

Universidade Federal do Paraná
Departamento de Engenharia Elétrica
Mestrado em Telecomunicações

GFR – *Garanteed Frame Rate*: Um melhor serviço para TCP/IP em redes ATM.

Aluno: Orlando Fabricio Neto
Professor: Eduardo Parente
Disciplina: Comunicação de Dados

Curitiba, 23 de Outubro de 2001

1) Introdução

O que está escrito aqui, fundamenta-se em numa revisão comentada do artigo de *Oliver Bonaventure*, pesquisador da Universidade de Namur Jordi Nelissen, publicado pela revista IEEE Network, em Janeiro de 2001.

O artigo oferece ao leitor uma pequena explicação sobre os serviços que estão hoje implementados para redes ATM, em especial, destaca a categoria de serviços GFR (*Garanteed Frame Rate*), que será abordado com mais detalhes. Mostra as suas vantagens e desvantagens em relação às demais categorias e compara o seu funcionamento em amostragens obtidas por experiências por simulações.

A arquitetura ATM é indicada para suportar uma imensa variedade de serviços e aplicações. Uma função adicional é para promover o uso de maneira eficiente dos recursos da rede. O controle de tráfego na rede ATM é fundamentalmente relatado pela habilidade da rede em proporcionar diferente Qualidade de Serviço (QoS) para as aplicações. Esta especificação define procedimentos e parâmetros relatadas para o Gerenciamento e a QoS (Qualidade de Serviço) do tráfego.

A primeira função do gerenciamento de tráfego é proteger a rede e o sistema final contra congestionamentos a fim de atingir os objetivos de performance. Nas redes ATM temos uma variedade de serviços diferentes que se propõem, inicialmente, a resolver o mesmo problema. Todos foram propostos com de forma mais ou menos parecida para que pudessem solucionar o problema do tráfego de pacotes pela rede. Dentre estes serviços, um vem merecendo maior destaque, o GFR (*Garanteed Frame Rate*).

2) Categorias

A topologia de redes do tipo ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), foi proposta nos anos 80 como uma evolução para serviços de rede que usassem banda larga. Desde então pouco se tem feito para melhorar o tráfego de pacotes dentro dessa topologia. Isso se deve ao fato de que o custo para a implantação de uma rede do tipo ATM é muito alto.

Com o objetivo de obter melhores resultados, categorias de serviços foram propostas. Algumas delas são puras evoluções de algum tipo de serviço já proposto anteriormente.

2.2) Categorias de Serviço

As redes ATM implementam algumas características de serviço, relatados na lista abaixo:

- **CBR** *Constant Bit Rate*
- **VBR** *Variable Bit Rate*
- **UBR** *Unspecified Bit Rate*
- **ABR** *Available Bit Rate*

- **GFR** *Guaranteed Frame Rate*

Estas categorias, relatam as características do tráfego e a qualidade de serviço requeridas pelo ambiente de rede. Funções tais como, roteamento e alocação de recurso são, em geral, estruturadas de forma diferenciada para cada categoria de serviço. As categorias de serviço são diferenciadas como sendo do tipo tempo-real e não-tempo-real. Para o tráfego em tempo-real, existem duas categorias, a CBR e rt-VBR, as quais são diferenciadas pelo fato de a primeira, trabalhar somente com parâmetros PCR (*Peak Cell Rate*), e rt-VBR trabalhar com parâmetros tanto PCR quanto SCR (*Sustainable Cell Rate*). As demais categorias, trabalham com o tráfego não-tempo-real. Todas as categorias de serviço, com exceção da GFR, aplicam tanto VC (*Virtual Channels*) quanto VPs (*Virtual Paths*). A categoria GFR é um serviço *frame-aware* onde só se aplica VC, desde que a delimitação do quadro não seja visível no nível de caminho virtual. Durante todo esse trabalho, o termo "conexão" se refere a VC e VP.

2.1.1) Definição da categoria de serviço CBR

O primeiro serviço proposto no primeiro "ITU-T Recommendations" foi o CBR (Constant Bit Rate). Usando Circuitos integrados de rede digital (ISDN) ou Redes síncronas óticas/hierárquica digital ótico (SONET/SDH).

A categoria de serviço CBR é usada por conexões que requerem uma amostra estática de banda a qual é continuamente disponibilizada durante a existência da conexão. Essa amostra de banda é caracterizada por um valor PCR (*Peak Cell Rate*).

O compromisso básico fornecido pela rede para um usuário que reserva recursos via CBR é que uma vez a conexão estabelecida, a qualidade de serviço negociada na camada ATM é garantida pra todas as células. Este serviço pode ser considerado uma melhora do serviço de *leased lines* das primeiras versões da ATM.

O serviço CBR é indicado para suportar aplicações de tempo-real requerendo seguramente uma determinada restrição na variação de *delay* (exemplo: voz, vídeo, emulação de circuito), porém não se restringe apenas a estas aplicações.

2.1.2) Definição da categoria de serviço VBR

Pouco tempo depois, outro serviço foi proposto, o VBR. Este pode ser considerado uma evolução natural do CBR. Com o CBR podia-se reservar uma quantidade (fatia) da largura de banda da rede para cada Circuito Virtual (VC), porém isso era especificado como uma única célula. Isto é bem aceito para aplicações tais como voz não comprimida, vídeo ou emulação de "*leased lines*", mas não para aplicações com dados, e estas apareciam aos montes.

Já com o VBR (Variable Bit Rate) que também permitia às aplicações finais reservarem uma certa quantia da largura de banda para VC, algumas coisas eram

diferentes. Com o VBR, a largura de banda reservada para os VC's era especificada por 3 parâmetros. Primeiro, a "taxa pico de células" PCR, que nada mais era do que a maior taxa que uma aplicação final podia reservar durante um curto período de tempo. Segundo, o tamanho máximo de expansão, MBS, o limite máximo de uma "rajada de células" em um intervalo válido. Terceiro, a taxa de transmissão sustentável, SCR, a taxa de transmissão contínua permitida para a aplicação. Estes 3 parâmetros definem o envelope (pacote) que é usado para a transmissão na rede. Foram definidos 3 tipos de VBR e para a diferenciação entre eles foi definido o bit CLP (Cell Loss Priority). Este bit assumia valores 0 ou 1 e faziam o papel de diferenciador desses serviços, quanto ao uso.

