

SIMULAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DO MECANISMO DE POLICIAMENTO DUAL LEAKY BUCKET EM CHAVES ATM PARA CLASSE DE SERVIÇO VBR PARA TRÁFEGOS DE VÍDEO

MICHELLE MIRANDA PEREIRA

Dissertação apresentada ao Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências "Física Aplicada-Opção Física Computacional"

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Magna

**São Carlos - São Paulo
2002**

USP/IFSC/SBI



8-2-001485

| |
|-------------|
| IFSC - SBI |
| CLASS..... |
| CUTTER..... |
| TOMBO..... |

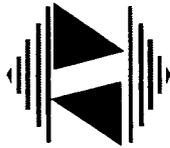
Pereira, Michelle Miranda

“Simulação e análise comparativa dos métodos do mecanismo de policiamento dual leaky bucket em chaves atm para classes de serviço vbr para tráfegos de vídeo”/ Michele Miranda Pereira - São Carlos, 2002

**Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2002 - páginas: 103
Área: Física Aplicada-Opção Física Computacional
Profa. Dra. Patrícia Magna**

1. Algoritmo do mecanismo , ATM, VBR

I. Título



IFSC UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO
Instituto de Física de São Carlos

Caixa Postal 369
13560-970 São Carlos, SP
Av. Trabalhador São-carlense, 400,
13566-590 São Carlos, SP

Fone/Fax 16 273 9777
www.if.sc.usp.br
wladerez@if.sc.usp.br

MEMBROS DA COMISSÃO JULGADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MICHELLE MIRANDA PEREIRA, APRESENTADA AO INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS, DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, EM 16/10/2002.

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dra. Patrícia Magna (Orientadora) – COC

Prof. Dr. Carlos Antônio Ruggiero – IFSC-USP

Prof. Dra. Liria Matsumoto Sato – EP-USP

DEDICATÓRIA

Aos meus pais que jamais deixaram de acreditar em mim, e que todas as horas estavam presentes; a minha avozinha pelas suas orações, e seu imenso carinho materno; e aos meus irmãos Giselle e Alexandre, que me estimularam a ir sempre em frente.

AGRADECIMENTOS

- A Profa. Dra. Patricia Magna, pela suas palavras amigas, sua orientação precisa, incentiva e principalmente por estar sempre aberta a discussões,
- Aos colegas André, Thaty, Andrea, Colato, Chico, Melissa, Elaine, Luciana (cunha) que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho,
- As minhas amigas Marina e Tatiana, pelo companheirismo e amizade,
- Ao meu namorado Marcelo pelo enorme apoio, compreensão, amor e carinho,
- A colega Rejane que me auxiliou no trabalho, nas horas que eu não poderia estar presente,
- Ao colega André de Angellis pela sua enorme disposição em ajudar,
- Ao CNPQ pelo suporte financeiro, sem o qual este trabalho certamente não teria sido desenvolvido,
- A Empresa Fóton Informática pelo apoio,
- Ao Prof. Dr. Jan Slaetes e Prof. Dr. Antônio Carlos Ruggiero (Totó), pelos recursos oferecidos,
- Á Wladerez Aparecida Gounella Caiado (Wlá), por sua paciência,
- E muitos outros, de que uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

De um modo especial agradeço a Nossa Senhora das Graças que me concedeu toda força para finalizar esse trabalho, e meu anjo da guarda pela sua proteção divina ...

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| LISTA DE TABELAS | ix |
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| | |
| Capítulo 1: INTRODUÇÃO | 1 |
| | |
| Capítulo 2: A TECNOLOGIA ATM E QUALIDADE DE SERVIÇO | 5 |
| 2.1 ATM (<i>Asynchronous Transfer Mode</i>) | 5 |
| 2.2 QUALIDADE DE SERVIÇO | 9 |
| 2.2.1 NECESSIDADES DE QOS EM APLICAÇÕES | 10 |
| 2.3 CONTRATO E PARÂMETROS | 12 |
| 2.4 CATEGORIAS DE SERVIÇO ATM | 14 |
| 2.4.1 CBR | 15 |
| 2.4.2 VBR | 16 |
| 2.4.3 ABR | 17 |
| 2.4.4 UBR | 17 |
| 2.5 MECANISMOS DE ADMINISTRAÇÃO DO TRÁFEGO | 18 |
| 2.5.1 POLICIAMENTO DE TRÁFEGO (UPC - <i>USAGE PARAMETER CONTROL</i>) | 19 |
| 2.5.1.1 EXEMPLO DE ESTABELECIMENTO DE CONEXÕES COM COMANDOS UPC: <i>ATM ASX 200BX DA FORE SYSTEM</i> | 21 |
| 2.5.2 CONTROLE DE FLUXO ATRAVÉS DO <i>FEEDBACK</i> | 24 |
| 2.5.3 CONTROLE DE ADMISSÃO DE CONEXÃO (CAC) | 24 |
| 2.5.4 <i>TRAFFIC SHAPING</i> OU MODELADOR DE TRÁFEGO | 25 |
| 2.5.5 <i>EARLY PACKET DISCARD (EPD)</i> E <i>PARTIAL PACKET DISCARD (PPD)</i> | 26 |
| 2.6 Resumo | 27 |
| | |
| Capítulo 3: <i>DUAL LEAKY BUCKET</i> | 28 |
| 3.1 MECANISMO DE POLICIAMENTO <i>DUAL LEAKY BUCKET</i> | 28 |
| 3.1.1 POLICIAMENTO VBR1 | 32 |
| 3.1.2 POLICIAMENTO VBR2 | 32 |
| 3.1.3 POLICIAMENTO VBR3 | 33 |

| | |
|--|----|
| 3.2 RESUMO..... | 34 |
| Capítulo 4: DESCRIÇÃO DA SIMULAÇÃO | 35 |
| 4.1 DESCRIÇÃO DA SIMULAÇÃO | 35 |
| 4.2 GERAÇÃO DO TRÁFEGO DE VÍDEO..... | 36 |
| 4.3 Descrição do simulador e especificação de Policiamento UPC | 39 |
| 4.4 Aspectos da transmissão de vídeo em ATM..... | 41 |
| 4.4.1 MPEG –2..... | 43 |
| 4.5 Tráfego MPEG-2 e parâmetros do <i>Dual Leaky Bucket</i> | 45 |
| 4.6 Resumo | 46 |
| Capítulo 5: RESULTADOS | 47 |
| 5.1 ANÁLISE PARA TRÁFEGO DO TIPO FILME..... | 47 |
| 5.1.1 SIMULAÇÃO DO MÉTODO VBR1 | 49 |
| 5.1.1.1 VARIAÇÃO DE SCR..... | 49 |
| 5.1.1.2 VARIAÇÃO DE MBS..... | 51 |
| 5.1.1.3 VARIAÇÃO DE CDVT | 55 |
| 5.1.1.4 VARIAÇÃO DE PCR..... | 57 |
| 5.1.2 SIMULAÇÃO DO MÉTODO VBR2 | 59 |
| 5.1.2.1 VARIAÇÃO DE SCR..... | 59 |
| 5.1.2.2 VARIAÇÃO DE MBS..... | 62 |
| 5.1.2.3 VARIAÇÃO DE CDVT | 67 |
| 5.1.2.4 VARIAÇÃO DE PCR..... | 70 |
| 5.2 ANÁLISE PARA TRÁFEGO DO TIPO ESPORTE..... | 73 |
| 5.2.1 SIMULAÇÃO DO MÉTODO VBR1 | 74 |
| 5.2.1.1 VARIAÇÃO DE SCR..... | 75 |
| 5.2.1.2 VARIAÇÃO DE MBS..... | 76 |
| 5.2.1.3 VARIAÇÃO DE CDVT | 79 |
| 5.2.1.4 VARIAÇÃO DE PCR..... | 80 |
| 5.2.2 SIMULAÇÃO DO MÉTODO VBR2 | 83 |
| 5.2.2.1 VARIAÇÃO DE SCR..... | 83 |
| 5.2.2.2 VARIAÇÃO DE MBS..... | 86 |
| 5.2.2.3 VARIAÇÃO DE CDVT | 90 |
| 5.2.2.4 VARIAÇÃO DE PCR..... | 92 |
| 5.3 Resumo | 95 |
| Capítulo 6: CONCLUSÃO E PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS | 96 |
| 6.1 Conclusão | 96 |

| | |
|--|-----|
| 6.2 Propostas de trabalhos futuros | 99 |
| Referência Bibliográfica | 100 |
| GLOSSÁRIO | 103 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Formato dos cabeçalhos das células ATM..... | 6 |
| Figura 2 – Representação do canal e caminho virtual | 7 |
| Figura 3 – O modelo de camadas ATM..... | 8 |
| Figura 4 – A demanda de QoS nas aplicações..... | 11 |
| Figura 5 - Contrato do tráfego ATM..... | 13 |
| Figura 6 - Caracterização de um tráfego em rajada | 14 |
| Figura 7 - CBR usa uma largura de banda fixa | 16 |
| Figura 8 - As classes rt – VBR e nrt – VBR descritas pelas taxas PCR e SCR | 16 |
| Figura 9- Utilização da Largura de Banda pelas classes de serviço | 18 |
| Figura 10 – Localização das funções UPC e NPC..... | 21 |
| Figura 11– Comando de configuração de UPC para ASX200BX Fore..... | 23 |
| Figura 12 – Comando de configuração de UPC para a classe de serviço VBR | 24 |
| Figura 13- Exemplo da ação do modelador do tráfego..... | 26 |
| Figura 14 – <i>Traffic Shaping</i> e UPC..... | 26 |
| Figura 15 – Modelo GCRA | 29 |
| Figura 16- Esboço do mecanismo de policiamento <i>Dual Leaky Bucket</i> , segundo Cisco ... | 30 |
| Figura 17- Policiamento em VBR1..... | 32 |
| Figura 18- Policiamento em VBR2..... | 33 |
| Figura 19- Policiamento em VBR3..... | 34 |
| Figura 20 – Tempo entre rajadas | 38 |
| Figura 21 – Algoritmo dos métodos utilizados neste trabalho | 41 |
| Figura 22 – Variação na utilização de banda para vídeo do tipo filme e esporte..... | 42 |
| Figura 23 – I-picture, P-Picture, B-picture..... | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Categorias de tráfego..... | 15 |
| Tabela 2 – Parâmetros das classes de serviço..... | 15 |
| Tabela 3: Notação utilizada para especificação dos parâmetros usados pelo controle UPC | 21 |
| Tabela 4 - Conexão VBR pela Cisco..... | 31 |
| Tabela 5- Conexão VBR na ATM Forum..... | 31 |
| Tabela 6 - Células transmitidas para os três tipos de vídeo..... | 36 |
| Tabela 7– Frequência em relação aos intervalos especificados..... | 37 |
| Tabela 8 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 22.500 (células/segundo)..... | 60 |
| Tabela 9 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 25.000 (células/segundo) e 27.500 (células/segundo)..... | 61 |
| Tabela 10 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS e PCR para SCR = 19.000 (células/segundo)..... | 63 |
| Tabela 11 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS e SCR para PCR = 25.000 (células/segundo)..... | 64 |
| Tabela 12 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS e SCR para PCR = 22.500 (células/segundo)..... | 66 |
| Tabela 13 – Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 22.500 (células/segundo)..... | 67 |
| Tabela 14 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 25.000 (células/segundo)..... | 68 |
| Tabela 15 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 27.500 (células/segundo)..... | 69 |
| Tabela 16 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 28.800 (células/segundo)..... | 84 |
| Tabela 17 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 32.000 (células/segundo)..... | 85 |
| Tabela 18 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 35.200 (células/segundo)..... | 85 |
| Tabela 19 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS para PCR = 28.800 (células/segundo)..... | 87 |
| Tabela 20 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS para PCR = 32.000 (células/segundo)..... | 90 |
| Tabela 21 – Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 28.800 (células/segundo)..... | 91 |
| Tabela 22 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 32.000 (células/segundo)..... | 91 |
| Tabela 23 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 35.200 (células/segundo)..... | 92 |

RESUMO

A garantia de qualidade de serviço (QoS) tem-se demonstrado muito importante em aplicações em tempo real. Este trabalho apresenta um estudo sobre Mecanismos de Policiamento na tecnologia ATM, mais especificamente, sobre o funcionamento do Mecanismo *Dual Leaky Bucket*, utilizado pela classe de serviço VBR em rede ATM. Para este estudo foi implementado um simulador por *software* do mecanismo *Dual Leaky Bucket*. Foram analisados dois tipos de tráfegos de vídeo com compressão MPEG-2, com pouca e muita movimentação. A partir da simulação pôde-se analisar como o erro na definição de parâmetros do contrato de QoS definidos pelo usuário no estabelecimento da conexão pode levar ao aumento na taxa de perda de informações e, conseqüentemente, a degradação da qualidade necessária pela aplicação.

Palavras-chave: Caracterização de fluxos de tráfego ATM, policiamento de tráfego MPEG-2, simulação de tráfego, algoritmo do Mecanismo de Policiamento *Dual Leaky Bucket*, classes de serviço ATM e VBR.

ABSTRACT

The guarantee of quality of service (QoS) has been demonstrating very important in real time applications. This work presents a study on Policing Mechanisms in the ATM technology, more specifically, on the operation of the Dual Leaky Bucket Mechanism, used by the class of service VBR in ATM networks. For this study a Dual Leaky Bucket mechanism simulator by software was implemented. Two kinds of MPEG-2 video traffics were analyzed with a little and a lot of movement. The simulation shows how a mistake in the definition of parameters in the QoS contract, defined by user, during of the connection establishment can leads to increase of information loss rate and, consequently, the degradation of the necessary quality for the application.

Keywords: Characterization of ATM flows of traffic, policing on MPEG-2 video traffic, simulation of traffic, Mechanism Dual Leaky Bucket algorithm, ATM classes of service and VBR.

