RJ

Resumo

Este trabalho tem como foco principal o gerenciamento de conexões de redes que utilizam a tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Atividades de gerenciamento, relacionadas com as áreas funcionais propostas pela ISO (*International Standards Organization*), são exemplificadas para o contexto de redes ATM. Uma metodologia, composta por uma série de atividades, é descrita com o objetivo de se monitorar conexões virtuais.

Abstract

This article focus on the management of network connections that use ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) technology. Management activities, related with the functional areas proposed by ISO (*International Standards Organization*), are exemplified in the context of ATM networks. A methodology consisting of a series of activities is described aiming the monitoring virtual connections.

1. Introdução

A fim de garantir uma certa qualidade de serviço (*Quality of Service – QoS*) a seus usuários, redes de computadores [Tan96] devem ser gerenciadas. O gerenciamento de redes envolve o monitoramento (supervisão) e o controle de recursos distribuídos em redes. Em essência, o gerenciamento de redes busca assegurar que sistemas de informações, disponíveis em redes, estejam operacionais e eficazes a todo instante. A eficácia, neste contexto, está relacionada com a otimização do uso das funcionalidades fornecidas por esses sistemas e com a minimização de seus custos de utilização.

Atualmente, muitas redes de computadores baseiam-se na utilização da tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode - modo de transferência assíncrono*), em razão da mesma proporcionar a integração de diversos serviços (dados, voz, imagem, vídeo) em um mesmo meio físico, constituir uma solução bastante adequada para interconexão de LANs (*Local Area Networks*), MANs (*Metropolitan Area Networks*) e WANs (*Wide Area Networks*) e prover QoS (*Quality of Service*). Em razão de todas as suas características, a tecnologia ATM foi escolhida para suportar a diversidade de serviços de RDSI-FL (Redes Digitais de Serviços Integrados de Faixa Larga).

* Bolsista CAPES ** Suporte CNPq/REMAV-RNP *** Bolsista FAPERJ

Este trabalho propõe uma metodologia para o gerenciamento de conexões em redes ATM. Na seção 2, são apresentados alguns conceitos da tecnologia ATM e as principais atividades de gerenciamento, relacionadas com às áreas funcionais propostas pela ISO (*International Standards Organization*), para o contexto de redes ATM. Na seção 3, detalha-se a gerência de conexões ATM. Na seção 4, é proposta a metodologia para a gerência de conexões. Por fim, na seção 5, são enumeradas algumas de nossas considerações.

O desenvolvimento deste trabalho faz parte de um projeto de pesquisa do Laboratório RAVEL (Redes de Alta Velocidade) do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) que tem como objetivo principal gerenciar a Rede Rio. A Rede Rio é uma rede de computadores integrada por universidades, instituições, agências governamentais e centros de pesquisa localizados no Estado do Rio de Janeiro, que fornece a seus usuários o acesso à Internet.

2. ATM e Atividades de Gerenciamento

Nesta seção, são apresentados, de forma sucinta, alguns conceitos da tecnologia ATM necessários para o entendimento deste trabalho. Adicionalmente, são abordadas as principais atividades de gerenciamento para o contexto de redes ATM.

2.1. A Tecnologia ATM

A tecnologia ATM [MS95, Ovn95, Sch96, Ker98, Sta98c, Gin99] é orientada à conexão e requer que conexões fim-a-fim sejam estabelecidas antes do tráfego de informações começar a fluir. Assim, células são transmitidas através de conexões com circuitos virtuais. Conexões ATM são pré-estabelecidas usando funções de gerenciamento ou são estabelecidas dinamicamente sob demanda usando sinalização. Conexões pré-estabelecidas são referenciadas como PVCs (*Permanent Virtual Circuits* – Circuitos Virtuais Permanentes) e conexões estabelecidas dinamicamente como SVCs (*Switched Virtual Circuits* – Circuitos Virtuais Comutados).