2.1.3) Definição da categoria de serviço UBR

Outro serviço definido que foi é o UBR (Unspecified Bit Rate), este imita o serviço implantado hoje na Internet. Era definido inicialmente como um serviço baseado em células, mas logo notou-se que era necessário um serviço que precisava antecipar e conhecesse a AAL5 (*ATM Adaptation Layer*). Hoje em dia a maioria dos *switches* ATM implementam estratégias de descarte, como o EPD (*Early Packet Discard*). Só que esse controle funcionava para redes onde o congestionamento era manipulado por um protocolo de camada superior.

O serviço UBR não especifica garantias para o tráfego. A rede deve ou não, aplicar PCR para as funções CAC (*Connetion Admission Control*) e UPC (*Usage Parameter Control*). No caso onde a rede não impõe o PCR, o valor deste é somente informal. Quando o PCR não é imposto, ele é ainda assim útil para ser negociado, desde que esta negociação leve em conta o recurso para descobrir o menor limite de banda ao longo do caminho da conexão. O controle de congestionamento para UBR deve ser realizado num nível mais alto da camada ATM com base na conexão fim-a-fim.

2.1.4) Definição da categoria de serviço ABR

Outra categoria de serviços especificados foi o ABR (*Available Bit Rate*) que era baseado em controle de congestionamento implementado na camada ATM. O ABR é uma categoria de serviço no nível ATM por onde o limitante do nível ATM transfere características proporcionadas pela rede devendo permutar subseqüentes para o estabelecimento da conexão.

Um mecanismo de controle de fluxo é especificado para suportar vários tipos de *feedback* para controlar a taxa de recurso em resposta às características da transferência no nível ATM. Este constantemente envia células que contém um *Resource Manamegent* (RM), ou *RM-cells*, que controlam o fluxo de dados. Este *feedback do RM* é transportado pelo recurso através de células de controle específico. O fluxo de dados é especificado pelas aplicações finais que adaptam seu tráfego de acordo com o *feedback*, especificando uma baixa taxa de perda de células e obtendo um compartilhamento melhor da disponibilidade de banda de

acordo com a política de alocação configurada pela rede. O serviço ABR não requer um limite ou variação de *delay* no momento da conexão. O ABR não é indicado para suportar aplicações de temp-real. No estabelecimento de uma conexão ABR, as aplicações finais especificarão para a rede tanto o máximo quanto o mínimo de banda utilizado. E isso, será designado como PCR e MCR, respectivamente.

2.1.5) Definição da categoria de serviço GFR

Finalmente o GFR apareceu e logo se tornou popular para os usuários de redes ATM. Proposto em 1996, a principal motivação para a sua implementação era fornecer um serviço tão fácil de usar como os serviços da categoria UBR, enquanto também garantia a largura de banda.

A categoria de serviço GFR é indicada para suportar aplicações de não-tempo-real. Ela é designada para aplicações que podem requerer uma taxa mínima de garantia e pode beneficiar do acesso adicional da banda disponível dinamicamente na rede. Ela não requer um protocolo de controle de fluxo. No estabelecimento de uma conexão GFR, o sistema final especifica um PCR, e um MCR que é definido de acordo com um MBS (*Maximum Burst Size*) juntamente com um MFS (*Maximum Frame Size*). O tráfego GFR reservado pode ser especificado com um MCR de zero. O usuário pode então enviar células numa taxa de pico (PCR), mas a rede somente compromete para carregar células em quadros completos numa MCR. Não existem limites de *delay* associados com esta categoria de serviço.

A seguir temos a definição de cada um dos parâmetros que tem envolvimento com o GFR:

- *PCR (Peak Cell Rate)*: a máxima taxa na qual um sistema final pode transmitir.
- *MCR (Minimum Cell Rate)*: a mínima taxa na qual um sistema final poderá ter como largura de banda garantida para transmissão.
- *MBS (Maximum Burst Size)*: a maior taxa de rajada de células na rede, ou definido por $MBS = 1 + \frac{(MFS \times PCR)}{(PCR - MCR)}$.
- *MFS (Maximum Frame Size)*: o maior tamanho que um frame pode assumir para sistemas finais.

3) Particularidades sobre o GFR

O objetivo desse artigo é destacar as particularidades do GFR e o seu funcionamento, para isso precisamos analisar alguns detalhes sobre os seus parâmetros. Vejamos como o bit CLP ajuda na eleição dos *frames* e até mesmo no descarte dos mesmos, caso ocorra um congestionamento.

3.1) CLP (Cell Loss Priority)

O GFR utiliza-se do bit CLP em suas células e todas as células devem conter o mesmo valor para CLP. Com o CLP=1 os *frames* são considerados como tendo baixa prioridade e são transmitidos pela rede como base no melhor esforço. O mínimo de largura de banda aplicada é somente para os *frames* com CLP=0. Com a utilização do bit CLP, as aplicações finais transmitem os seus *frames* com uma taxa menor ou igual ao MCR, dessa forma os frames deverão ser entregues corretamente ao destinatário ou receptor.

Mesmo assim, o GFR não pode esperar que as aplicações finais negociem seus tráfegos, e pode acontecer que muitas delas utilizem um valor para PCR fixo, ou estabelecido previamente. Neste caso, os *frames* aparecerão como uma rajada de células junto com o PCR.

3.2) Utilização do CLP para a eleição dos frames

Foi comentado agora a pouco sobre a largura de banda mínima garantida. Formalmente, isso pode ser definido por pela eleição dos quadros (*frames*) que serão enviados ao destinatário. Isso tem como principal propósito, especificar quais quadros serão entregues com o mínimo de banda destinada. Devemos levar em consideração que o GFR tenta distribuir a largura de banda da rede em porções “justas” para todos os VC’s existentes na rede.

Para a eleição dos frames o GFR utiliza um algoritmo denominado de F-GCRA para conexões contendo somente “*conformance frames*”, frames que contém a maioria de suas células com o mesmo CLP.

Um ponto curioso nas considerações sobre o GFR é que o serviço pode ter duas definições dependendo do tipo de implementação na rede. Ou o GRF usa o F-GCRA exclusivamente para setar o valor de CLP como 1 nos frames não-elegíveis no seu ingresso na rede, ou não. Nesse caso a categoria assume o nome de GFR2. Então quando as funções de policiamento no ingresso da rede usam o F-GCRA para marcar os frames não-elegíveis. Quando a segunda definição é usada, somente os frames com CLP=0 são aceitos dentro da rede. Assim há uma clara distinção entre frames elegíveis e não-elegíveis, dessa forma os *switches ATM* podem decidir quando devem entregar frames com um mínimo de largura de banda garantida, ou não.