Capítulo 1

Este capítulo contém a introdução e a estrutura do trabalho realizado.

Introdução

A tecnologia *Asynchronous Transfer Mode* (ATM) marcou o início de uma nova fase para a integração de redes e transmissão de dados. Esta tecnologia foi implementada para transmissões de alta velocidade de voz, vídeo e dados através de redes de computadores. Além de alta velocidade, outras vantagens sobre tecnologias de rede tradicionais incluem capacidade de acompanhar a demanda por largura de banda, o crescimento do tamanho da rede de modo bastante flexível e a capacidade de reserva de largura de banda no momento da conexão.

Numa rede ATM, toda vez que uma aplicação quiser estabelecer uma conexão, esta necessita negociar um contrato de tráfego com a rede para definir uma classe de serviço. A partir dos parâmetros negociados, a rede deve garantir a qualidade de serviço da transmissão. Existem quatro classes de serviço: *Constant Bit Rate* (CBR), *Variable Bit Rate* (VBR), *Unspecified Bit Rate* (UBR) e *Available Bit Rate* (ABR).

O serviço CBR garante uma taxa de transmissão constante e idêntica à negociada como taxa de pico. Além disso, a tolerância a variações no atraso deve ser obedecida, permitindo a sua utilização para tráfegos sensíveis a atraso como voz em tempo real e vídeo.

Para o serviço VBR, a aplicação negocia uma taxa média além da taxa de pico, através do qual a rede garantirá a transmissão na taxa de pico por certos intervalos e garantirá a taxa média em longo prazo. Esta classe permite atender tráfegos que toleram certa variação no atraso como vídeo.

O serviço UBR não apresenta nenhum parâmetro para ser negociado, sendo que a rede também não provê nenhuma garantia. No caso de não haver banda disponível, ocorre perda de células.

Assim como o UBR, o serviço ABR utiliza a banda restante dinamicamente, mas apresenta garantias como taxa de transmissão mínima, e certo nível de perda de células. Esta classe atende a tráfegos insensíveis ao atraso, mas sensíveis à perda, como o tráfego de dados.

O congestionamento em uma rede leva à degradação da qualidade de serviço (QoS) das conexões estabelecidas. Qualidade de serviço é uma questão importante para a tecnologia ATM tendo em vista sua crescente utilização para tráfego em tempo real, como áudio e vídeo. Para esta finalidade foram implementados mecanismos de administração do tráfego ATM como Controle de Admissão de Conexão (CAC), Policiamento de Tráfego (UPC), Controle de Fluxo ABR, Descarte Seletivo de células para as classes CBR, VBR e UBR. Estes mecanismos contribuem para a garantia da qualidade de serviço e tratam um possível congestionamento, garantindo que o tráfego gerado por uma conexão esteja de acordo com os parâmetros negociados no momento de seu estabelecimento. A complexidade de gerenciar o tráfego de uma rede ATM não é inerente à tecnologia ATM. Qualquer tecnologia de rede de alta velocidade que pretenda oferecer suporte de QoS a suas aplicações, fatalmente deverá implementar um sofisticado e complexo sistema de

controle de tráfego. Esta complexidade advém, principalmente, do fato de se tentar atender e garantir os parâmetros de QoS das conexões e ao mesmo tempo maximizar a eficiência da rede.

Simulações utilizando modelos de tráfego próximos aos reais têm contribuído para a avaliação da tecnologia ATM e desta forma, os modelos de tráfego têm um papel importante na comprovação da possibilidade de implementação eficiente de redes ATM, ajudando a ter uma idéia aproximada do comportamento que terá a rede na realidade.

Neste trabalho, é estudado o mecanismo de Policiamento *Dual Leaky Bucket* para tráfego VBR em chaves ATM, com o objetivo de gerar conhecimento a respeito de como os parâmetros definidos no contrato de QoS influenciam no desempenho deste. Para tanto foi implementado um simulador por software do mecanismo de policiamento. Como a utilização mais adequada da classe de serviço VBR é para aplicações do tipo vídeo, apenas esse tipo de transmissão foi simulado.

Os métodos VBR1 e VBR2 são variações da forma de policiamento do mecanismo *Dual Leaky Bucket*. As taxas de perda de células impostas por estes métodos, em função da variação dos valores utilizados para os parâmetros que descrevem o tráfego, foram comparadas a fim de se determinar o método mais indicado para ser utilizado por transmissões de vídeo.

As etapas realizadas para elaboração deste trabalho foram:

- estudo sobre o protocolo ATM relativo a definição de QoS;
- revisão bibliográfica a respeito dos mecanismos de policiamento de tráfego em redes ATM, com maior ênfase do mecanismo *Dual Leaky Bucket*;

- entendimento das características de um tráfego gerado pela transmissão de vídeo para geração de um tráfego similar a ser analisado pelo simulador;
- implementação do simulador do mecanismo *Dual Leaky Bucket* com seus métodos VBR1 e VBR2;
- análise dos resultados obtidos por simulação.

O capítulo 2 consta da descrição da tecnologia ATM e o conceito de contrato de QoS para conexões em redes ATM de acordo com as classes de serviço definidas pelo protocolo ATM. Também, é apresentado como é realizada a descrição do tráfego utilizando um conjunto de parâmetros de Qualidade de Serviço (QoS).

No Capítulo 3, é descrito o mecanismo de policiamento *Dual Leaky Bucket* e com suas variações: os métodos VBR1, VBR2 e VBR3 (este último não foi simulado neste trabalho).

No Capítulo 4, é apresentada uma descrição do conceito geral de transmissão de vídeo em redes ATM e como foi feita a simulação do Mecanismo *Dual Leaky Bucket* para VBR desenvolvido neste trabalho.

No capítulo 5, são apresentados os resultados obtidos na avaliação do desempenho dos métodos VBR1 e VBR2 do Mecanismo de Policiamento *Dual Leaky Bucket* para o tipo de tráfego para transmissão de vídeo dos tipos filme e esporte. A análise dos resultados baseia-se na taxa de perda (CLR) em função da variação dos parâmetros definidos no contrato de conexão.

Por último, no capítulo 6, são apresentadas algumas conclusões baseadas no comportamento dos resultados obtidos e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Este capítulo faz uma breve descrição da tecnologia ATM e seus conceitos: QoS, célula, classes de serviços, contrato, parâmetros, além de apresentar os mecanismos de tráfego.

A Tecnologia ATM e Qualidade de Serviço

2.1 ATM (ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE)

Asynchronous Transfer Mode (ATM) é uma tecnologia de rede capaz de transportar voz, vídeo e dados sobre um mesmo meio. Vários órgãos definiram padrões para ATM: ITU-T, *ATM Forum* e ANSI, facilitando a interoperabilidade entre os produtos dos diversos fornecedores.

Esta é uma tecnologia baseada na transmissão de informação em pequenas unidades de tamanho fixo, denominadas células. Estas células têm dois formatos possíveis, diferentes apenas no cabeçalho, mostrados na Figura 1, aplicáveis, respectivamente, à comunicação entre dispositivos *através* da UNI (*User Network Interface*), que permite a conexão entre o usuário e a chave ATM e NNI (*Network Network Interface*), que permite a conexão entre chaves ATM. Por ser pequeno e fixo o tamanho da célula a recuperação dos dados no caso de perda de células torna-se mais fácil. Cada célula é composta de 53 *bytes*, sendo 5 de cabeçalho (*header*) e 48 de dados (*payload*). O cabeçalho é composto dos campos GFC, VPI, VCI, PT, CLP e HEC, explicados a seguir:

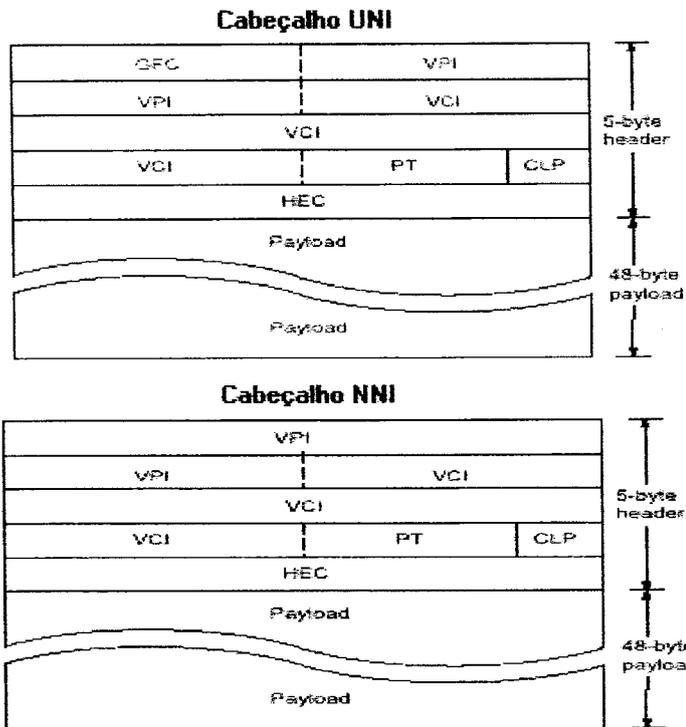


Figura 1 - Formato dos cabeçalhos das células ATM

- **GFC (*Generic Flow Control*)**: este campo aparece apenas no cabeçalho da célula UNI. Sua função é medir e controlar o fluxo de dados que entra nesta interface ATM antes de seguir na rede ATM propriamente dita.
- Os campos **VPI (*Virtual Path Identifier*)** e **VCI (*Virtual Channel Identifier*)** são necessários para que seja efetuado o chaveamento das células. Estes campos constituem um rótulo para identificar um caminho virtual (VP – *Virtual Path*) ou um canal virtual (VC – *Virtual Channel*), respectivamente. Uma analogia é a de associar a conexão a um duto onde passam as informações, o canal virtual (VC), que está contido em outro duto, por onde passam vários canais virtuais denominados caminhos virtuais (VP). A Figura 2 ilustra essa analogia.

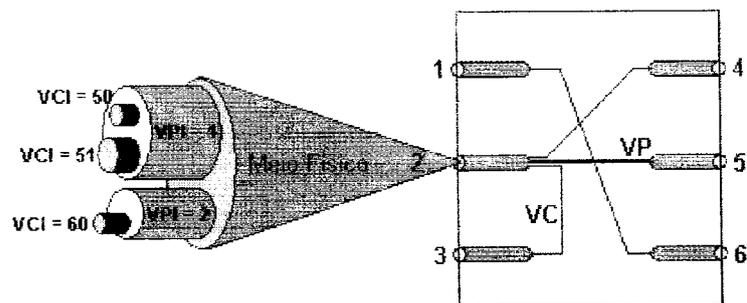


Figura 2 – Representação do canal e caminho virtual

- O campo PT (*Payload Type*) identifica o tipo de dado no campo do *payload* da célula. Pode ser tanto dados para uso interno da rede ou dados do usuário.
- O *Header Error Check* (HEC) é um campo que permite à camada física efetuar a verificação de erro de cabeçalho e o delineamento das células em determinadas estruturas de transmissão.
- Para o mecanismo de policiamento de tráfego um campo da célula é de fundamental importância: CLP (*Cell Loss Priority*) de apenas um *bit*. Este campo identifica as células como sendo de alta prioridade (CLP = 0) ou baixa prioridade (CLP = 1), sendo que em uma eventual ocorrência de um congestionamento as células com baixa prioridade serão descartadas antes das células de maior prioridade. Este *bit* pode ser usado principalmente por dois propósitos, segundo artigo de Onvural; Cherukuri (1997): uma aplicação pode necessitar definir para a rede células mais importantes do que outras; outro uso é para referenciar *tagging* e o sistema terminal pode gerar fluxos de tráfego de células com marcação de *Cell Loss Priority* (CLP), conforme no documento de Rochol (2001).

Todos os dados enviados por uma rede ATM são associados com um circuito virtual. Há dois tipos de circuitos virtuais: Circuitos Virtuais Permanentes (PVC's) e

Circuitos Virtuais Chaveados (SVC's). Um PVC é uma conexão estabelecida por algum mecanismo externo, tipicamente uma operação de gerenciamento da rede. Circuitos virtuais chaveados (SVCs) são conexões estabelecidas de acordo com a demanda através do uso de protocolos de sinalização.

Uma característica importante da tecnologia ATM é que ela é orientada a conexão, ou seja, quando uma estação se conecta a um servidor ou outra estação, a rede ATM cria uma conexão entre dois pontos que só terminará quando assim for solicitado.

Ao conceito de comunicação baseado em conexões, junta-se o conceito de Qualidade de Serviço (QoS), que detalhado na seção 2.2. O estabelecimento de uma conexão fim a fim e a definição de QoS, permitem às redes ATM priorizarem as conexões, conforme mostra Colombini (1999).

Assim como o modelo de referência OSI descreve como dois computadores devem se comunicar através de uma rede, o modelo de protocolos ATM descreve como dois sistemas devem se comunicar através de um *switch* ATM. Este modelo consiste em 3 camadas funcionais, como mostra a Figura 3:



Figura 3 – O modelo de camadas ATM

O propósito da Camada de Adaptação ATM (AAL) é empacotar os vários tipos de dados (voz, vídeo), dentro de células, que podem ser enviadas para a conexão e reconstruídas dentro do apropriado formato de recebimento final. Essa camada é organizada em quatro categorias. A primeira delas é AAL1, que é apropriada para

transmissão de áudio e vídeo não comprimidos, ou seja, com taxas constantes de *bits* (CBR – *Constant Bit Rate*). O outro tipo é a AAL2, que é derivada da AAL1, adaptada a taxas de transmissão de *bits* variáveis (VBR – *Variable Bit Rate*), podendo ser utilizada na transmissão de áudio e vídeo comprimidos. Uma terceira categoria cujos usos são recomendados pela CCITT (*International Consultative Committee for Telephone and Telegraph*) para transferência de dados sensíveis a perdas, mas não sensíveis ao atraso é AAL3/4. Em função do excessivo *overhead*¹ desta camada, o CCITT não a recomenda para serviço de dados a altas velocidades. Para essas aplicações foi especificada a categoria AAL5 a fim de oferecer um serviço com reduzido *overhead* e uma melhor detecção de erros.