Uma célula ATM é roteada usando os valores VPI (*Virtual Path Identifier*) e VCI (*Virtual Channel Identifier*) do cabeçalho. O campo VPI em conjunto com o campo VCI formam o rótulo da conexão utilizado pelos comutadores para encaminhar as células ao destino. Os dois identificadores juntamente com o enlace (caminho) físico por onde a célula chega identificam unicamente conexões em cada comutador (*switch*) ATM.

Em cada comutador, para algumas células, os valores dos campos VPI e VCI são alterados; para outras, somente os valores VPI são alterados. Duas diferentes conexões no mesmo enlace físico podem ter o mesmo valor VPI. Duas células em enlaces físicos diferentes podem ter o mesmo valor VPI e VCI.

Em redes ATM, há distinção entre dois termos: caminho virtual (VP – *Virtual Path*) e canal virtual (VC – *Virtual Channel*). Dentro de um caminho físico, um certo número de caminhos virtuais (VPs) podem existir. O número de VPs depende do número de bits alocados para o valor VPI. Usando o valor VPI, cada caminho virtual (VP) é identificado. Dentro de um VP, um certo número de canais virtuais (VCs) podem existir. O número de VCs depende do número de bits alocados para o valor VCI.

Um **circuito virtual** só pode ser completamente identificado com base no seus valores VPI e VCI. VCs pertencentes a diferentes VPs podem possuir o mesmo VCI.

Em redes ATM, dois tipos de conexões podem existir:

- VPC (*Virtual Path Connection*): concatenação de VPs para fornecer conexão entre dois pontos finais para transferência de células ATM ; e
- VCC (*Virtual Channel Connection*): concatenação de VCs para fornecer conexão entre dois pontos finais para transferência de células ATM.

A integridade de uma seqüência de células é assegurada dentro de uma mesma VCC. No estabelecimento de uma VCC, parâmetros de tráfego de usuário são negociados entre o usuário e a rede, e a rede monitora esses parâmetros pela duração da conexão.

Mecanismos foram definidos para permitir a troca de informações entre as entidades ATM nos níveis VP e VC. Informações de operações são trocadas entre entidades ATM através de células OAM(*Operation, Administration and Maintenance*). Células OAM são identificadas pelo uso de um VCI específico ou pelo indicador de tipo de carga útil (*payload*).

2.2. Atividades de Gerenciamento

As diversas atividades de gerenciamento de redes podem ser divididas, de acordo com a ISO (*International Standards Organization*), em cinco áreas funcionais específicas denominadas: gerenciamento de configuração, gerenciamento de falhas, gerenciamento de desempenho, gerenciamento de contabilização e gerenciamento de segurança [Ros96]. Embora proposta pela ISO como parte das especificações para os sistemas de gerenciamento de redes OSI (*Open Systems Interconnection*), esta divisão tornou-se largamente utilizada no sentido de descrever os requisitos exigidos por qualquer sistema de gerenciamento de redes.

Cada uma das áreas funcionais de gerenciamento engloba uma série de funções de gerenciamento. Em razão da necessidade dos usuários, algumas dessas funções podem ser comuns a várias áreas funcionais. A seguir, caracterizamos cada uma das áreas funcionais:

- o gerenciamento de falhas corresponde à área funcional que permite a detecção, o isolamento e a correção de operações anormais na rede;
- o gerenciamento de desempenho engloba o conjunto de funcionalidades que possibilita o monitoramento, a medição e a avaliação do comportamento de recursos na rede;
- o gerenciamento de configuração compreende o conjunto de facilidades que permite manter e monitorar a estrutura física e lógica da rede;
- o gerenciamento de contabilização abrange o conjunto de funcionalidades que permite determinar o custo associado à utilização de recursos na rede, quais recursos e quanto desses recursos estão sendo utilizados; e
- o gerenciamento de segurança corresponde ao conjunto de funções responsáveis pela criação e supressão de mecanismos de segurança na rede. Mecanismos de segurança envolvem, por exemplo, mecanismos de controle de acesso, autenticação, autorização, e criptografia.