Já para o GFR1, a rede não permite a modificação dos bits CLP nos frames enviados pelos sistemas finais, mas estes ainda podem enviar frames com CLP=0 quando houver um excesso, isso com uma largura de banda mínima definida. Assim, não existe uma definição muito clara dos frames elegíveis e dos não-elegíveis. Dessa forma, o GFR1 deve ser hábil em determinar, ele mesmo, quais frames com CLP=0 devem ser transmitidos com essa garantia e quais frames são parte do excesso de tráfego e assim podem ser descartados se acontecer um congestionamento. O GFR requer que a rede entregue uma quantidade suficiente de frames ao destinatário para que uma largura de banda mínima seja garantida, mas não especifica qual frame deve ser entregue ao destinatário.

Outro ponto a destacar sobre a versão GFR1 é quanto a semântica que o bit CLP assume, ou seja, quais *frames* serão descartados primeiro, melhor dizendo como será a ordem de descarte. Podemos com isso, ter duas semânticas:

- 1) *Interpretação rígida*: todos os *frames* com CLP=0, isso inclui os não-elegíveis, tem maior importância do que os que tem CLP=1. Isso implica que os *switches ATM* devem sempre descartar os *frames* com CLP=1 para depois descartar os que tem CLP=0, uma mera ordem de precedência no descarte.
- 2) *Interpretação relativa*: os *frames* que contém CLP=1, são sempre menos importantes do que os que contém CLP=0, considerando o mesmo VC. Porém isso pode mudar e os *frames* que antes tinham um grau de menor importância, agora possuem maior significado e serão descartados em segundo plano.

Devido a essas considerações podemos ter situações em que teremos um gargalo grande na rede para um determinado par de VC's, e poderemos também não tê-lo. Isso será possível quando da combinação dessas interpretações, visto que cada equipamento ATM escolherá um tipo de interpretação como base para o seu método de descarte.

4) GFR e outras categorias de serviços

Existem alguns pontos que podemos colocar como comparativos quando relacionamos o GFR com as demais categorias de serviços. A seguir estão algumas comparações do GFR com as categorias UBR, VBR, ABR, vejamos:

4.1) GFR x UBR

A principal vantagem do GFR com MCR zero é que a rede que implementa serviços GFR deverá especificar um valor limite de *frames*. Assim, os *switches* GFR devem implementar estratégias de descarte mais bem definidas. Embora a categoria UBR também tenha um mecanismo de descarte de *frames*, não é tão forte quanto o do GFR. Dessa forma espera-se que o desempenho sobre o TCP o GFR seja no mínimo superior ao desempenho do UBR.

4.2) GFR x VBR

Comparando essas duas categorias podemos notar que a QoS é que faz a diferença. Enquanto o GFR garante um mínimo de largura de banda para os *frames*, o VBR garante o mesmo, mas para as células do *frame*. Isso vem certificar que uma rede que implementa GFR sempre tem um melhor desempenho do que VBR.

4.3) GFR x ABR

A principal diferença entre essas duas categorias é quanto às aplicações finais. O GFR não impõe a implementação de um “*Shaper*” complexo dentro de suas aplicações como o ABR impõe. Isso sem falar que o ABR funciona como um FIFO (*First-In, First-Out*), e isso faz com que o gerente de rede tenha que especificar valores altos para os parâmetros de rede, como o RIF (Rate Increase Factor) e o RDF (Rate Decrease Factor). Já com o GFR esses parâmetros não são requeridos.

5) Implementações e *Switches ATM* com suporte para GFR

Diversas implementações tem sido propostas para *switches* que suportam ATM. Estas implementações podem ser agrupadas em 3 categorias:

A mais simples dessas categorias implementa um *switch* que necessita manter alguns bits de estado para cada VC estabelecido para desempenhar o descarte de *frames* da categoria GFR. A principal vantagem dessa implementação é a baixa complexidade.

A implementação do *switch* para a segunda categoria, ou categoria com complexidade intermediária, requer no mínimo um contador e bits de estado para cada VC estabelecido. Lembrando que nessa categoria os *switches* comportam-se como FIFO.

Finalmente, a mais complexa das categorias requer manter um contador, bits de estados como uma fila de tamanho lógico para cada VC estabelecido. Esta implementação conta com o apoio da WFQ (*Weighted Fair Queuing*) como escalonador para fornecer um mínimo de largura de banda.

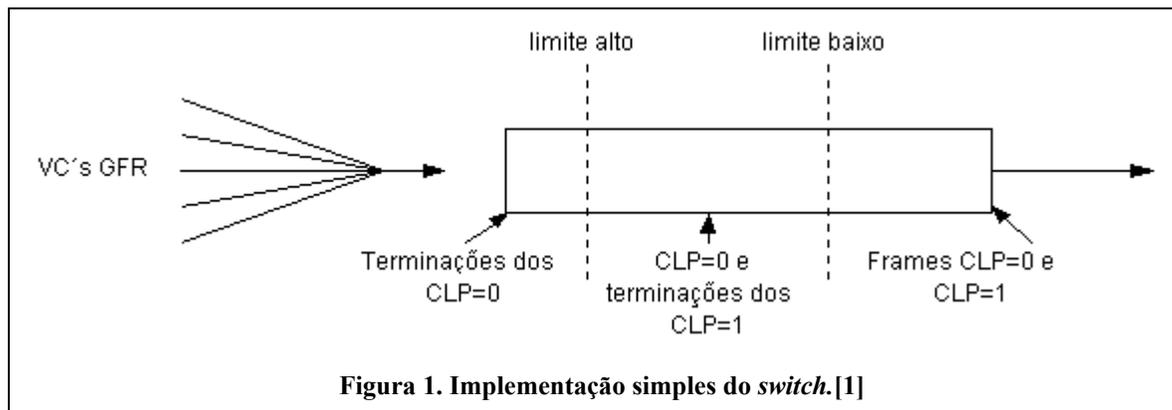
5.1) Implementação simples para GFR2

Vimos que a categoria de serviços GFR pode assumir duas vertentes dependendo da implementação, GFR1 e GFR2. Agora veremos uma simples implementação para GFR2

A mais simples implementação proposta em [2] é uma adaptação do algoritmo “buffer acceptance”, freqüentemente usado para dar suporte ao serviço VBR na redes ATM. Intuitivamente a, a implementação deste *switch* oferece uma garantia de descartes iniciais dos frames que contenham CLP=1 e depois os que contenham CLP=0. Nessa implementação podemos destacar a presença de um valor limite para o descarte. Este limite, dito como baixo ou ainda limite chão, é escolhido em função do tráfego estabelecido entre origem e destino. O limite, dito como alto ou ainda como limite teto, é usado para assegurar que o *switch* não deixará de tratar uma célula do *frame*. A figura abaixo, ilustra esta implementação.