A Camada ATM estabelece as conexões virtuais e passa as células através da rede, utilizando-se das informações contidas no *header* de cada célula.

A Camada Física é responsável pela transmissão das células através do meio físico.

2.2 QUALIDADE DE SERVIÇO

A motivação básica do conceito de Qualidade de Serviço (QoS) é procurar garantir ao usuário que objetivos predefinidos de desempenho da rede possam ser alcançados.

Através da definição de um conjunto de parâmetros e seus valores que, no momento do estabelecimento das conexões, descrevem as características relevantes de tráfego, torna-se possível manter o controle sobre os recursos da rede de forma a preservar as características necessárias às conexões presentes em um determinado instante. As

¹ *Overhead* – *bits* de controle adicionais à informação

características desejadas de um serviço são, de forma geral, denominadas de Qualidade de Serviço (QoS).

A tecnologia ATM é capaz de suportar diferentes serviços, para satisfazer os requisitos exigidos pelos diferentes tipos de tráfego a altas velocidades de transmissão segundo o artigo de Gomes; Lemos (1995), garantindo a QoS desejada.

A QoS é definida por parâmetros específicos para células que estejam em conformidade com o contrato (definido na seção 2.3). De um modo geral, um usuário solicita uma certa QoS e certas características são definidas.

Para conexões para as quais não estão especificados os parâmetros, existe uma classe de serviço definida pelo *ATM Forum*, como o melhor esforço, onde nenhuma QoS garantida é assumida. Este tráfego pode também ser visto como um risco, desde que não exista garantia de desempenho. Neste caso, a rede admite este tráfego e permite que ele utilize a capacidade não utilizada da rede.

A introdução da noção de QoS nas especificações de redes ATM, ao mesmo tempo em que abre enormes possibilidades, traz consigo um grande número de desafios. A questão central é a complexidade da tarefa de determinar, a cada nova solicitação de conexão, se a QoS requerida pode ser atendida, sem que sejam violadas as garantias de QoS das conexões já existentes.

2.2.1 Necessidades de QoS em aplicações

As características e requisitos exigidos pelos diversos tipos de aplicações são muito diferentes e necessitam de diferentes Qualidades de Serviço. Conforme documento da MARCONI (2000), tem-se a necessidade de QoS para suportar a demanda dos tráfegos das

aplicações, como é visto na Figura 4, mostrando a porcentagem de demanda de vários tipos de aplicações, pois não tendo QoS, as aplicações de vídeo, por exemplo, sofrem alguma degradação na imagem, variando de porções distorcidas a até perdas de imagens.

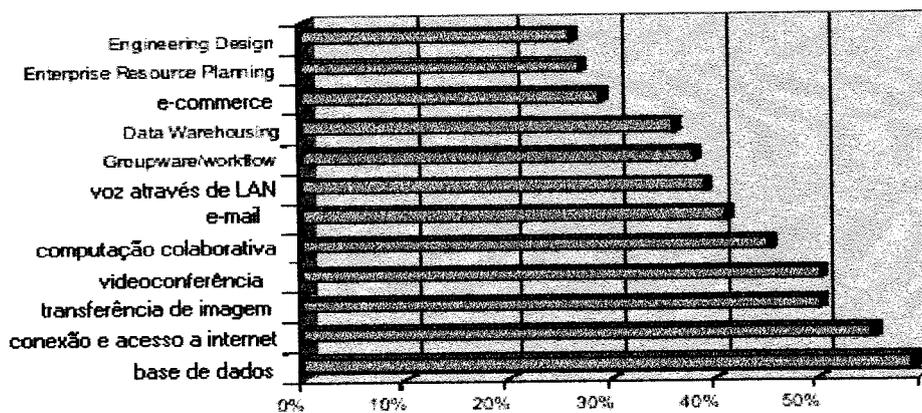


Figura 4 – A demanda de QoS nas aplicações

A combinação de áudio e vídeo é muito sensível ao atraso. A percepção humana é muito acentuada para uma correta correlação de áudio e vídeo, que está evidente em alguns filmes dublados. Já as aplicações de transferência de arquivos são também sensíveis a perdas e variações no atraso, o que resulta em retransmissão e conseqüente redução de taxa de rendimento utilizável.

Aplicações de interação com o usuário são também sensíveis a perdas e variação de atraso devido à retransmissão, e a resposta inconsistente no tempo, que podem diminuir a produtividade.

Segundo Gibbs; Tschritzi (1995), para que a rede possa suportar as variações das necessidades de cada aplicação, é possível permitir que cada uma especifique a sua QoS desejada. Por exemplo, considere um fluxo de áudio onde o dado é produzido por uma origem em uma taxa constante de 64Kbps. Uma aplicação pode requerer os seguintes

parâmetros de QoS: uma largura de banda de 64 Kbps, um máximo atraso de 100 ms, e uma taxa de perda máxima de 1%.

Disponibilizar QoS basicamente significa proporcionar garantias de transmissão para certos fluxos de dados. A garantia de transmissão pode ser expressa com a combinação de alguns dos seguintes parâmetros, segundo Ferguson (1998):

- Atraso: É o tempo necessário para um pacote ser enviado do emissor para o receptor através da rede. Quanto maior forem os atrasos, maiores serão os problemas causados para o bom funcionamento dos protocolos de transporte, como o TCP.
- Variação do atraso (*jitter*): É a variação no atraso fim-a-fim. Mesmo com níveis de atraso dentro dos limites aceitáveis, variações acentuadas do atraso podem ter efeitos negativos na qualidade do serviço oferecido a algumas aplicações.
- Largura de banda: É a taxa de transmissão de dados máxima que pode ser sustentada entre dois pontos finais.

2.3 CONTRATO E PARÂMETROS

Quando uma estação conecta-se com uma rede ATM baseando-se em um tipo de serviço e seus parâmetros, ela está, essencialmente, fazendo um contrato com a rede. Este contrato descreve o fluxo de tráfego que se pretende transportar através de parâmetros como pico de largura de banda, a média da largura de banda, a duração média das rajadas no caso de taxas variáveis e o atraso máximo entre as células. Como ATM é uma tecnologia orientada a conexão, como foi visto na seção 2.1, a definição desses parâmetros

torna possível a reserva de largura de banda (Figura 5). O contrato de tráfego é negociado entre a aplicação e a rede através do sistema de sinalização no momento do estabelecimento de uma conexão virtual comutada (SVC), ou através do sistema de gerenciamento, de uma conexão virtual privativa permanente (PVC).

O processo de estabelecer uma conexão basicamente seria:

- o usuário requisita o estabelecimento de uma conexão através da rede com uma certa QoS;
- a rede verifica se tem QoS requisitada;
- se a rede for incapaz de fornecer a QoS, a conexão é rejeitada. Por exemplo, se a chave estiver sobrecarregada com o tráfego já existente, esta talvez não tenha disponível os recursos necessários para atender a conexão requisitada. Se a conexão for rejeitada, o usuário pode tentar uma nova conexão imediatamente, requisitando uma QoS mais baixa.

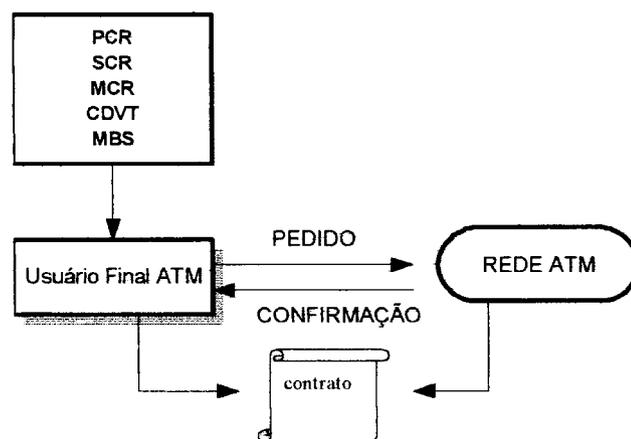


Figura 5 - Contrato do tráfego ATM

Os parâmetros utilizados para descrever o tráfego são: PCR (*Peak Cell Rate*), SCR (*Sustained Cell Rate*), MCR (*Minimum Cell Rate*), CDVT (*Cell Variation Delay*)

Tolerance) e MBS (*Maximum Burst Size*). PCR, o primeiro parâmetro, especifica a taxa máxima que as células poderão ser introduzidas na rede pela conexão. SCR especifica a taxa sustentável esperada ao longo de um intervalo predeterminado. MCR especifica a taxa mínima de células que o usuário considera aceitável para a transmissão. Para uma fonte de transmissão perfeita, as células deverão chegar na rede exatamente $1/PCR$ depois da anterior. Contudo, sabe-se que há alguns atrasos nos tempos de transmissão, e a tolerância para este atraso é chamada CDVT, que identifica a variação permitida nos tempos de transmissão de células. MBS é tamanho máximo de uma rajada de dados, sendo seu valor igual ao número máximo de células que podem ser transmitidas na taxa de pico. A Figura 6 apresenta um esquema de um tráfego em rajada e seus respectivos parâmetros para a caracterização do contrato.

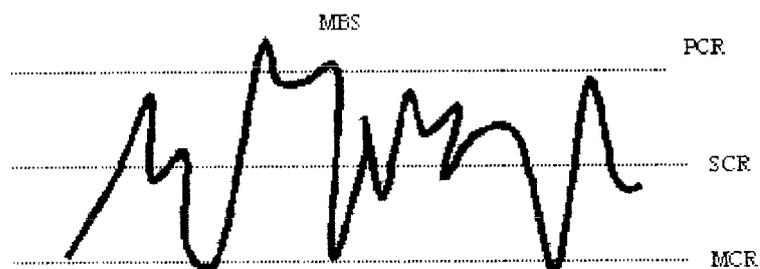


Figura 6 - Caracterização de um tráfego em rajada

2.4 CATEGORIAS DE SERVIÇO ATM

As categorias de serviço (Tabela 1) permitem que os usuários tenham acesso aos recursos da rede de forma flexível e que os fabricantes implementem equipamentos específicos para algumas categorias.

Cada categoria será resumidamente descrita a seguir, conforme no artigo *INTRODUCTION to ATM Traffic Management* (2000), e os parâmetros de cada classe são mostrados na Tabela 2, segundo o documento da ATM Forum (1994).

Tabela 1- Categorias de tráfego

| Classe de Serviço | Exemplos Típicos |
|---|------------------------------|
| Taxa de <i>bit</i> constante (CBR) | Vídeo e voz sem compressão |
| Taxa variável de <i>bits</i> em tempo real (rt-VBR) | Videoconferência |
| Taxa variável de <i>bit</i> em tempo não real (nrt-VBR) | <i>e-mail</i> com multimídia |
| Taxa disponível de bit (ABR) | Navegação pela WEB |
| Taxa de <i>bit</i> não especificada (UBR) | Transferência de arquivo |

Tabela 2 – Parâmetros das classes de serviço

| Atributos | CBR | rt - VBR | nrt - VBR | UBR | ABR |
|------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|--------------|
| PCR e CDVT | especificado | especificado | especificado | especificado | especificado |
| SCR, MBS e CDVT | n/a | especificado | especificado | n/a | n/a |
| MCR | n/a | n/a | n/a | n/a | especificado |

2.4.1 CBR

A classe de serviço CBR (*Constant Bit Rate*) é caracterizada pelo PCR, sendo que a mesma taxa com que os *bits* são transmitidos numa extremidade devem chegar na outra, ou seja, esta classe deve ser usada por conexões que necessitam de uma largura de banda constante (Figura 7). A utilização desta categoria implica em uma ótima garantia de qualidade de serviço. No entanto, para fontes de transmissões que se caracterizam por um tráfego em rajadas, há um desperdício dos recursos da rede. Além disso, o número de conexões simultâneas na porta deve também ser limitado pela soma da taxa garantida para cada conexão.

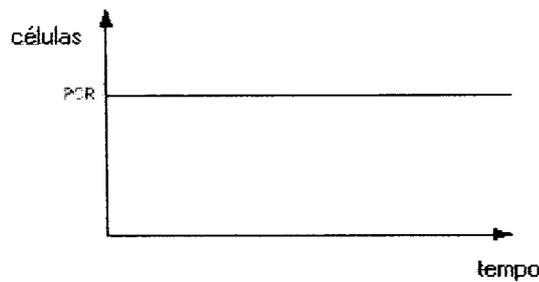


Figura 7 - CBR usa uma largura de banda fixa

2.4.2 VBR

A classe VBR (*Variable Bit Rate*) é dividida em duas subclasses, uma para tempo real (rt-VBR) e outra não (nrt-VBR). Estas são caracterizadas pelo PCR, SCR e MBS (Figura 8). Por considerar que as fontes não estão sempre transmitindo em sua taxa de pico (PCR), esta classe permite uma utilização mais eficiente dos recursos da rede.

A classe de serviço VBR em tempo real é usada para aplicações e conexões que requerem um pequeno e controlado atraso de rede, enquanto a outra deve ser usada por aplicações que não são sensíveis ao atraso (por exemplo, monitoramento de processos, transações bancárias), segundo Sackett; Metz (1996).