Apesar de apresentarem objetivos distintos, as áreas funcionais relacionam-se no sentido de que informações geradas em uma área podem ser utilizadas como suporte para decisões em outras áreas. Uma detecção de falha em um dos componentes da rede pode, por exemplo, ocasionar uma reconfiguração da rede.

A Recomendação I.610 descreve um mínimo de funções necessárias para operação, administração e manutenção (*Operation, Administration and Maintenance - OAM*) das camadas física e ATM de redes ATM. Em essência, ela enfoca aspectos de gerenciamento de falhas e gerenciamento de desempenho.

A seguir, relacionamos algumas das atividades características de cada uma dessas áreas funcionais de gerenciamento no contexto de redes ATM:

a) Gerenciamento de Configuração

- estabelecimento e desestabelecimento de conexões;
- obtenção dos estados das conexões;
- determinação do número máximo de conexões suportadas por uma interface;
- determinação do número de conexões ativas em uma interface;
- determinação do número de conexões pré-configuradas em uma interface;
- configuração do número de bits VPI/VCI suportados;
- configuração e determinação do estado das informações de endereçamento da interface; e
- controle operacional dos comutadores, que compreende: adição e remoção de módulos de um comutador; habilitação ou desabilitação de módulos ou portas de um comutador; e detecção e relato de mudanças na configuração dos comutadores.

b) Gerenciamento de Falhas

- detecção, automática ou através de comandos de um operador, de falhas (erros de software e hardware) na rede;
- monitoramento de parâmetros críticos como estatísticas de erros em portas de comutadores;
- testes sobre módulos de hardware, enlaces físicos, portas etc de acordo com a solicitação do operador;
- notificação da impossibilidade de estabelecimento de conexões ATM;
- notificação da falha de uma conexão ATM;
- notificação de falhas múltiplas e simultâneas em conexões;
- notificação de falha de um nó par UNI (*User-Network-Interface* - Interface Usuário-Rede) adjacente; e
- suporte de fluxos de gerência de falhas OAM.

c) Gerenciamento de Desempenho

- determinação se uma conexão ATM atende ou não às exigências de QoS;
- determinação do número de células que violam o contrato de tráfego;
- suporte do fluxos de gerência de desempenho OAM;
- suporte dos conjuntos de contadores apropriados para enviar e receber operações dos níveis VP e VC;
- determinação do número de células transmitidas e recebidas por porta;
- determinação do número de células recebidas com erro por porta;
- determinação do número de células por conexão; e
- determinação do número de células descartadas por conexão.

d) Gerenciamento de Contabilização

- registro da QoS das conexões;
- registro da banda passante das conexões;
- registro da duração das conexões;
- registro do número de células transmitidas e recebidas com sucesso;
- registro do número de células recebidas com erro; e
- registro do número de células recebidas que violaram o contrato de tráfego.

e) Gerenciamento de Segurança

- criptografia;
- autenticação;
- controle de acesso;
- integridade; e
- confidencialidade.

3. Gerenciamento de Conexões ATM

Procedimentos operacionais em redes ATM requerem a troca de informações entre vários nós da rede. Entidades de gerenciamento da camada ATM, em cada nó, necessitarão comunicar-se para fornecer gerenciamento de VPCs/VCCs [Far93, ALHB96, Gil97]. Informações específicas de comunicação (indicações de falha, solicitações de testes, dados de monitoramento e de desempenho) serão necessários serem comunicados entre os vários nós que suportam cada VPC ou VCC.

Em redes ATM, o mecanismo básico utilizado para as funções de gerenciamento é a célula OAM. Informações de operações são trocadas entre entidades de operação ATM injetando/extraindo células OAM em/de uma dada VPC ou VCC. Dependendo da necessidade, uma célula OAM é identificada como sendo de: gerenciamento de desempenho, gerenciamento de falhas e gerenciamento de ativação/desativação. A Figura 1 ilustra o formato de uma célula OAM [MS95]. A Tabela 1 indica os tipos das células OAM com as suas respectivas funções, que estão descritas nos próximos itens.