Todos os VC's do GFR estão multiplexados em um único buffer FIFO, na qual é diretamente acoplado à saída do link. A principal vantagem desse tipo de implementação fica evidente uma vez que somente um contador global é

requerido para o número de células dentro do *buffer*, e dois bits de estado para cada *frame* inteiramente descartado, quando ocorrem congestionamentos.



5.2) Implementações baseadas em contadores

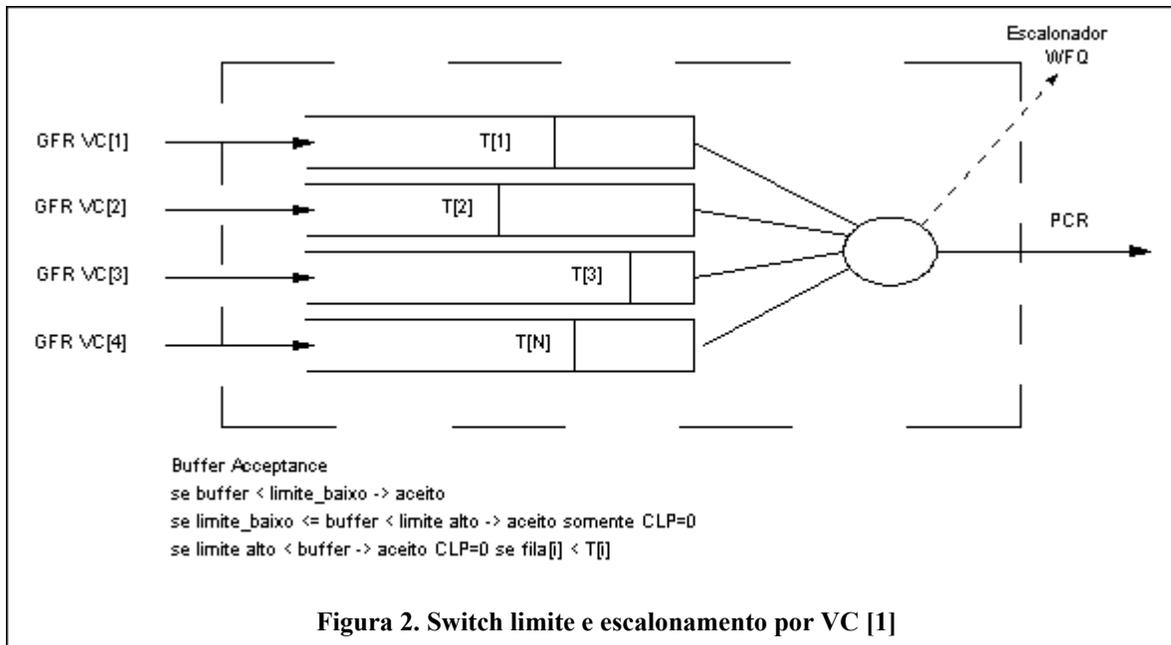
Esta implementação mantém um contador para cada VC. O valor do contador é usado para decidir se um novo *frame* pode ser aceito dentro do *buffer* FIFO. Além disso, um processo em *background* atualiza os contadores com uma taxa de MCR para cada VC e saída corrente do link.

A atualização dos contadores VC é feita em ordem para assegurar que cada contador recebe um número de créditos correspondendo ao MCR referente. Para maiores detalhes sobre este tipo de algoritmo, consulte a referência [3]. Podemos notar novamente a presença dos contadores que armazenam a quantidade de células para cada VC dentro do *buffer*.

Além desses contadores há a necessidade de um outro contador global mais complexo para que seja capaz de atualizar os contadores destinados para as células.

5.3) Limite e Escalonamento

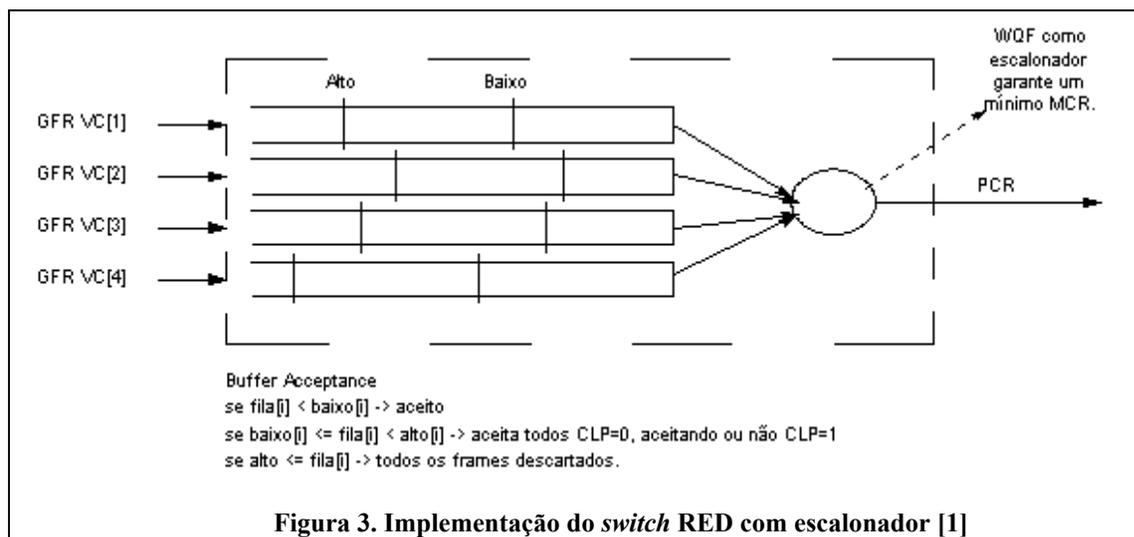
Esta implementação combina um algoritmo "*buffer acceptance*" com um escalonador para cada VC. Este tipo de implementação oferece uma fila lógica por VC com um escalonador WQF que tem uma taxa mínima ou igual a MCR. Essas filas garantem que quando ativo, cada VC alocado terá uma porção da largura de banda. A razão para o uso desses escalonadores é que raramente eles fornecem uma porção da rede que não esteja reservada para um VC, certificando-os como bons escalonadores. Além disso, o *switch* deve ser inteligente o bastante para que não deixe um VC provocar o congestionamento na rede, para isso deve ser capaz de descartar *frames* de um específico VC. Isso é feito pelo algoritmo "*per-VC buffer acceptance*" que é ilustrado na figura abaixo.