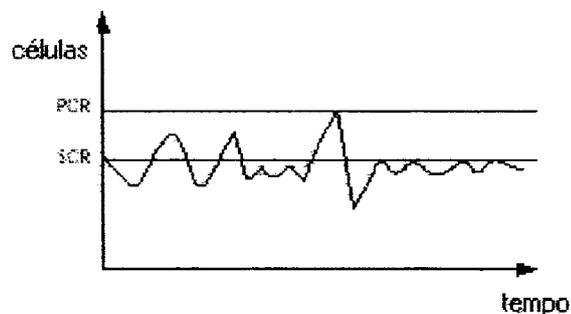


Figura 8 - As classes rt - VBR e nrt - VBR descritas pelas taxas PCR e SCR

2.4.3 ABR

Esta categoria de serviço provê, ao usuário, uma quantidade mínima de largura de banda e também a largura de banda disponível na rede. Portanto, se a rede estiver no estado de congestionamento, o transmissor terá que controlar sua taxa de transmissão, pois ele terá disponível apenas a largura de banda mínima. As variações de largura de banda disponível são informadas a fonte através de notificações de controle de fluxo enviadas pela rede, através de células *Resource Management* (RM). A partir das notificações das células RM, a fonte de tráfego ajusta sua taxa de geração para adaptar as variações de recurso que ocorrem na rede.

ABR é caracterizada pelo PCR e o MCR (*Minimum Cell Rate*) e é indicada para aplicações de dados, como transferência de arquivos e correio eletrônico.

2.4.4 UBR

A classe UBR (*Unspecified Bit Rate*) é referenciada como serviço de melhor esforço, ou seja, os dados são transmitidos da melhor maneira possível, considerando-se a largura de banda que ainda resta e que não é utilizada por nenhum outro tipo de serviço. É indicada para aplicações e conexões que requerem um serviço não garantido.

A Figura 9 apresenta como as categorias utilizam a largura de banda disponível em linha da rede.

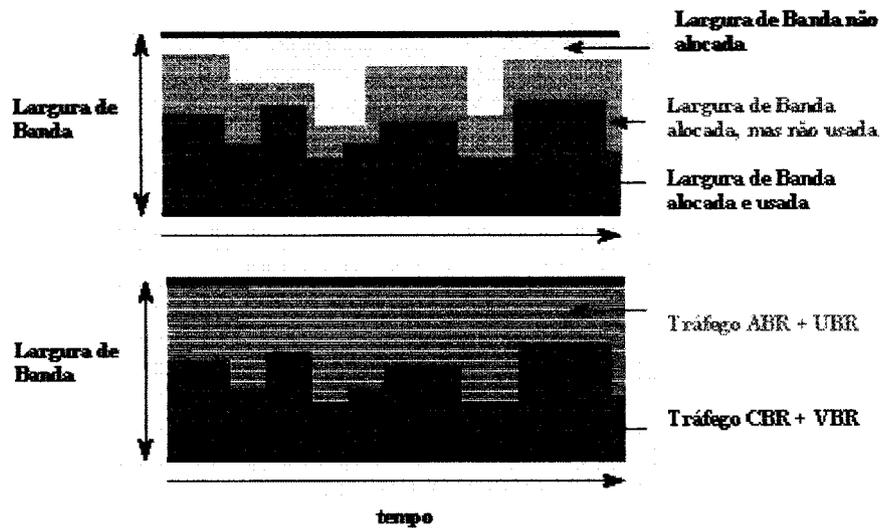


Figura 9- Utilização da Largura de Banda pelas classes de serviço

2.5 MECANISMOS DE ADMINISTRAÇÃO DO TRÁFEGO

O objetivo específico da administração de tráfego em redes ATM é proteger os sistemas terminais e a rede do congestionamento, para que desta forma sejam atingidos os objetivos de desempenho da rede. Os mecanismos de controle de congestionamento propostos para as redes ATM podem ser classificados em duas grandes categorias: mecanismos de controle preventivos e mecanismos de controle reativos. Os mecanismos de controle preventivo atuam no sentido de prevenir o congestionamento, enquanto os mecanismos reativos atuam no sentido de tirar a rede de uma situação de congestionamento, isto é, uma vez ocorrido o congestionamento é necessário reagir contra o problema. Tipicamente, quando é detectado o congestionamento, as fontes são convidadas a diminuir ou até parar a sua transmissão por algum tempo, até que cesse o congestionamento. O problema principal com os esquemas reativos é que, devido ao atraso

de propagação ser muito grande, o tempo que leva até a fonte reagir pode ser muito tarde e as células já foram descartadas.

As seguintes funções formam uma base para o gerenciamento e controle de tráfego de congestionamento em redes ATM:

- Policiamento de tráfego;
- *Feedback* de rede;
- Controle de Admissão da Conexão (CAC);
- *Traffic Shaping*;
- *Early Packet Discard (EPD)* e *Partial Packet Discard (PPD)*.

2.5.1 Policiamento de tráfego (UPC - *Usage Parameter Control*)

O policiamento de tráfego (UPC) é definido como um grupo de ações dadas pela rede para monitorar e controlar o tráfego em uma conexão ATM da UNI (*User to Network Interface*). Como o nome indica, sua função é policiar os tráfegos gerados pelas conexões para verificar se estão em conformidade com seus contratos. Essa função é usualmente colocada na entrada das chaves da rede e é implementada usando os algoritmos *Leaky Bucket* (“um balde furado”) ou *Dual Leaky Bucket* (“dois baldes furados”). O termo *Leaky Bucket* (“balde furado”), segundo Tanenbaum (1996), surgiu da analogia feita com o escoamento de um líquido através de um furo em um balde, que garante o escoamento em uma taxa constante. Conforme o fluxo de entrada torna-se maior que o escoamento pelo furo, o balde vai sendo preenchido até o ponto que poderá transbordar, quando então, deve haver a perda dos dados excedentes.

Cada balde executa um algoritmo para verificar a conformidade de cada célula de uma conexão, denominado GCRA (*Generic Cell Rate Algorithm*), que será visto com mais detalhes na seção 3.1. Em ATM, esses algoritmos são baseados nos parâmetros PCR, SCR, MBS, CDVT e na definição de conformidade. O furo garante a taxa sustentável especificada no contrato.

A conformidade é simplesmente um teste que é feito na entrada de célula na rede. A célula em conformidade é emitida para dentro da rede. A célula que não está em conformidade pode ser descartada ou marcada como de baixa prioridade e admitida pela rede, dependendo do que foi estabelecido no contrato. A mudança da prioridade é feita pela alteração do *bit* CLP (*Cell Loss Priority*) da célula.

Em uma conexão ATM o tráfego que utiliza a classe de serviço CBR, pode ser descrito pela taxa de pico de geração de células (PCR), e a qualidade de serviço exigida pode ser descrita em termos de, por exemplo, a probabilidade máxima permitida de perda de células, a tolerância ao atraso e à variação estatística do atraso. Para tráfegos do tipo VBR em uma conexão ATM, o tráfego pode ser descrito pela taxa de pico (PCR), pelo limite superior da taxa média ajustada (SCR) e pela tolerância a rajadas.

O *Dual Leaky Bucket*, o tema principal desse trabalho, é usado na classe de serviço VBR e enquanto o *Leaky Bucket* é usado em CBR.

UPC (*Usage Parameter Control*) e NPC (*Network Parameter Control*) possuem funções similares em diferentes interfaces: a função UPC é desenvolvida na interface usuário-rede (UNI) e NPC na rede-rede (NNI), como é visto na Figura 10. Pela idêntica natureza das funções, será considerada somente UPC, mas o mesmo é aplicável para NPC, conforme Ors (1994).

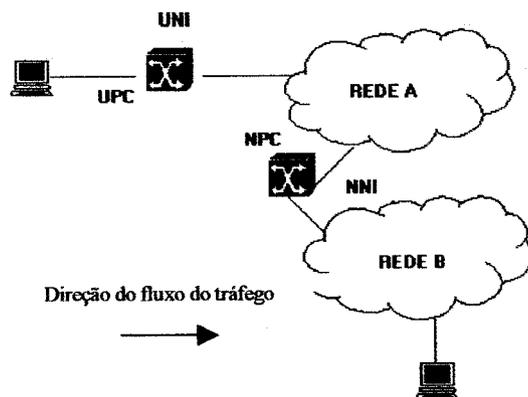


Figura 10 – Localização das funções UPC e NPC

2.5.1.1 Exemplo de Estabelecimento de Conexões com Comandos UPC: *ATM ASX 200BX* da *Fore System*

Os parâmetros envolvidos no estabelecimento destes contratos, conforme o manual *Fore Runner™ ATM Switch Configuration Manual* (1996) e documento da *ATM Forum* (1994), são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Notação utilizada para especificação dos parâmetros usados pelo controle UPC

| Notação | Significado |
|------------|--|
| PCR0 | PCR para células com CLP = 0 |
| PCR0+1 | PCR para a soma da quantidade de células com CLP = 0 e CLP = 1 |
| SCR0 | SCR para células com CLP = 0 |
| SCR0+1 | SCR para a soma da quantidade de células com CLP = 0 e CLP = 1 |
| MBS0 | MBS para células com CLP = 0 |
| MBS0+1 | MBS para a soma da quantidade de células com CLP = 0 e CLP = 1 |
| <i>Tag</i> | modifica o valor de <i>bit</i> do CLP de 0 para 1 das células que não estiverem de acordo com os parâmetros especificados no contrato. |

A combinação destes parâmetros é definida a seguir:

- 1 – Contratos **CBR**: parâmetros <pcr01>
- 2 – Contratos **CBR0**: parâmetros <pcr0> <pcr01> <tag>
- 3 – Contratos **VBR**: parâmetros <pcr01> <scr01> <mbs01>
- 4 – Contratos **VBR0**: parâmetros <pcr01> <scr0> <mbs0> <tag>
- 5 – Contratos **ABR**: parâmetros <pcr01> <mcr>

O contrato CBR aplica-se ao tráfego CBR e utiliza apenas o primeiro estágio do GCRA para verificar a conformidade em reação ao PCR das células com $CLP = 0$ e com $CLP = 1$.

O contrato CBR0, também se aplica ao tráfego CBR, porém utiliza dois estágios: um para PCR, para verificar a conformidade das células com $CLP = 0$, e outro verifica a conformidade com o PCR para o tráfego de células com $CLP = 0$ e 1. Se a opção *tag* estiver habilitada, as células que não estiverem em conformidade são marcadas com $CLP = 1$ e são enviadas para o segundo estágio, onde se testa PCR para $CLP = 0$ e 1, e as células que não estiverem de acordo, são descartadas neste segundo estágio. Se a opção de *tag* estiver desabilitada, as células que não estiverem em conformidade, são descartadas em qualquer estágio.

O contrato VBR, como foi visto na seção anterior, aplica-se ao tráfego do tipo VBR. No primeiro estágio do GCRA é feito o teste de conformidade das células segundo os parâmetros PCR e CDVT para células com $CLP = 0+1$, e no segundo estágio é feita análise com SCR e BT (*Burst Tolerance*) para $CLP = 0+1$. Todas as células que falharem em pelo menos um dos testes são descartadas.

Já no contrato VBR0, no primeiro estágio do GCRA é feito o teste, com os parâmetros PCR e CDVT para células com CLP = 0+1. As células que não estiverem em conformidade, são descartadas. As células com CLP=0 são então, testadas no segundo estágio com os parâmetros SCR e BT. Se a opção *tag* estiver habilitada, as células que falharem no segundo estágio são marcadas com CLP = 1, caso contrário, são descartadas.

O contrato ABR é aplicado ao tráfego ABR e utiliza apenas o primeiro estágio para testar PCR para CLP = 0+1. As células que falharem são descartadas.

Para criar um contrato, a chave *ATM ASX 200BX* da *Fore System* segue o seguinte comando:

```
Localhost::configuration upc> new <index> (<UPC>) (-cdvt<us>) (aal5epd (-name <name>))
```

Figura 11– Comando de configuração de UPC para ASX200BX Fore

Sendo as entradas as seguintes combinações de parâmetros de tráfego:

UBR

CBR <pcr01>

CBR0 <pcr01> <pcr01> [tag]

VBR <pcr01> <scr01> <mbs01>

VBR0 <pcr01> <scr01> <mbs01> [tag]

O parâmetro **<index>** é um número inteiro para representar o contrato.

O parâmetro **<upc>** é uma das cinco combinações dos parâmetros do tráfego visto na seção 2.5.1.

O parâmetro (**cdvt <µs>**) é especificado em microssegundos.

O parâmetro (**aal5epd**) é opcional e está relacionado com o Mecanismo *Early Packet Discard* (EPD) para descarte de células de pacotes da camada AAL5.

O parâmetro (**-name <name>**) é opcional, e ajuda o usuário a lembrar qual tipo de conexão este contrato particular poderá ser usado.

Por exemplo, criando um contrato do tipo VBR em que a opção *tag* é usada (ou seja, a opção será usar método VBR3, descrito na seção 3.1.3):

```
Localhost::configuration upc> new 1 vbr 1000 500 100 tag -name video-vbr
```

Figura 12 – Comando de configuração de UPC para a classe de serviço VBR

2.5.2 Controle de Fluxo através do *feedback*

Um dos mecanismos de controle de tráfego é através do *feedback*, que consiste em um conjunto de ações tomadas pela rede e pelos usuários para regular o tráfego de acordo com o estado informado pelos elementos da rede.

Na classe de serviço ABR há o controle de congestionamento em *loop* fechado. Através de células de gerenciamento de recursos, *Resource Management* (RM), cada ponto da rede deve mandar seu nível de utilização para um ou mais transmissores. Quando um nó da rede estiver perto de um congestionamento, este deve pedir que as fontes reduzam, temporariamente, a taxa de transmissão até que a rede sinalize a recuperação de sua capacidade.

2.5.3 Controle de admissão de Conexão (CAC)

Um dos grandes desafios, em termos de gestão de largura de banda, é o desenvolvimento de mecanismos pelos quais se decide aceitar ou não uma conexão requisitada por um usuário e, conseqüentemente, o tráfego que será gerado por esse usuário

na rede. O conjunto destes mecanismos é conhecido como Controle de Admissão de Conexão (CAC – *Connection Admission Control*).