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|----|-----|-----|--------------------------------|--------------------|--|-----------------------|---------------------|
| GFC | VPI | VCI | PT | CLP | HEC | Tipo de célula OAM (4 bits) | Função (4 bits) | Campos específicos de cada função (45 octetos) | Reservado (6 bits) | CRC-10 (10 bits) |
|-----|-----|-----|----|-----|-----|--------------------------------|--------------------|--|-----------------------|---------------------|

Figura 1: Formato da célula OAM

| Tipo de célula OAM | bits | Tipo de Função | bits |
|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| Gerenciamento de falhas | 0001 | AIS | 0000 |
| Gerenciamento de falhas | 0001 | RDI/FERF | 0001 |
| Gerenciamento de falhas | 0001 | Checagem de Continuidade | 0100 |
| Gerenciamento de falhas | 0001 | Laço de Retorno (Loopback) | 1000 |
| Gerenciamento de desempenho | 0010 | Monitoramento para frente | 0000 |
| Gerenciamento de desempenho | 0010 | Relato para trás | 0001 |
| Gerenciamento de desempenho | 0010 | Monitoramento e Relato | 0010 |
| Gerenciamento de ativação/desativação | 1000 | Monitoramento de Desempenho | 0000 |
| Gerenciamento de ativação/desativação | 1000 | Checagem de Continuidade | 0001 |

Tabela 1: Tipos e funções de células OAM

3.1. Fluxos de Operações F4 e F5 da Camada ATM

Mecanismos para transmitir informações nos níveis de VP e VC são referenciados como fluxos de operações F4 e F5, respectivamente.

Fluxos de operações F4 e F5 são possíveis através da troca de células OAM. Células OAM de uma VPC são identificadas por um conjunto único de valores VCI. Células OAM de uma VCC são identificadas por um conjunto único de valores de PT (*payload type* – carga útil).

Fluxos de operações F4 e F5 podem ser de dois tipos:

- fluxos de operações fim-a-fim: referem-se a células OAM que são usadas para comunicar informações de operações através de toda VPC ou VCC. Tais células OAM podem ser inseridas e monitoradas nos nós intermediários ao longo da conexão fim-a-fim, mas só podem ser processadas ou extraídas nos pontos finais da conexão. O ITU-T (*International Telecommunications Union – Telecommunication Standardization Sector*) padronizou o valor de VCI 4 e o valor de PT 5 para identificar células OAM usadas em operações fim-a-fim de VPC e VCC, respectivamente; e
- fluxos de operações por segmento: referem-se a células OAM que são usadas para comunicar informações de operações dentro de limites de um enlace (*link*) VP/VC ou de um grupo de *links* intermediários, todos sob o controle de uma administração única. O ITU-T padronizou o valor de VCI 3 e o valor de PT 4 para identificar células OAM usadas em operações de segmentos de VPC e VCC, respectivamente.

3.2. Monitorando Desempenho de VPCs/VCCs

Embora redes baseadas em ATM sejam redes de alto desempenho, pode existir momentos onde o desempenho dos VPCs e VCCs caiam além das expectativas. VPCs e VCCs podem sofrer problemas resultantes de qualquer número de causas, como, por exemplo, erros de transmissão da camada física e problemas de software na camada ATM. O esquema de monitoramento é possível através da geração de células OAM e funções de processamento executadas em cada ponto terminador da conexão (ou segmento da conexão) virtual ATM. Vários parâmetros de desempenho podem ser medidos usando o resultado do esquema de monitoramento de desempenho. A Tabela 2 abaixo ilustra parâmetros de QoS da camada ATM que podem ser monitorados com o esquema [Far93].

| |
|---|
| taxa de erro de células |
| taxa de blocos de células severamente danificados |
| taxa de perda de células |
| taxa de mal inserção de células |
| retardo de transferência de células |
| retardo médio de transferência de células |
| variação do retardo de células |

Tabela 2: Parâmetros de QoS

A função de coletar dados de desempenho de uma particular VPC ou VCC não precisa estar sempre ativa na rede.