Este algoritmo conta com dois contadores globais com máximos limites. Um deles é específico para contar ocupação do *buffer* e o outro é toma conta da fila para o VC. Estes contadores não estão representados na figura acima. Esses dois contadores promovem o balanceamento do número de quadros dentro das filas. Esta implementação pode ser tanto usada para a versão do GFR1 quanto para o GFR2.

5.4) Escalonamento e RED

A implementação desse tipo de *switch* é baseada em descartes de *frames* por valores limites. A sigla RED (*Random early detection*) é nome de um mecanismo que oferece uma boa largura de banda para a utilização dos escalonadores presentes em cada VC. Este mecanismo tenta distribuir de uma forma justa os recursos de *buffer* de acordo com a quantidade de informação existente nas filas. Este algoritmo também é configurado por dois contadores globais que gerenciam o seu funcionamento. O valor desses contadores depende principalmente do tráfego estabelecido na rede.



5.5) Desempenho do GFR sobre o TCP

Para podermos falar sobre o desempenho do GFR sobre o TCP temos levar em consideração que diversas pesquisas tem sido feitas para a evolução do GFR nesse ambiente, uma vez que a maioria das redes de comunicação encontra-se hoje implementadas e utilizando o TCP como protocolo de transporte. Devido a esse fato, e nesse caso, as pesquisas relatadas no artigo de *Oliver Bonaventure* estão divididas em dois pontos, principalmente porque as simulações foram feitas em dois ambientes com características diferentes, a serem considerados.

O primeiro leva em consideração uma simples conexão TCP para cada VC da rede ATM, assim uma largura de banda mínima foi associada a cada conexão TCP. Nesse caso, estamos considerando e observando uma rede heterogênea, pois, sabemos que é pouco comum o aparecimento de pontos ATM em uma rede.

O segundo, mais realista, considera uma rede ATM de *backbones*. Nesse caso os sistemas ou aplicações finais não estão conectados diretamente à rede ATM, mas estão conectados em LAN's, e em *routers* utilizados na multiplexação de diversas conexões estabelecidas por estas aplicações e centradas em cada um dos VC's ATM. Neste caso, cada um dos VC's ATM carrega um grande número de de conexões TCP.

Para a avaliação do TCP nesse ambiente previamente proposto contou-se com o auxílio dos simuladores com a versão modificada do STCP, uma ferramenta desenvolvida especialmente para simulações de tráfego TCP sobre redes ATM. Entre outras considerações para a obtenção de resultados paupáveis pode-se destacar que para ser possível a simulação, considerou-se sempre a transferência de arquivos de tamanhos fixos do emissor para o receptor, sempre enviando um arquivo de cada vez, e o tempo máximo de envio de arquivos foi estabelecido em 100 s, e que teriam MCR diferentes.

O propósito das simulações era observar se o TCP usando VC's ATM era capaz de garantir uma boa largura de banda na camada ATM. O resultado das simulações nos diferentes ambientes são mostrados em ilustrações até o final desse trabalho. Vamos a elas.

5.6) Estações de trabalho com o GFR

Para esta primeira simulação, Considera-se uma rede ATM ponto-a-ponto utilizando TCP e 10 estações (emissoras) que enviam arquivos para 10 outras estações (receptoras) ao longo da rede. Considerou-se também que as emissoras transferem continuamente arquivos de 1Mbyte e que a rede fornece largura de banda suficiente para isso e que o maior tamanho para um pacote transmitido MTU (maximum packet size) era de 9180 bytes ou ainda 192 células ATM. Lembrando também as estações consideradas sempre transmitem *frames* com CLP=0. A seguir estão descritos o cenário da rede (Figura 4) e os resultados obtidos (Tabela 1).

Estações (par)	PCR	MCR	Tempo de atraso
De 1 para 1*	155 Mb/s	2 Mb/s	15 ms
De 2 para 2*	155 Mb/s	4 Mb/s	15 ms
De 3 para 3*	155 Mb/s	6 Mb/s	15 ms
De 4 para 4*	155 Mb/s	8 Mb/s	15 ms
De 5 para 5*	155 Mb/s	10 Mb/s	15 ms
De 6 para 6*	155 Mb/s	2 Mb/s	30 ms
De 7 para 7*	155 Mb/s	4 Mb/s	30 ms
De 8 para 8*	155 Mb/s	6 Mb/s	30 ms
De 9 para 9*	155 Mb/s	8 Mb/s	30 ms
De 10 para 10*	155 Mb/s	10 Mb/s	30 ms

Tabela 1- Características de GFR no cenário das WorkStations [1]