Em circuitos virtuais, conforme artigo de Ors (1994), a transferência de dados é desenvolvida em três estágios: estabelecimento do circuito virtual, transferência de dado e encerramento do circuito virtual. No estágio do controle de admissão, o emissor negocia os parâmetros de QoS da rede, e CAC decide se a conexão é aceita ou não. O estabelecimento de uma nova conexão é bloqueado quando as suas características de tráfego e qualidade de serviço oferecem perigo de congestionamento para a rede.

2.5.4 *Traffic Shaping* ou Modelador de Tráfego

O *Traffic Shaping*, segundo o artigo de Ginsburg (1998), tem como objetivo suavizar o fluxo de células de cada conexão, eliminando o pico de rajadas e *jitter*, alterando assim as características do tráfego da célula para obter a melhor eficiência da rede (Figura 13).

Para prevenir que o tráfego gerado pela aplicação não exceda os valores do contrato de tráfego, a função de *Traffic Shaping* é executada nos sistemas finais (terminais com interface de rede ATM, chave ATM), como mostra a Figura 14, conforme documento Li; Tsai (1998), com o objetivo de escalonar ou espaçar adequadamente as células ATM. Caso contrário, o tráfego gerado em excesso, poderá ser descartado em função do mecanismo de policiamento, visto na seção 2.5.1, de forma a prevenir a degradação da QoS das outras conexões.

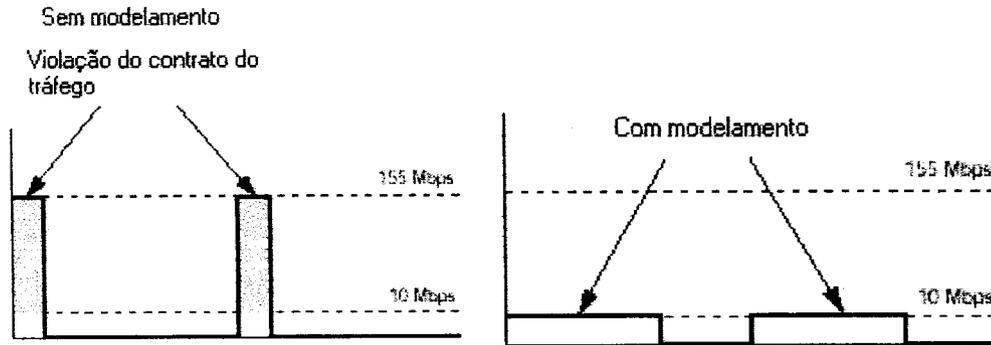


Figura 13- Exemplo da ação do modelador do tráfego

Conforme o artigo *TECHNOLOGY Overview*, os sistemas *Traffic Shaping* utilizam o mesmo algoritmo GCRA (*Generic Cell Rate Algorithm*) usado em policiamento de tráfego.

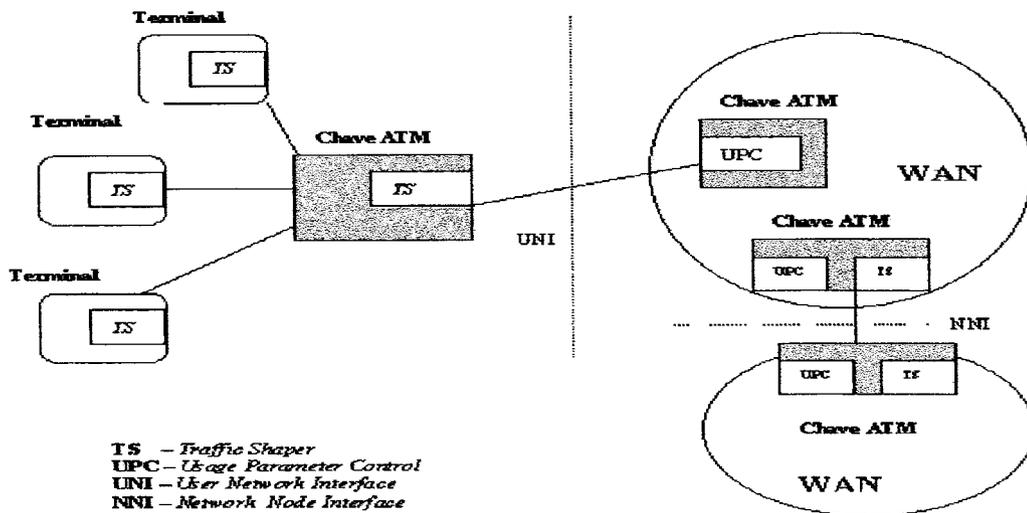


Figura 14 – Traffic Shaping e UPC

2.5.5 Early Packet Discard (EPD) e Partial Packet Discard (PPD)

Um descarte de uma célula em uma rede ATM causa a perda total de um pacote ATM e requer sua retransmissão. Por conseguinte, se houver um leve congestionamento,

poderá haver danos maiores. Para prevenir esse congestionamento, pode ser usado o mecanismo *Early Packet Discard* (EPD) ou *Partial Packet Discard* (PPD).

Estes mecanismos juntos podem reduzir consideravelmente a chance de perda parcial ou total de pacotes que estão na camada 5 (AAL5 – *ATM Adaptation Layer 5*)

Segundo o artigo TECHNOLOGY Overview, *Early Packet Discard* descarta pacotes antes dos *overflows* dos *buffers*. Se um pacote é parcialmente transmitido, o tráfego continua transmitindo as células do pacote. Mas quando a primeira célula de um novo pacote chegar, o administrador do tráfego descarta as células e todas aquelas antes do novo pacote.

Partial Packet Discard só acontece quando estiver em uma forte condição de congestionamento. Neste caso, o administrador do tráfego deve descartar todas as células, se um pacote foi parcialmente transmitido. Uma vez que o administrador descarta uma célula do pacote, este continua descartando todas as células do mesmo pacote.

2.6 RESUMO

Neste capítulo é apresentada uma introdução teórica sobre a necessidade de implementação de QoS em redes de computadores e como uma rede ATM implementa QoS. São apresentados também os mecanismos utilizados para policiar o tráfego gerado por cada conexão e mecanismos de controle da situação da rede. No próximo capítulo o mecanismo *Dual Leaky Bucket* será detalhado, por ser o tema central desta dissertação.

Capítulo 3

Este capítulo apresenta o mecanismo de policiamento Dual Leaky Bucket, utilizado para a classe de serviço VBR em redes ATM, e seus métodos: VBR1, VBR2 e VBR3.

Dual Leaky Bucket

3.1 MECANISMO DE POLICIAMENTO DUAL LEAKY BUCKET

O mecanismo de Policiamento *Dual Leaky Bucket* policia o tempo de chegada de cada célula, determinando se ela está de acordo ou não com os parâmetros especificados no contrato.

Como foi citado na seção 2.5.1, o *Dual Leaky Bucket* é equivalente a dois baldes (*buckets*) furados, cada um representando um GCRA (*Generic Cell Rate Algorithm*) (Figura 15). Esses *buckets* são definidos por quatro parâmetros, conforme Hagai; Shamir (2000):

- A taxa de chegada máxima (PCR) e a tolerância de atraso (CDVT), para o primeiro *bucket*.
- A taxa sustentável (SCR) e MBS, para o segundo *bucket*.

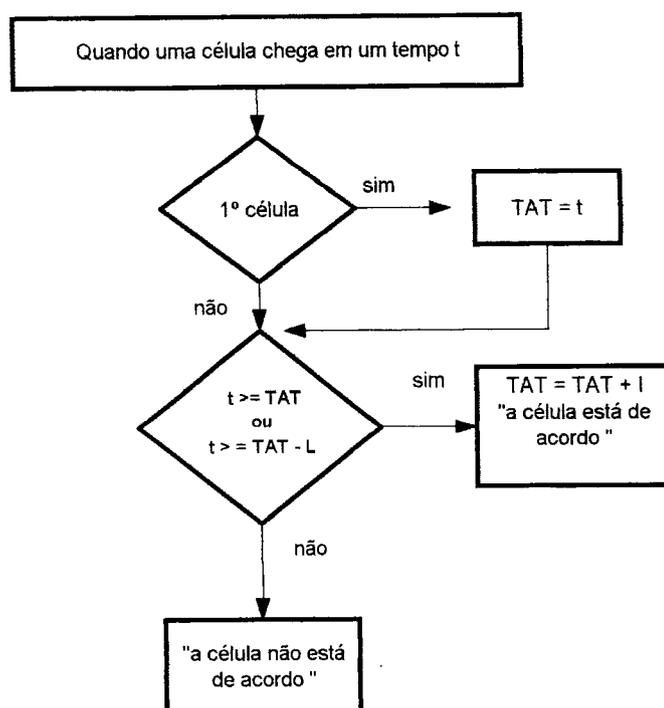


Figura 15 – Modelo GCRA

Em GCRA as células de acordo são baseadas no TAT (*Theoretical Arrival Time*), e no limite L. Como é apresentado na Figura 15, o *Dual Leaky Bucket* considera o TAT como $1/PCR$ e L como CDVT, no primeiro *bucket*, e no segundo *bucket*, TAT como $1/SCR$ e L como BT (*Tolerance Burst*) + CDVT, segundo os documentos da Cisco e ATM Forum (1999). Esse mecanismo funciona verificando todas as células para verificar se elas estão de acordo aos parâmetros. Os parâmetros definidos no contrato são: PCR, SCR, CDVT e MBS. A obtenção de BT é feita através da fórmula, conforme documento da ATM Forum (1994):

$$BT = (MBS - 1) * (1/SCR - 1/PCR)$$

Utilizando o *bucket1* para explicar o funcionamento do mecanismo pode-se resumir da seguinte forma. Se uma fonte envia uma célula a cada $1/PCR$ unidades de tempo no *bucket1* e se este escoa com a mesma taxa, após $1/PCR$ unidades de tempo ele estará vazio.

Assim, se as células chegarem precisamente depois de $1/PCR$ unidades de tempo, todas as células encontrarão o *bucket* vazio. Contudo, se as células chegarem antes do $1/PCR$ unidades de tempo, elas não estarão de acordo com o especificado contrato. Mas como a “bufferização” existente na rede pode impor atrasos que a fonte não tem como controlar deve-se admitir uma tolerância aos atrasos através do parâmetro CDVT.

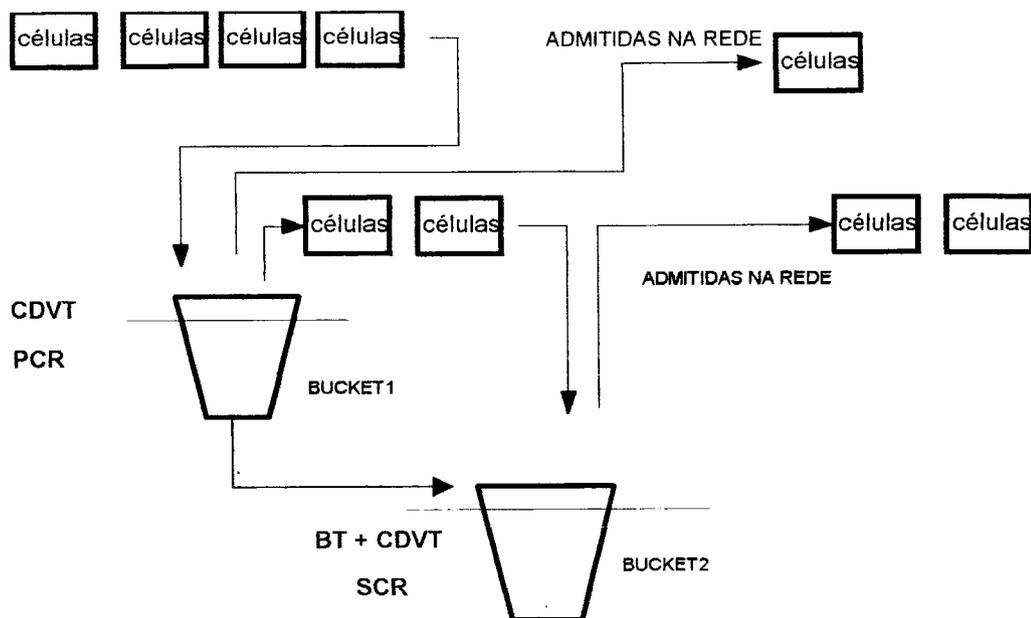


Figura 16- Esboço do mecanismo de policiamento *Dual Leaky Bucket*, segundo Cisco

O mecanismo *Dual Leaky Bucket* deve ser utilizado por conexões definidas como classe de serviço VBR. Contudo, o policiamento em VBR é subdividido, segundo CISCO Systems Inc (2000) e documento da ATM Forum (1999), como é visto na Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 4 - Conexão VBR pela Cisco

| CISCO | |
|--------------|---|
| VBR1 | Células com CLP (0+1) de acordo com o balde1 são passadas para o balde2; as que não estiverem de acordo serão descartadas. Células com CLP (0+1) de acordo com o balde2 são admitidas pela rede; que não estiverem de acordo serão descartadas. |
| VBR2 | Células com CLP (1) que estiverem de acordo com o balde1 são admitidas na rede e com CLP (0) são aplicadas para o balde2. As células com CLP (0+1) que não estiverem de acordo com o balde1 serão descartadas. As células com CLP (0) que estiverem de acordo com o balde2 serão aceitas pela rede, ao contrário serão descartadas. |
| VBR3 | Células com CLP(1) que estão de acordo com o balde1 são admitidas na rede. Células com CLP(0+1) que não estiverem de acordo serão descartadas. Células com CLP(0) de acordo com o balde1 são aplicadas para o balde2. Células com CLP(0) de acordo com o balde2 são admitidas na rede, ao contrário são marcadas e admitidas na rede. |
| VBR4 | Células com CLP(0+1) de acordo com o balde1 são admitidas na rede; as que não estiverem de acordo são descartadas. O balde2 não é ativo. |
| VBR5 | Não há policiamento |

Tabela 5- Conexão VBR na ATM Forum

| ATM FORUM | |
|------------------|---|
| VBR1 | Células com CLP (0+1) de acordo com o balde1 são passadas para o balde2; as que não estiverem de acordo serão descartadas. Células com CLP (0+1) de acordo com o balde2 são admitidas pela rede; que não estiverem de acordo serão descartadas. |
| VBR2 | Células com CLP (1) que estiverem de acordo com o balde1 são admitidas na rede e com CLP (0) são aplicadas para o balde2. As células com CLP (0+1) que não estiverem de acordo com o balde1 serão descartadas. As células com CLP (0) que estiverem de acordo com o balde2 serão aceitas pela rede, ao contrário serão descartadas. |
| VBR3 | Células com CLP(1) que estão de acordo com o balde1 são admitidas na rede. Células com CLP(0+1) que não estiverem de acordo serão descartadas. Células com CLP(0) de acordo com o balde1 são aplicadas para o balde2. Células com CLP(0) de acordo com o balde2 são admitidas na rede, ao contrário são marcadas e admitidas na rede. |

Neste trabalho serão apresentados resultados de simulação dos métodos VBR1 e VBR2. No entanto, nas subseções seguintes serão detalhados os métodos VBR1, VBR2 e VBR3.