3.3. Relato de Falhas em VPCs/VCCs

Similarmente às conexões físicas, conexões virtuais também podem sofrer falhas. Falhas em VPCs ou VCCs podem resultar de problemas no enlace (*link*) físico ou no mal funcionamento da camada ATM. Quando uma falha é detectada, uma indicação de alarme deve ser enviada para o sistema local de gerenciamento da rede e para vários nós ao longo da conexão. A última função é satisfeita enviando duas indicações de alarme, descritas a seguir, através de células OAM:

- AIS (*alarm indication signal*): esta indicação é gerada pelo nó intermediário que detectou uma falha para alertar os nós *downstream* (fluxo abaixo) que uma falha foi detectada *upstream* (fluxo acima); e
- sinal de FERF (*far-end received failure*): esta indicação é gerada pelo nó que termina a conexão que falhou para alertar os nós *upstream* (fluxo acima) que uma falha foi detectada *downstream* (fluxo abaixo).

3.4. Checagem de Continuidade de VPCs/VCCs

Falhas resultantes do mal funcionamento da camada ATM não são prontamente detectadas como as resultantes da camada física. Sem mecanismo de operações especiais, muitos nós de uma VPC/VCC não serão capazes de distinguir uma conexão ociosa (sem tráfego), ocupada ou que tenha falhado. A forma de resolver isso é transmitir uma célula OAM carregando uma indicação de continuidade entre os pontos de uma conexão para assegurar que a conexão não permaneça ociosa por mais de um período pré-negociado de tempo. Então, se um ponto final de uma conexão não receber qualquer célula (nem mesmo uma célula OAM) por um período de tempo que foi pré-negociado, esse poderá assumir que o nível de conectividade de uma VPC/VCC foi perdido.

3.5. Laço de retorno (*loopback*) de VPCs/VCCs

A capacidade *loopback* é executada pela inserção de uma célula OAM em qualquer ponto de acesso ao longo da conexão virtual com instruções (dentro da carga útil) para a mesma ser retornada a um ou dois pontos identificados da conexão.

A função de *loopback* proporciona a verificação de conectividade e de falhas, e a medição do retardo de células sob demanda.

3.6. Funções de Gerenciamento de Tráfego

Ações de controle serão necessárias para aumentar o desempenho do tráfego nas VPC/VCC durante sobrecargas ou falhas na rede ATM. Por exemplo, durante períodos de excessivo congestionamento, uma *switch* pode seletivamente descartar células com a intenção de maximizar a entrega de tráfego de alta prioridade.

Através de células OAM, *switches* ATM podem, durante períodos de congestionamento, transmitir notificações de congestionamento da camada ATM em ambas direções (*forward* e *backward*). Uma vez recebendo uma notificação de congestionamento, o equipamento terminal da conexão pode tomar medidas para aliviar o congestionamento, como reduzir a carga na rede.

Reconhecendo a necessidade da capacidade de notificação de congestionamento adiante (*forward*), o ITU-T definiu uma indicação de congestionamento denominada EFCI (*Explicit Forward Congestion Indication*). Embora não haja concordância com a capacidade de notificação para trás (*backward*), propostas para suportarem essa função estão presentes em alguns padrões. Uma vantagem da notificação *backward* com relação à notificação *forward* é que relatos de congestionamento serão enviados diretamente para a fonte do tráfego do usuário, ao invés do destino. Deve ser observado é que a inserção adicional de células OAM na rede sobrecarrega ainda mais a rede.

3.7. MIBs e Protocolos de Gerenciamento

Em redes ATM, há a mesma estrutura de gerenciamento proposta para o gerenciamento de redes tradicionais. O sistema de gerenciamento da rede pode oferecer a possibilidade de operação centralizada ou distribuída. O protocolo de gerenciamento pode ser o SNMP (*Simple Network Management Protocol*) ou o CMIP (*Common Management Information Protocol*) [Sta93, Sta95, Sta96, Sta98a, Sta98b, TSMT99].