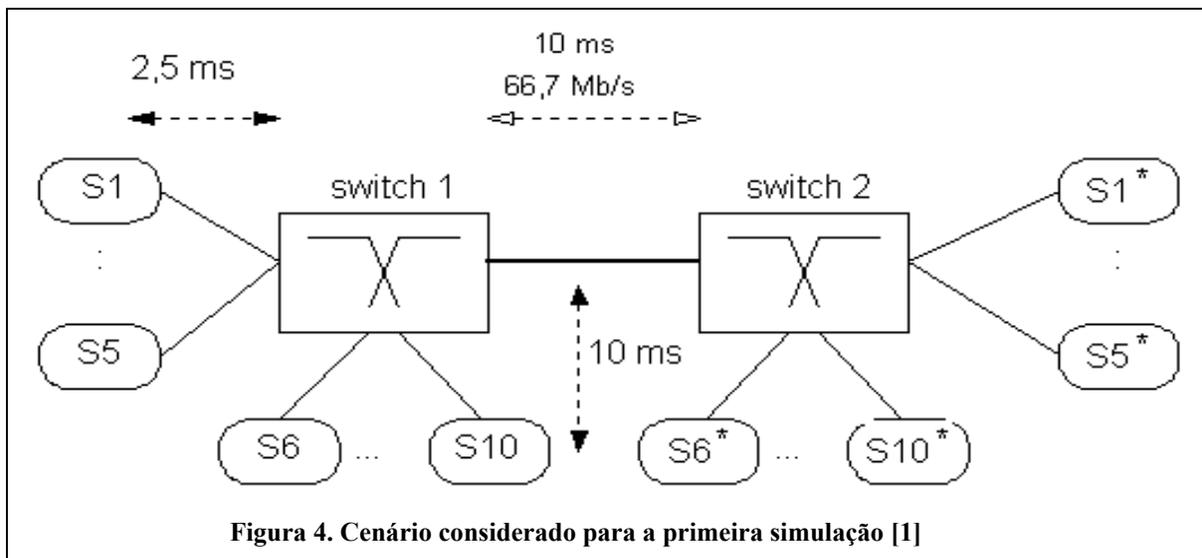


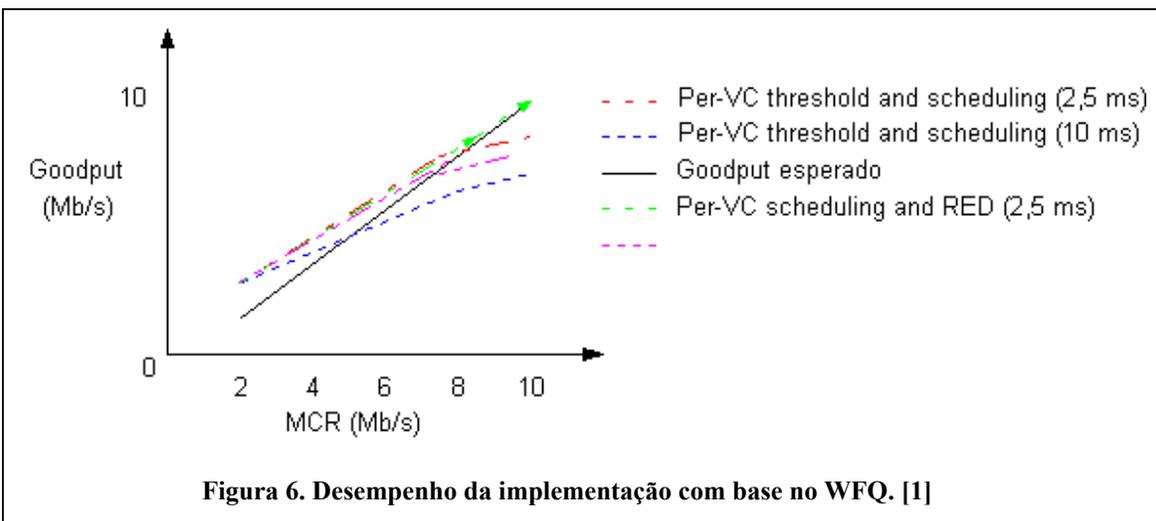
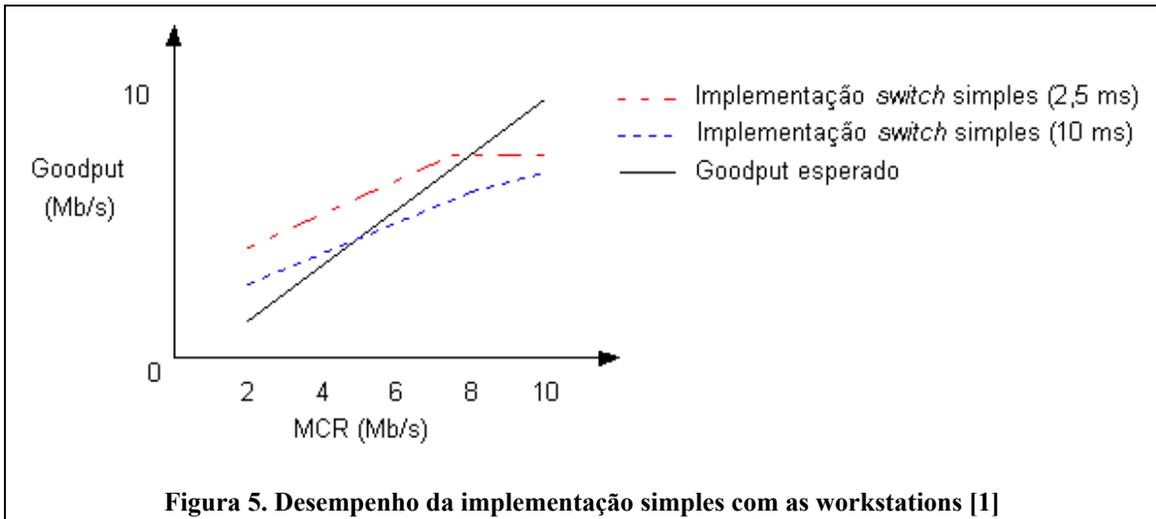
Figura 4. Cenário considerado para a primeira simulação [1]

O tempo de atraso entre os dois *switches* implementados na rede é de 10ns. Para os links que o *backbone* disponibiliza, foi escolhido que 90% da largura de banda seria reservada para tais links, dessa forma o link do *backbone* terá um MCR de 60 Mb/s, e uma largura de banda na casa dos 67 Mb/s.

Diante desse cenário foram utilizados os dois conceitos, ou versões que aparecem para o GFR, já citados anteriormente, o GFR1 e o GFR2.

Quando usado o conceito de GFR2 para a simulação da implementação de um *switch* simples, o tamanho do *buffer* foi configurado em 16000 células. O limite baixo desse *buffer* foi configurado em 2000 células para evitar descates de *frames* com CLP=0, aliás nenhum descarte foi promovido durante as simulações. Na Figura 5 e 6, logo abaixo, estão ilustrados os resultados para estes casos. Como um exemplo simples, e para entender melhor os resultados apresentados nessa figura, podemos citar a seguinte situação. Uma estação conectada a rede com uma taxa de 10 Mb/s, alcançará um melhor resultado para taxa de transmissão

(*goodput*), no máximo, a 7,5 Mb/s quando usado este conceito. Por outro lado, consegue tranquilamente ultrapassar a taxa de 2 Mb/s estabelecida para MCR. Este baixo desempenho é devido aos algoritmos utilizados nas combinações. O tráfego TCP é caracterizado por ser um tráfego por pulsos (rajadas), e o F-GCRA espera um tráfego mais ameno, mais suave, dessa forma marcará um grande número de quadros com CLP=1.