3.1.1 Policiamento VBR1

Conforme o artigo *ATM Connections* (2000), a Figura 17 mostra como o policiamento VBR1 monitora as células. Como foi descrito na Tabela 4, nesta opção as células com $CLP = 0$ ou $CLP = 1$ têm a mesma prioridade. Se as células não ultrapassarem os valores de PCR e CDVT, limite do primeiro *bucket*, estas são enviadas para o segundo *bucket*, caso contrário, são descartadas. Já no *bucket2* (*Leaky Bucket2*), não podem ultrapassar a taxa SCR e as tolerâncias CDVT acrescida a BT (*Burst Tolerance*).

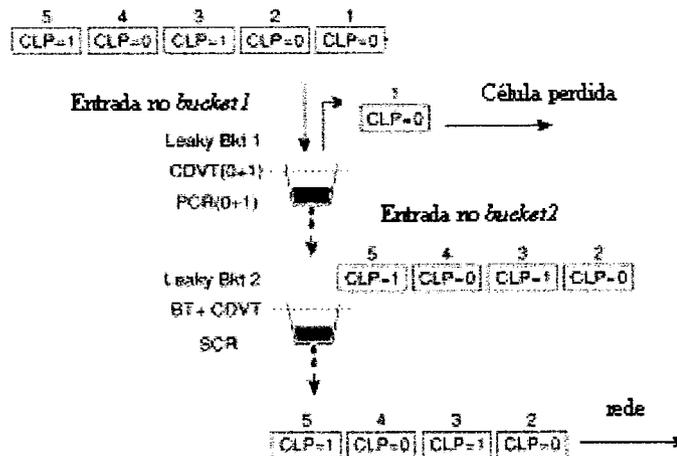


Figura 17- Policiamento em VBR1

3.1.2 Policiamento VBR2

Como mostra a Figura 18, no método VBR2 o *bucket1* policia as células que estão de acordo com o valor do PCR e CDVT, tanto com o $CLP = 0$ quanto com $CLP = 1$. Células

com $CLP = 0$ que estão em conformidade com o *bucket1* são enviadas para *bucket2* que as policia através dos valores SCR e MBS.

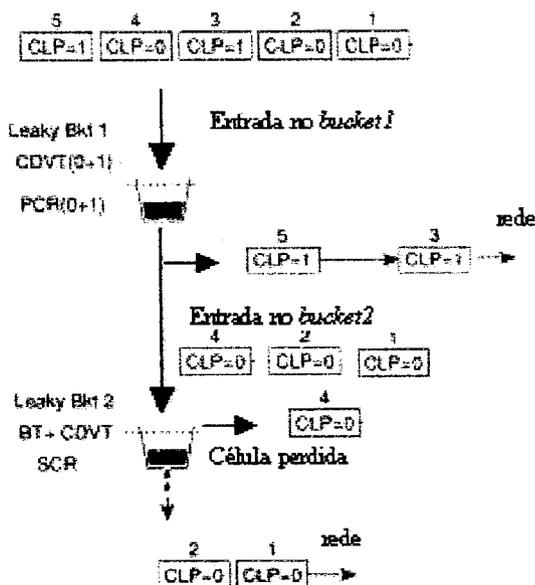


Figura 18- Policiamento em VBR2

3.1.3 Policiamento VBR3

Esse policiamento se diferencia do VBR2 quando as células com $CLP = 0$ não estão de acordo com o *bucket2* sendo estas apenas marcadas, ou seja, marcam como de baixa prioridade (se $CLP=0$ mudam para $CLP = 1$).

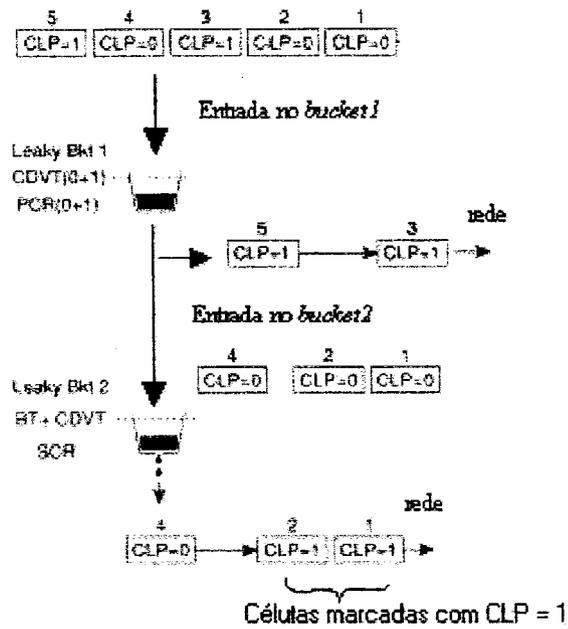


Figura 19- Policiamento em VBR3

3.2 RESUMO

Neste capítulo foram apresentados com detalhes os três métodos que podem ser usados pela classe de serviço, VBR1, VBR2 e VBR3. Para este trabalho foram simulados apenas os métodos VBR1 e VBR2 para tráfegos de vídeo como será apresentado no capítulo 5.

Capítulo 4

Neste trabalho deseja-se avaliar qual método da classe de serviço VBR é melhor para transmissão de vídeo. Assim torna-se necessário neste capítulo fazer uma breve descrição da transmissão de vídeo na tecnologia ATM. E em seguida a descrição da simulação do Mecanismo Dual Leaky Bucket utilizado pela classe de serviço VBR.

Descrição da Simulação

4.1 DESCRIÇÃO DA SIMULAÇÃO

O simulador desenvolvido seguiu as definições do GCRA (*Generic Cell Rate Algorithm*), para cada *bucket*, e documentos ATM Forum (1999) e ATM Connection da Cisco System (2000), para os métodos VBR1 e VBR2.

A definição dos parâmetros PCR, SCR, CDVT e MBS têm relação direta com o tipo de tráfego. Neste trabalho foram usados dois tipos básicos de vídeo: filme e esporte. Em ambos os casos, a simulação do tráfego supõe transmissão a 30 quadros por segundo especificado pelo NTSC (*National Television Standards Committee*) e a utilização de uma conexão com classe de serviço VBR.

4.2 GERAÇÃO DO TRÁFEGO DE VÍDEO

Como referência de descrição de tráfegos de vídeo típicos, foram utilizados valores experimentais observados por Pissioli (1999). Esses dados foram utilizados a partir de amostras coletadas, como mostra a Tabela 6, para vídeo dos tipos: filme, esporte e *talking head*. Também nessa referência, é apresentada a frequência de ocorrência dos intervalos de tempo de chegada das células, como pode ser visto na Tabela 7. Para vídeo do tipo filme, na maior parte do tempo, a taxa de transmissão permanece na faixa de 19.000 células por segundo (que corresponde a uma célula a cada 52 μ segundos), enquanto vídeo do tipo esporte fica na faixa de 25.000 células por segundo (que corresponde a uma célula a cada 40 μ segundos). Praticamente 95% das células conseguem ser transmitidas com taxa máxima de 25.000 células/segundo para vídeo do tipo filme, enquanto que para esporte a taxa de pico de transmissão deve ser de 32.000 células/segundo. Com essas informações pode-se definir a taxa sustentável (SCR) e a taxa de pico do tráfego gerado para vídeo do tipo filme (SCR=19.000 e PCR=25.000 células/segundo) e do tipo esporte (SCR=25.000 e PCR=32.000 células/segundo).

Tabela 6 - Células transmitidas para os três tipos de vídeo

| Tipo de Filme | Mínimo (cps) | Média (cps) | Máximo (cps) | Amostras |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| filme | 10559 | 15058 | 20566 | 1164 |
| Esporte | 11228 | 19083 | 29551 | 1164 |
| <i>Talking Head</i> | 13069 | 15179 | 18933 | 1164 |

Conhecendo-se as observações experimentais de uma transmissão de vídeo típica, apresentadas na Tabela 7, foi utilizado o aplicativo Microsoft Excel para gerar aleatoriamente os intervalos, de tempo de chegada de células respeitando a frequência de ocorrência de cada valor de intervalo de tempo especificado na observação experimental.

Tabela 7- Frequência em relação aos intervalos especificados

| | Filme | Esporte |
|-------------------------|--------------|----------------|
| Intervalos (cps) | % | % |
| 10.000 | 0 | 0 |
| 11.000 | 0 | 0 |
| 12.000 | 0 | 0 |
| 13.000 | 0 | 0 |
| 14.000 | 0 | 0 |
| 15.000 | 0 | 0 |
| 16.000 | 1 | 0 |
| 17.000 | 1 | 0 |
| 18.000 | 2 | 0 |
| 19.000 | 31 | 0 |
| 20.000 | 6 | 0 |
| 21.000 | 8 | 0 |
| 22.000 | 10 | 1 |
| 23.000 | 7 | 1 |
| 24.000 | 10 | 1 |
| 25.000 | 19 | 31 |
| 26.000 | 5 | 4 |
| 27.000 | 0 | 3 |
| 28.000 | 0 | 3 |
| 29.000 | 0 | 5 |
| 30.000 | 0 | 20 |
| 31.000 | 0 | 5 |
| 32.000 | 0 | 26 |

Se um vídeo é transmitido a 30 quadros por segundo, durante 1 segundo de transmissão deve-se considerar que irão ocorrer 30 rajadas de células correspondentes aos

30 quadros, em intervalos de aproximadamente 33.3 milisegundos. Isto é importante para o cálculo do MBS, por exemplo, no vídeo tipo filme, considerando-se a taxa média de transmissão de 19.000 células por segundo, para calcular o MBS, basta dividir o SCR por 30 (o número de rajadas em 1 segundo), que dá aproximadamente 633 células:

$$MBS = \frac{SCR}{30}$$

Quando uma rajada de dados chega à taxa igual ao PCR, a próxima rajada não deverá chegar antes de um tempo $BT = (MBS - 1) * (1/SCR - 1/PCR)$. Assim, considerando um PCR de 25.000 células por segundo, temos:

- **Tempo de transmissão de uma rajada:**

$$T = (1/PCR) * MBS \Rightarrow 0,0258 \text{ segundo} = 25,8 \text{ milisegundos}$$

- **Tempo entre o final de uma rajada e o início de outra (silêncio):**

$$BT = (MBS - 1) * (1/SCR - 1/PCR) \Rightarrow 0,00798 \text{ segundo} = 7,98 \text{ milisegundos}$$

Somando-se T e BT temos um valor 33,3 milisegundos que marcam o início de cada rajada.

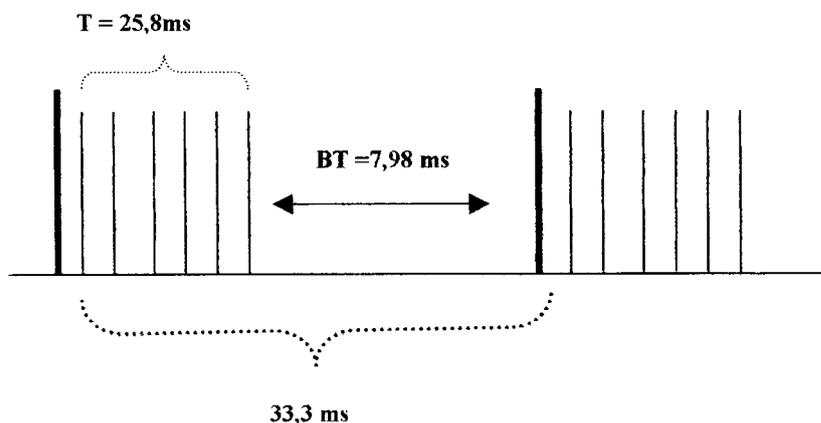


Figura 20 – Tempo entre rajadas

O mesmo cálculo foi feito para vídeo do tipo esporte, considerando a taxa média de 25.000 e a taxa de pico de 32.000:

- Tempo de transmissão de uma rajada:

$$T = (1/PCR)*MBS \Rightarrow 0,02603125 \text{ segundo} = 26,031 \text{ milisegundos}$$

- Tempo entre o final de uma rajada e o início de outra:

$$BT = (MBS - 1)*(1/SCR - 1/PCR) \Rightarrow 0,00728 \text{ segundo} = 7,28 \text{ milisegundos}$$

Somando-se T e BT temos um valor 33,3 milisegundos que marcam o início de cada rajada.

4.3 DESCRIÇÃO DO SIMULADOR E ESPECIFICAÇÃO DE POLICIAMENTO UPC

O simulador, desenvolvido em Linguagem C para ambiente UNIX durante este trabalho, manipula arquivos de entrada em formato texto. Estes arquivos armazenam os valores referentes ao intervalo de tempo entre a chegada de cada célula e a célula anterior.