Para o gerenciamento de redes ATM, existem várias MIBs (*Management Information Base*) definidas que contêm variáveis (parâmetros) para monitoramento/controle de conexões virtuais ATM. Como exemplo, podemos citar a MIB ILMI e a AToMMIB, respectivamente propostas pelo ATM Forum e pelo IETF (*Internet Engineering Task Force*).

4. Metodologia para Gerência de Conexões

Numa rede ATM, existe um número muito grande de conexões VPCs e VCCs. Nem toda conexão irá requerer gerenciamento. PVCs são candidatas naturais a serem gerenciadas por serem pré-estabelecidas.

A nossa proposta baseia-se em uma série de atividades a ser desenvolvida pelo administrador da rede, o qual necessitará ter conhecimento dos mecanismos de células OAM, da(s) MIB(s), e do(s) protocolo(s) de gerenciamento(s) disponíveis no ambiente.

A seguir, estão enumeradas as atividades a serem desenvolvidas:

1. Caracterizar o nó a ser gerenciado, ou seja, identificar (através de um nome) o nó a ser gerenciado com seus enlaces (pontos) de conexão;
2. Caracterizar caminho físico e canal virtual, ou seja, identificar o número de bits alocados para os campos VPI e VCI;
3. Estabelecer tempo de monitoramento (tempo total de observação dos dados), intervalo de monitoramento (frequência com que os valores dos dados serão coletados), e meio físico de armazenamento de dados. Exemplo de tempo de monitoramento: 2 (duas) horas. Exemplo de intervalo de monitoramento: 15 (quinze) minutos;
4. Caracterizar a interface de comunicação a ser gerenciada, através dos seguintes itens:
 - Determinar o endereço da interface;
 - Determinar o número máximo de conexões da interface;
 - Determinar o número de conexões ativas;
 - Determinar o número de conexões pré-configuradas (PVCs);

- Determinar o estado das conexões PVCs;
- Determinar o número de células transmitidas pela interface durante o intervalo de monitoramento estabelecido;
- Determinar o número de células recebidas pela interface durante o intervalo de monitoramento estabelecido;
- Determinar o número de células recebidas com erro pela interface durante o intervalo de monitoramento estabelecido;
- Determinar o número de células por conexão durante o intervalo de monitoramento estabelecido;
- Determinar o número de células descartadas por conexão durante o intervalo de monitoramento estabelecido.

A idéia inicial da metodologia é procurar estabelecer o comportamento normal (*baseline*) das conexões PVCs.

Após ter coletado, durante um determinado tempo de monitoramento estabelecido, dados a cerca da interface de comunicação, deve-se armazenar fisicamente esses dados e desenvolver novamente (repetir) as atividades relacionadas acima, com o mesmo intervalo de monitoramento estabelecido, mas em outro período do dia. Assim, será possível a observação do comportamento da interface de comunicação através de várias coletas de dados em períodos de tempo distintos. A partir dessa observação, pode-se determinar o *baseline* das conexões PVCs. De posse do *baseline* das conexões da interface de comunicação, pode-se futuramente implementar uma gerência pró-ativa.

Logo, podemos resumir a metodologia como sendo composta pelos seguintes passos:

- Caracterização do nó e da interface de comunicação a ser gerenciada;
- Caracterização das conexões PVCs da interface de comunicação;
- Coleta de dados;
- Análise de dados; e
- Estabelecimento do *baseline* das conexões da interface de comunicação.

5. Considerações Finais

Em redes ATM, os mecanismos OAM cobrem somente gerenciamento de falhas e gerenciamento de desempenho. Alguns aspectos de gerenciamento de configuração, gerenciamento de falhas e gerenciamento de desempenho são cobertos através do uso de MIBs e dos protocolos de gerenciamento SNMP ou CMIP. Gerenciamento de segurança e contabilização ainda estão em estudo.