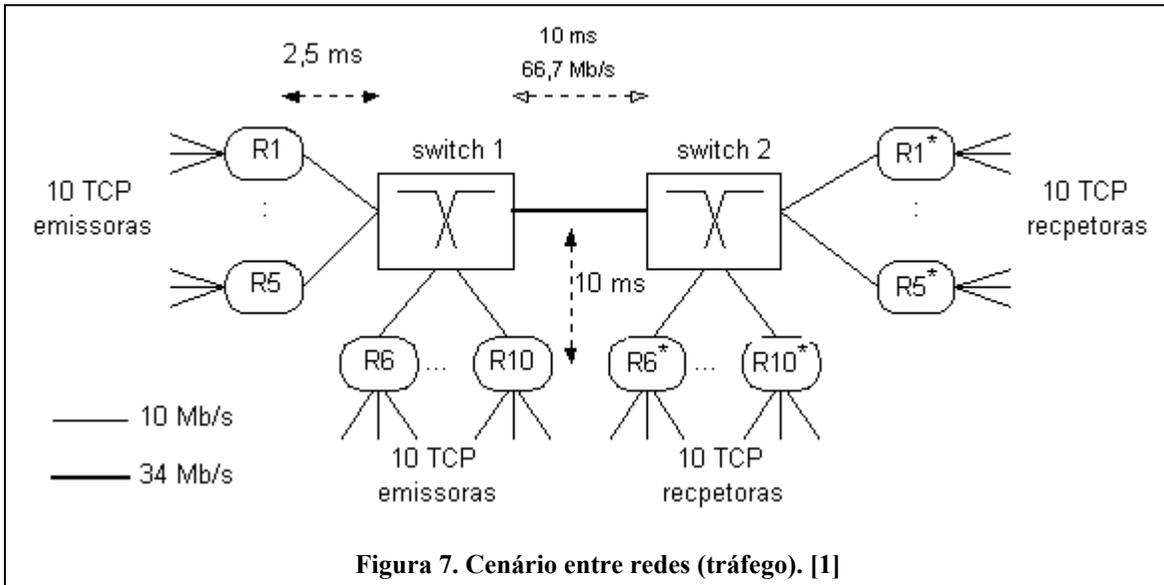
Quando usado o conceito de GFR1 com os *switches* usando escalonadores, um espaço virtual de escalonamento foi implementado no simulador. Para os contadores globais do *switch* para os limites baixo e alto foram configurados com os seguintes valores, 2000 e 12000 células, respectivamente. O desempenho com esta segunda implementação é melhor do que a primeira.

Todavia, a implementação com todos os *switches* utilizando este conceito, não garantiria uma boa distribuição da largura de banda da rede. Devido ao controle de congestionamento do TCP, apareceriam alguns *switches* que teriam o

round-trip estimado em 15 ns e outros com estimativa de 30 ns. Os melhores resultados foram obtidos com a implementação do algoritmo RED que suavizava as taxas de transmissão e conseguia a melhor largura de banda. Isso se deve ao fato dos *switches* tentarem avisar que perderam algumas das rajadas de pacotes do TCP, assim um impacto positivo pode ser considerado, uma vez que há a diminuição do número de ocorrências de *time-out* de pacotes.

5.7) Tráfego Internetwork com GFR

Para a segunda simulação, foi considerado um cenário diferente do apresentado na primeira simulação. Neste cenário aparecem muitos pontos IP's que são agregados primeiramente em *routers* e depois enviados aos *backbones* ATM. O cenário fica melhor entendido depois de visualizado na Figura 7, logo abaixo. Levamos em consideração as mesmas 20 estações consideradas no cenário da primeira simulação.



O agregamento de todo o tráfego das estações de trabalho é enviado através de um *backbone* ATM para o seu *router* correspondente, o qual entrega os pacotes para as estações remotas presentes nas demais redes LAN's. O MTU foi estipulado como 1500 *bytes* ou 32 células ATM. O resumo dos dados para esse caso estão na Tabela 2, logo abaixo.

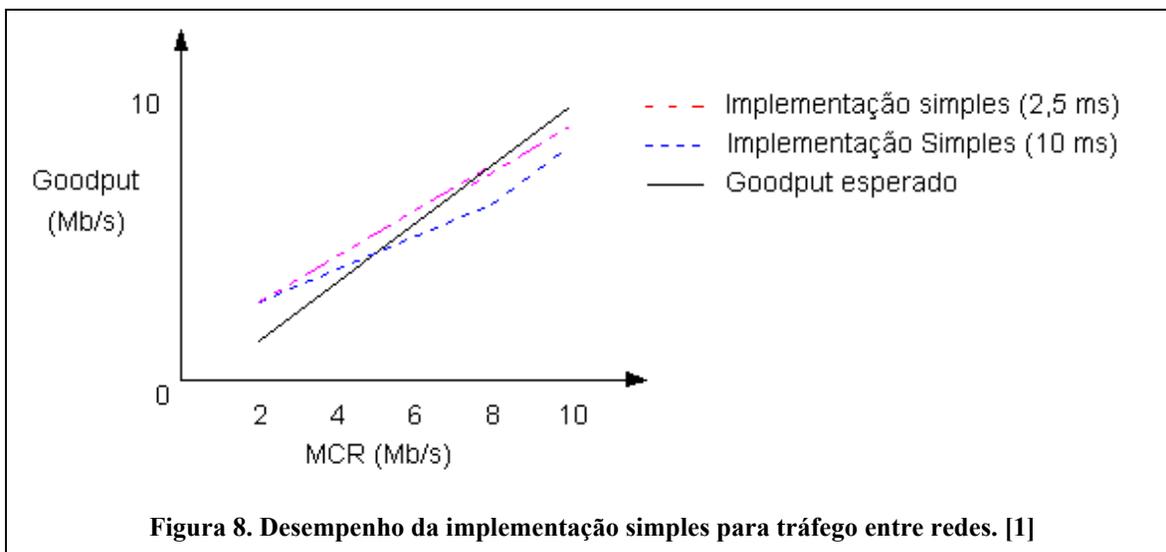
Estações (par)	PCR	MCR	Tempo de atraso
De 1 para 1*	34 Mb/s	2 Mb/s	15 ms
De 2 para 2*	34 Mb/s	4 Mb/s	15 ms
De 3 para 3*	34 Mb/s	6 Mb/s	15 ms