As entradas de dados são feitas através da escolha entre os métodos de policiamento VBR1 ou VBR2 e dos parâmetros do contrato: CDVT, PCR, SCR e MBS. E, em seguida, há leitura dos arquivos de entrada.

Durante a simulação, os dados são armazenados em dois arquivos. No primeiro, são armazenados os valores dos parâmetros usados no contrato, número de células de entrada e perdidas no *bucket1*, o valor do parâmetro de porcentagem de perda em cada *bucket* chamado CLR1 (*Cell Loss Ratio*), sendo calculado pela fórmula: número de células perdidas no *bucket*/número de células de entrada. No segundo, são guardados os números

de células de entrada e perdas no *bucket2*, o valor do parâmetro CLR2. Estes arquivos permitem avaliação dos resultados obtidos.

VBR1

balde1
 Quando uma célula chega no tempo t com CLP (0+1):
 Se "primeira célula" então $TAT = t$
 Se $t \geq TAT$ então
 $TAT = t$
 Senão
 Se $t < TAT - CDVT$ então
 " célula não está de acordo "
 $TAT = TAT + 1/PCR$
 " célula está de acordo e deve ir para o bucket2 "

balde2
 Quando uma célula chega no tempo t :
 Se "primeira célula" então $TAT = t$
 Se $t \geq TAT$ então
 $TAT = t$
 Senão
 Se $t < TAT - BT + CDVT$ então
 " célula não está de acordo "
 $TAT = TAT + 1/SCR$
 " célula está de acordo "

VBR2

balde1
 Quando uma célula chega no tempo t :
 Se "primeira célula" então $TAT = t$
 Se $t \geq TAT$ então
 Se $CLP = 1$ então
 $TAT = t$
 " célula está de acordo "
 Senão
 " célula está de acordo e deve ir para o balde2 "
 células entrada balde2 = células entrada balde2 + 1
 Senão
 Se $t < TAT - CDVT$ então
 Células perdidas balde1 = Células perdidas balde1 + 1
 " célula não está de acordo "
 $TAT = TAT + 1/PCR$

balde2
 Quando uma célula chega no tempo t :
 Se "primeira célula" então $TAT = t$
 Se $t \geq TAT$ então
 $TAT = t$
 Senão
 Se $t < TAT - (BT + CDVT)$ então
 Células perdidas balde1 = Células perdidas balde1 + 1
 " célula não está de acordo "
 $TAT = TAT + 1/SCR$
 " célula está de acordo "

Porcentagem de perda no balde1 e balde2

$$CLR1 = \left[\frac{\text{células perdidas bucket1}}{\text{células de entrada bucket1}} \right] * 100$$

$$CLR2 = \left[\frac{\text{células perdidas bucket2}}{\text{células de entrada bucket2}} \right] * 100$$

Figura 21 – Algoritmo dos métodos utilizados neste trabalho

4.4 ASPECTOS DA TRANSMISSÃO DE VÍDEO EM ATM

Aplicações de vídeo utilizam classe de serviço VBR devido à compressão com taxa variável de *bits*, que pode ser traduzido com um tráfego em rajadas. A quantidade de informação transmitida num sinal de vídeo depende da “atividade” da cena capturada e cada tipo de vídeo apresenta características próprias, responsáveis por efeitos de transmissão evidentes nas taxas de dados. Quando é comprimida a seqüência da imagem, a largura de banda pode variar, o que caracteriza a taxa variável de *bits* (VBR).

Para cada tipo de vídeo, observa-se que as taxas de transmissão seguem determinados padrões. Nesse trabalho, foram gerados dois tipos de vídeos: filme e esporte. A Figura 22 apresenta o padrão de transmissão de cada tipo de vídeo e que foi gerado para a simulação.

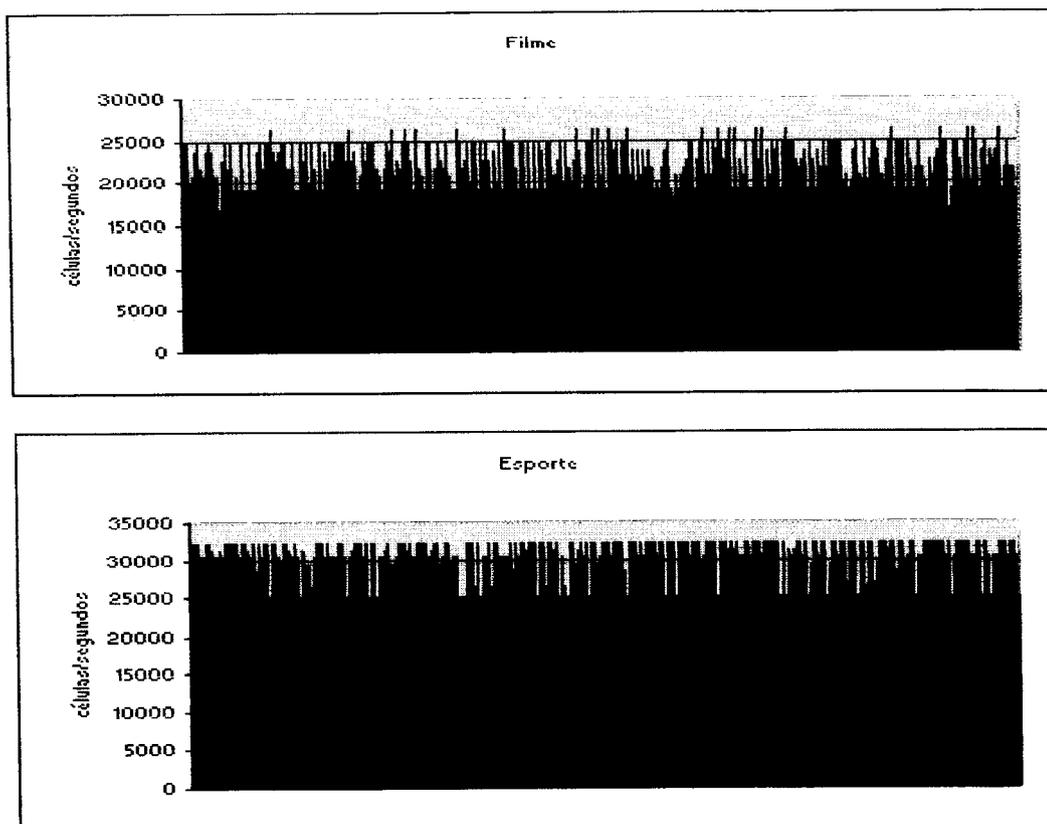


Figura 22 – Variação na utilização de banda para vídeo do tipo filme e esporte

Há dois aspectos importantes que influenciam na quantidade de dados gerados em um vídeo, segundo Pissioli (1999):

- **Ambiente de cenas:** Geralmente, cenas em ambientes externos são menos comprimidas do que cenas em ambientes internos. Isto se deve ao fato de que as cenas externas possuem muito mais iluminação, evidenciando pequenos detalhes, o que diminui a incidência de grandes áreas com aspecto redundante dentro das cenas, resultando em uma compressão de dados menor.

- **Movimentação:** Os vídeos cujo conteúdo das cenas é caracterizado pela intensa movimentação apresentam um padrão de utilização de banda diferente. Um exemplo é o vídeo de esporte, onde há variações nos picos, devido a sua movimentação.

A camada AAL5 (*ATM Adaptation Layer* – Camada de Adaptação ATM) foi projetada para o transporte de dados em tempo real em redes ATM e em 1988, o ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*) estabeleceu o *Moving Pictures Experts Group* (MPEG) um padrão para compressão de áudio e vídeo. Os padrões MPEG são os principais algoritmos usados para compactação de vídeos: MPEG-1, MPEG-2 e MPEG-4.

A seguir será feita uma breve descrição do padrão MPEG-2, que é amplamente utilizado na transmissão de vídeo. Além disso, a simulação do tráfego de vídeo em uma rede ATM, realizada neste trabalho, será baseada no padrão de transmissão MPEG-2.

4.4.1 MPEG –2

O padrão MPEG-2 foi projetado para compactar vídeos com qualidade em uma faixa de 4 a 6 Mbps, sendo usado em NTSC.

MPEG-2 tem um número de objetos básicos que são usados para estruturar a informação do vídeo, segundo o artigo Orzessek; Sommer (1997):

Seqüência de vídeo: representa um número de imagens ou grupo de imagens de vídeo.

Frame: contém todas as informações de cores e brilho que são necessários para exibir uma imagem na tela.

Há três tipos de imagens definidas em um vídeo MPEG-2:

- a) **Imagens Intracodificadas (I-pictures):** são imagens que são codificadas de um modo que podem ser decodificadas sem qualquer conhecimento acerca de outras imagens da seqüência de vídeo. A primeira imagem é

sempre um *I-picture* e fornece informações sobre imagens seguintes. *I-pictures* necessitam de maior número de *bits* para serem representadas.

- b) **Imagens P (*P-pictures*):** são decodificadas usando informação de outra imagem. *P-pictures* possuem cerca de 30% a 50% do tamanho de uma *I-picture*.
- c) **Imagens B (*B-pictures*):** são codificadas usando informação de outras imagens: usar informações fornecidas por imagens que já ocorreram e aquelas que tendem acontecer futuramente. Essas imagens são aproximadamente 50% do tamanho de uma *P-picture*.

A Figura 23 ilustra um exemplo dos três tipos de imagens. Uma típica seqüência que é amplamente usada é *IBBPBBPBBPBB*.

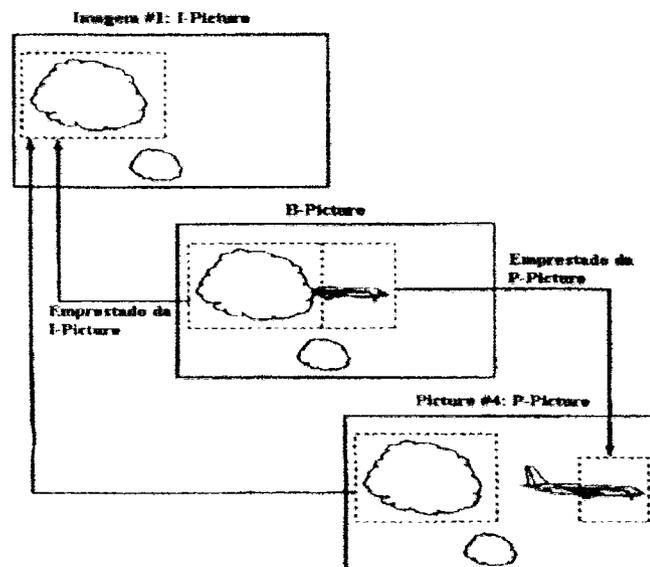


Figura 23 – I-picture, P-Picture, B-picture

4.5 TRÁFEGO MPEG-2 E PARÂMETROS DO *DUAL LEAKY BUCKET*

Como foi visto na seção anterior quando uma seqüência de vídeo é gerada em MPEG-2, temos quadros dos seguintes tipos:

I - esse é o tipo de quadro inicial

P - esse quadro é gerado a partir de comparações com um quadro anterior, ou seja, ele verifica quais foram às mudanças em relação ao quadro anterior (por exemplo, apenas alguns elementos podem ter se movimentado em uma cena contínua). O quadro anterior pode ser do tipo I ou outro P;

B - esse quadro é gerado a partir de comparações de um quadro anterior e de outro posterior.

Se uma seqüência MPEG-2 for gerada apenas com quadros I, ela será pouco comprimida; se a seqüência tiver quadros B e P, ela apresentará melhores resultados se comparados com uma seqüência de quadros I. Quando a codificação é feita em tempo real não se costuma utilizar quadros B, mas para vídeo estáticos sim. Por exemplo, em programas de entrevista onde temos poucas trocas de cenas, muitos quadros P e B não diminuem tanto a qualidade, mas num jogo de futebol sim, segundo o artigo MPEG-2 FAQ (2001). A partir destas observações, a seqüência escolhida para filme foi IBBPBBPBB e para esporte IBPIBPIBP.

A especificação do CLP nas células ATM foi feita da seguinte forma:

I-picture: como é uma imagem importante, pois oferece informações de outras imagens, foi considerada como de alta prioridade (CLP = 0).

B-picture: sendo menos importante, pois perdendo essa imagem, pode-se utilizar informações fornecidas por outras imagens anteriores e posteriores, foi considerada como baixa prioridade (CLP = 1).

P-picture: foi considerada de alta prioridade por oferecer informações para *B-picture*.

Segundo o artigo MPEG-2 FAQ, o tamanho de um *I-frame* pode ser de 400.000 *bits*, correspondendo aproximadamente a 1042 células ATM (convertendo 400.000 *bits* em *bytes*, tem-se 50.000 *bytes*; transformando em células: $50.000/48 = 1042$ células), e como o *tipo de quadro B-picture* é metade de *I-picture*, então tem-se 521 células ATM e *P-picture* 25% (metade de *B-picture*), 260 células. Assim, o cálculo da quantidade de células com prioridades ou sem prioridades para o vídeo do tipo filme e esporte, seguiram esse raciocínio. Por exemplo, para filme, a seqüência é: 1042 células com alta prioridade para *I-frame*, duas seqüência de 521 células de baixa prioridade, uma seqüência de 260 células para *P-frame* com alta prioridade e assim sucessivamente (IBBPBBPBB).

4.6 RESUMO

Neste capítulo foram apresentadas as características de um típico tráfego de vídeo MPEG-2, que será utilizado no próximo capítulo, para a análise de como o mecanismo de policiamento *Dual Leaky Bucket* tem sua taxa de perda afetada pelo erro na especificação dos parâmetros especificados no contrato de QoS. Também, foi efetuada uma breve apresentação do funcionamento do simulador desenvolvido durante a elaboração do presente trabalho.