Mecanismos OAM nem sempre também são usados devido à relação custo-benefício. A inserção de células OAM quando a rede já está congestionada certamente agrava o problema.

Numa rede ATM, existe um número muito grande de conexões VPCs e VCCs que podem ser configuradas. Não é prático nem efetivamente barato gerenciá-las individualmente. Nem toda conexão configurada irá requerer gerenciamento. PVCs são candidatas naturais a serem gerenciadas.

O gerenciamento de SVCs é mais complexo que o gerenciamento de PVCs porque leva em consideração aspectos da camada de adaptação ATM, sinalização, endereçamento, roteamento e

gerenciamento de serviço. O objetivo do gerenciamento de PVCs é efetuar controles como o restabelecimento de conexões que por ventura possam ser rompidas. O objetivo do gerenciamento de SVCs é a tarifação.

A metodologia para gerenciamento de conexões ATM proposta neste trabalho encontra-se ainda em fase inicial de elaboração. Ela consiste de atividades a serem desenvolvidas pelo administrador da rede, o qual necessitará ter conhecimento dos mecanismos de células OAM, da(s) MIB(s), e do(s) protocolo(s) de gerenciamento(s) disponíveis no ambiente.

Referências Bibliográficas

[ALHB96] Jon Anderson, Patrick Lamy, Laurent Hué and Luc Le Beller. *Operations Standards for Global ATM Networks: Network Element View*. IEEE Communications Magazine. December 1996.

[Far93] Stephen C. Farkouh. *Managing ATM-based Broadband Networks*. IEEE Communications Magazine. May 1993.

[Gil97] Alex Gillespie. *Broadband Management after Permanent Connections*. IEEE Communications Magazine. October 1997.

[Gin99] David Ginsburg. *ATM – Solutions for Enterprise Internetworking*. Second Edition. Addison Wesley. 1999.

[Ker98] Berry Kercheval. *TCP/IP Over ATM: A No-Nonsense Internetworking Guide*. Prentice Hall. New Jersey. 1998.

[MS95] David E. McDysan and Darren L. Spohn. *ATM – Teory and Application*. McGraw-Hill. 1995.

[Onv95] Raif O. Onvural. *Asynchronous Tranfer Mode Networks – Perfomance Issues*. Second Edition. Artech House. Norwood, MA. 1995.

[Ros96] Marshall T. Rose. *The Simple Book: An Introduction to Networking Management*. Revised Second Edition. Prentice Hall. 1996.

[Sch96] Mischa Schwartz. *Broadband Integrated Networks*. Prentice Hall. New Jersey. 1996.

[Sta93] William Stallings. *SNMP, SNMPv2, and CMIP – The Practical Guide to Network Management Standards*. Addison Wesley. 1993.

[Sta95] William Stallings. *Network and Internetworking Security – Principles and Practice*. Prentice Hall. 1995.

[Sta96] William Stallings. *SNMP, SNMPv2 and RMON – Practical Network Management*. Second Edition. Addison Wesley. 1996.

[Sta98a] William Stallings. *SNMPv3: A Security Enhancement for SNMP*. IEEE Communications Surveys. Fourth Quater 1998. Volume 1. Number 1.

[Sta98b] William Stallings. *Security Comes to SNMP: The New SNMPv3 Proposed Internet Standards*. The Internet Protocol Journal. December 1998. Volume 1, Number 3.

[Sta98c] William Stallings. *High-Speed Networks – TCP/IP and ATM Design Principles*. Prentice Hall. New Jersey. 1998.

[Tan96] Andrew S. Tanenbaum. *Computer Networks*. Third Edition Prentice-Hall, 1989.

[TSMT99] José Helvécio Teixeira Júnior, Jacques Philippe Sauvé, José Antão Beltrão Moura e Suzana de Queiroz Ramos Teixeira. *Redes de Computadores – Serviços, Administração e Segurança*. Makron Books. 1999.