De 4 para 4*	34 Mb/s	8 Mb/s	15 ms
De 5 para 5*	34 Mb/s	10 Mb/s	15 ms
De 6 para 6*	34 Mb/s	2 Mb/s	30 ms
De 7 para 7*	34 Mb/s	4 Mb/s	30 ms
De 8 para 8*	34 Mb/s	6 Mb/s	30 ms
De 9 para 9*	34 Mb/s	8 Mb/s	30 ms
De 10 para 10*	34 Mb/s	10 Mb/s	30 ms

Tabela 2. Característica do GFR para o cenário entre redes proposto. [1]

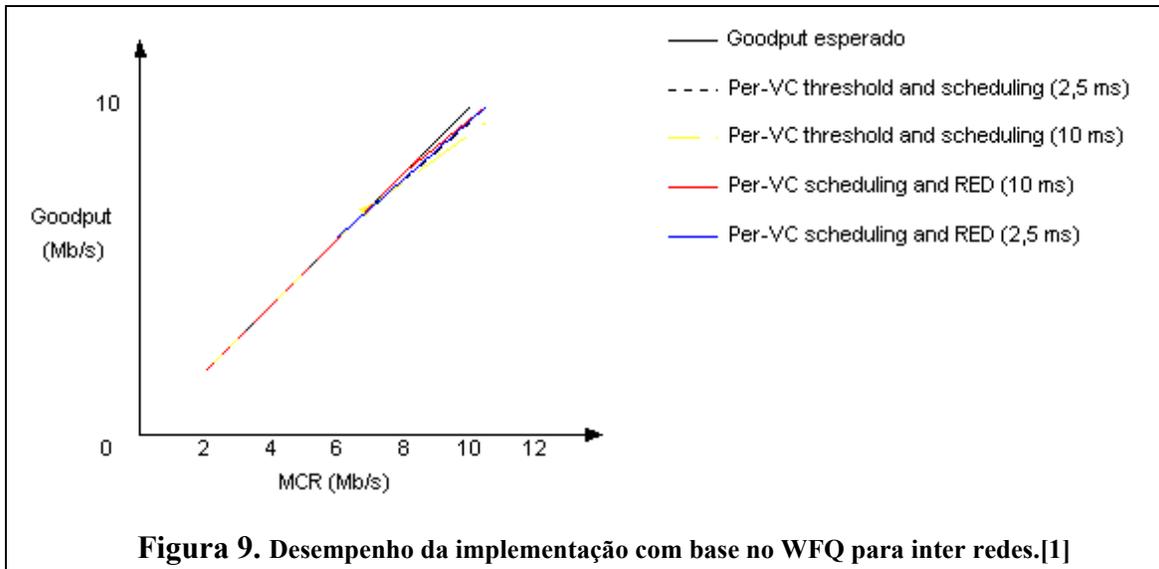
Para que as simulações fossem efetuadas configurou-se o limite baixo para 2000 células, e o MBS como sendo 320 células. Para cada implementação do “Per-VC limite e escalonador”, os contadores globais foram setados como sendo 2000 e 12000, respectivamente. Para a simulação utilizando o algoritmo de RED utilizou-se os contadores globais, de máximo e mínimo, como sendo 6000 e 2000, respectivamente.

Para a implementação simples pode-se perceber que o desempenho do TCP é muito melhor do que para o tráfego de estações de trabalho, mas não perfeito. Aqui, haverá uma menor porcentagem de quadros marcados por parte o F-GCRA, conseqüentemente uma menor taxa de quadros perdidos. Quando uma rajada de pacotes TCP é marcado pelo F-GCRA e depois desmarcado pelos *switches* ATM, somente um pequeno número de estações de trabalho irá voltar-se para os *routers* para efetivar essas perdas. Como na primeira simulação a implementação utilizando o algoritmo RED ultrapassa as implementações baseadas em contadores, isso pode ser visto na Figura 8, logo abaixo.



Isso não quer dizer que a implementação utilizando RED seja a melhor de todas. Nesse tipo de implementação o escalonador é responsável por quase todo o bom desempenho conseguido. A melhora de potencial de cada um dos algoritmos apresentados depende principalmente da forma como são configurados. Como anunciamos anteriormente, apresentaremos agora também

os resultados para as simulações feitas utilizando implementações de *switches* com base no algoritmo WFQ, também discutido anteriormente, vejamos na Figura 9.



6) Conclusões

Foram mostrados diversos tipos de implementações para *switches* ATM sobre o TCP, e vimos que cada um pode ou não beneficiar o desempenho da taxa de transmissão de uma rede, mas para que isso seja realmente alcançado, é necessário que sejam feitos estudos de caso para cada solução a ser implementada.

Vimos também que mesmo para resultados não muito satisfatórios, os algoritmos apresentados influenciavam de forma direta nas boas taxas de transferências na rede. É válido lembrar que esses mesmos resultados estão apresentados em forma de gráficos que podem ilustrar o desempenho de cada um dos itens discutidos.

O objetivo desse autor não era determinar qual método é realmente o melhor, mas sim dar ao leitor uma visão geral sobre alguns métodos utilizados para a implantação do GFR em redes ATM. Para isso apresentou alguns aspectos peculiares sobre o seu funcionamento e determinou sob a forma de gráficos e tabelas os resultados conseguidos através de simulações.

É válido lembrar que os fundamentos desse artigo são simulações e que situações bem parecidas e bem adversas podem ser conseguidas na prática, por isso o autor alerta quanto os resultados e impões condições para a simulação.

7) Bibliografia

- [1] *Guaranteed Frame Rate: A Better Service for TCP/IP in ATM Networks*, Oliver Bonaventure, IEEE Network, IEEE Network, January/February 2001.
- [2] R. Guerin and J. Heinanen, "UBR+ Service Category Definition," ATM Forum ATM96-1598, Dec. 1996.
- [3] K. Siu, Y. Wu, and W. Ren, "Virtual Queuing Techniques for UBR+ Service in ATM with Fair Access and Minimum Bandwidth Guarantee," *GLOBECOM '97*, 1997, pp. 1081–85.
- [4] Donizete, V. O. R. & Faria, T. F. "ATM: Controle e Gerenciamento" – Site da Internet, Setembro/1999. <http://www.lcmi.ufsc.br/redes/redes99/renato/SemII/index.html>