Capítulo 5

Este capítulo apresenta os resultados da simulação de dois tipos de tráfegos, filme e esporte, nos dois métodos baseados no mecanismo de policiamento Dual Leaky Bucket, VBR1 e VBR2. A análise dos resultados baseia-se na observação da taxa de perda em função da variação dos parâmetros definidos no contrato de conexão.

Resultados

5.1 ANÁLISE PARA TRÁFEGO DO TIPO FILME

Como primeira etapa, foram feitos vários testes com diversos valores do número de células de entrada, a fim de verificar qual o número de células de entrada deve ser utilizado sem que este interfira no resultado obtido na porcentagem de perdas nos dois *buckets*.

Para esta análise foram fixados os parâmetros com os seguintes valores PCR = 23.000 células/segundo, SCR = 19.000 células/segundo, MBS = 600 células e CDVT = 10 μ segundos. O número de células de entrada foi analisado a partir de 7.800.000 até 56.160.000 células. Verificou-se que a partir de 40.560.000 células a porcentagem de células perdidas foi se tornando estável nos dois *buckets*, como mostra o Gráfico 1 e Gráfico 2. Portanto, para as análises posteriores sempre será utilizado o número fixo de 40.560.000 células, tendo em vista que, acima deste número de células de entrada a taxa de

perda torna-se apenas função dos parâmetros utilizados pelo contrato estabelecido pelo mecanismo de policiamento.

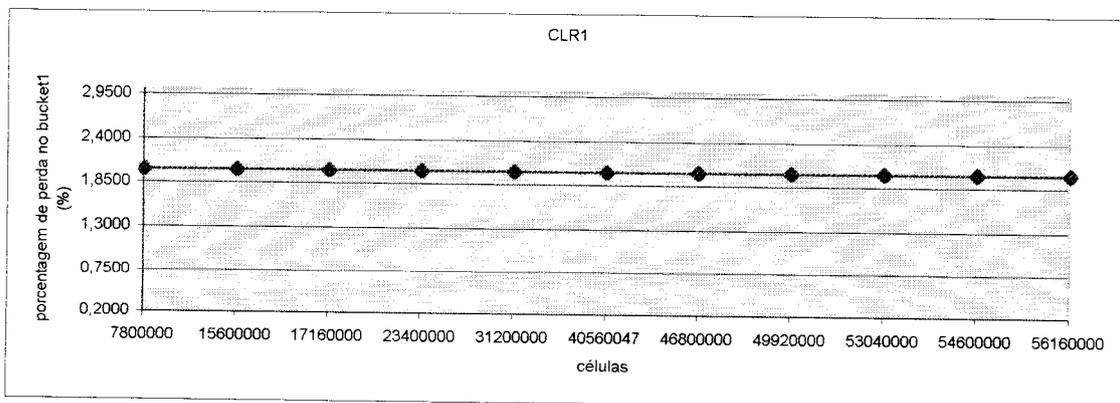


Gráfico 1 – Porcentagem de perda no *bucket1* (CLR1) em função do número de células de entrada

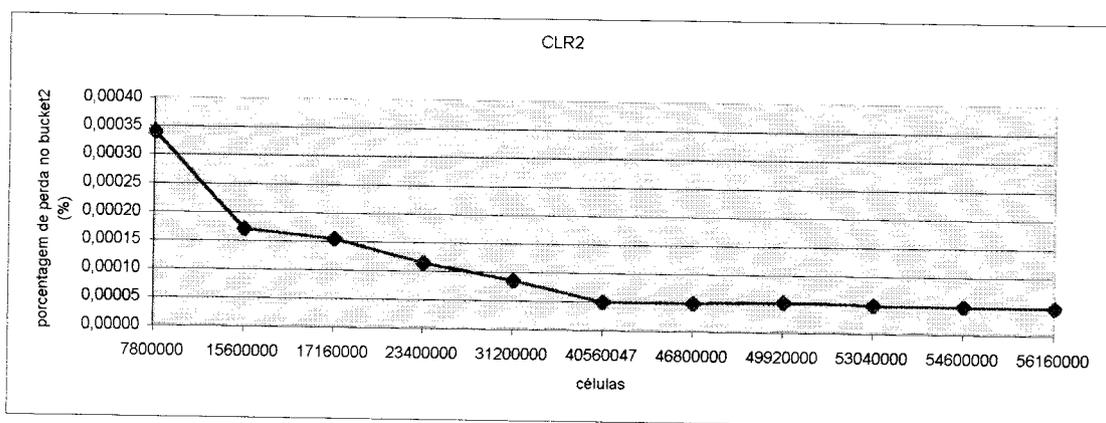


Gráfico 2 – Porcentagem de perda no *bucket2* (CLR2) em função do número de células de entrada

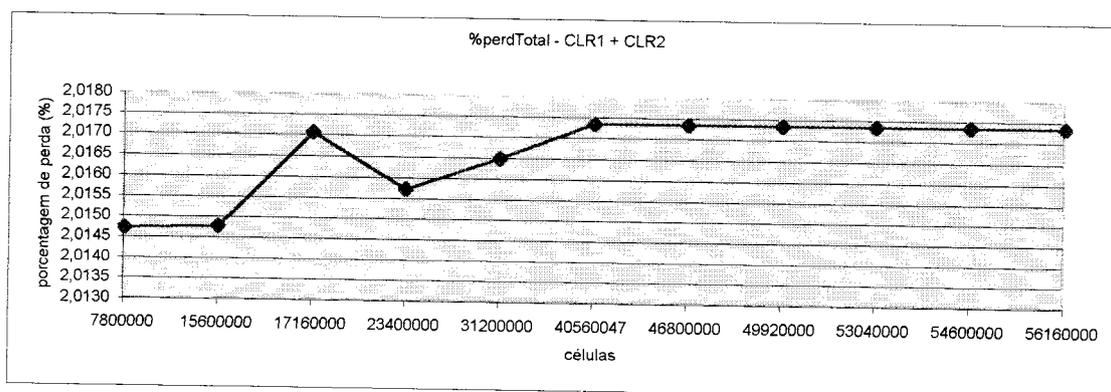


Gráfico 3 – Porcentagem da perda total pelo policiamento (*bucket1*+ *bucket2*) em função do número de células de entrada

5.1.1 Simulação do método VBR1

O objetivo é verificar como se comporta a perda de células em função das variações dos parâmetros no método VBR1. Desta forma, foram realizadas análises fixando três dos quatro parâmetros e variando apenas um deles e verificando a taxa de perda. Os resultados obtidos são apresentados nas subseções seguintes.

5.1.1.1 Variação de SCR

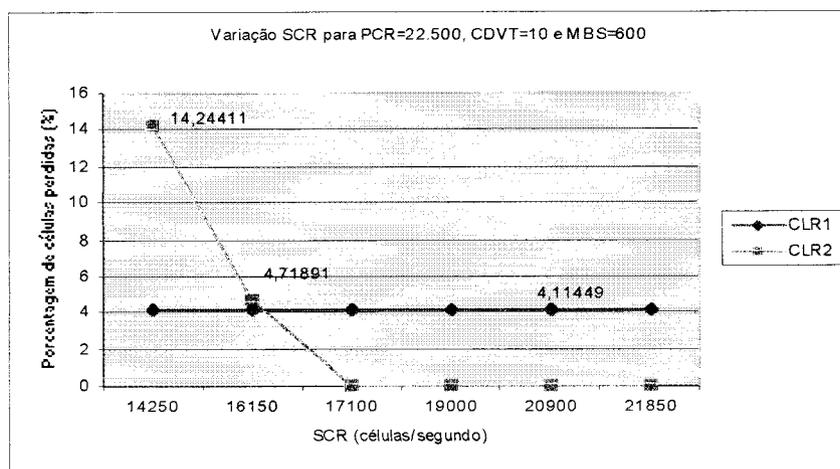


Gráfico 4 - Variação de SCR com PCR=22.500 células/segundo

No Gráfico 4, foram fixados os seguintes valores de parâmetros: PCR=22.500 células/segundo (que representa um valor 10% menor que o real), MBS=600 células (por ser valor próximo do real) e CDTV=10 μ segundos. O parâmetro SCR varia de 14.250 a 21.850 células/segundo, sendo que seu valor real aproximado é 19.000 células/segundo. Pode-se verificar que a porcentagem de perda torna-se mais alta apenas no *bucket2* para o SCR em 16.150, ou seja, 15% abaixo do valor do tráfego real, com um aumento em torno de 4%. Para o *bucket1*, a perda fica estável com aproximadamente 4%, uma vez que SCR não influencia no *bucket1*.

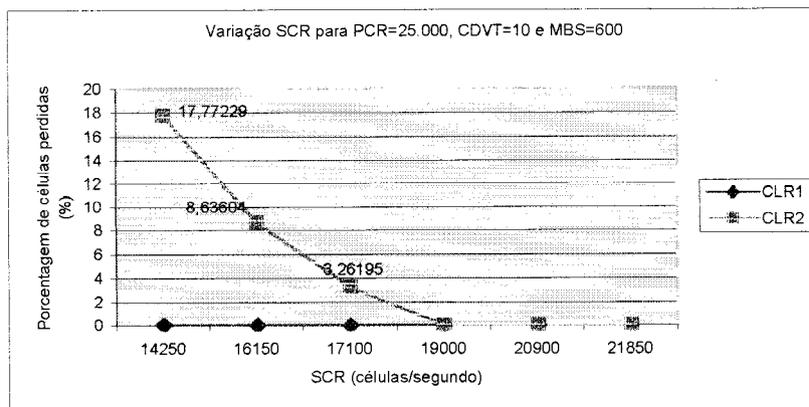


Gráfico 5 - Variação de SCR com PCR=25.000 células/segundo

No Gráfico 5, como o valor de PCR é muito próximo do valor do tráfego real (25.000 células/segundo), praticamente não há perda no *bucket1*. As taxas de perda observadas para o *bucket2* aumentam em relação às obtidas quando PCR está abaixo do valor real. Quando SCR está 10% abaixo do valor real, já começa a haver uma perda considerável (3%).

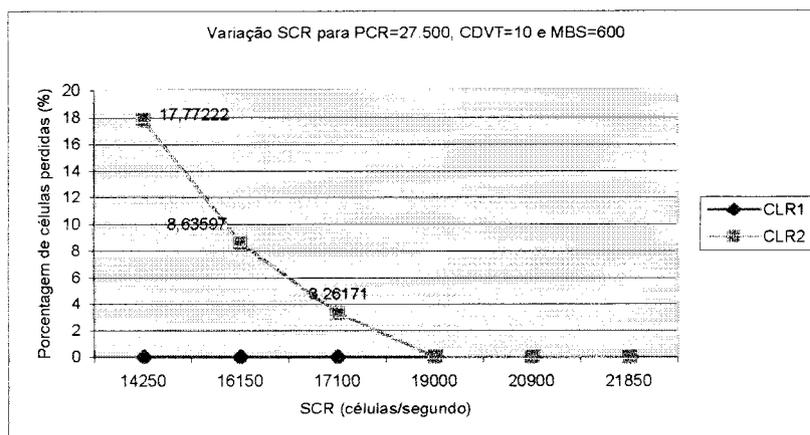
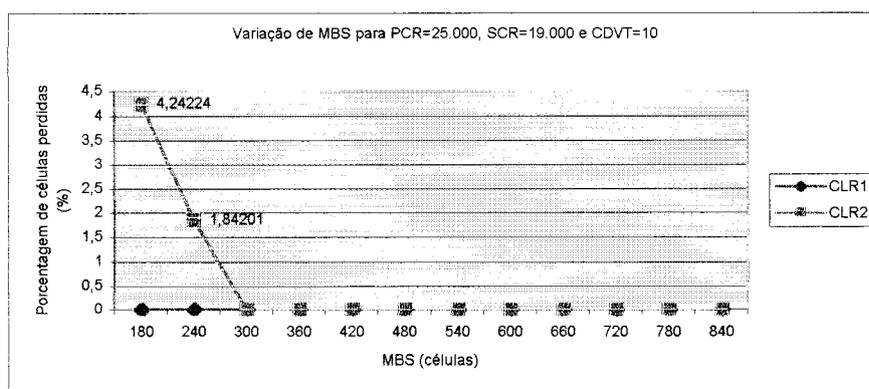
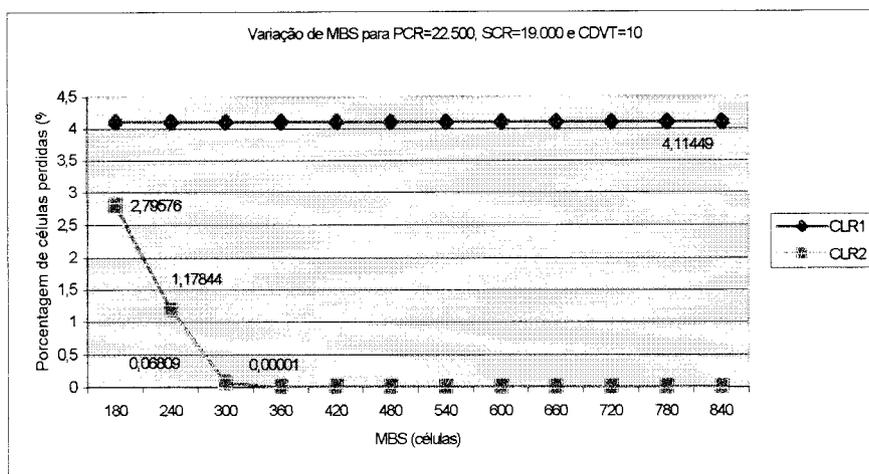


Gráfico 6 - Variação de SCR com PCR=27.500 células/segundo

O Gráfico 6 demonstra que, para valor de PCR maior que o seu valor real, a variação do parâmetro SCR não tem seu comportamento alterado em relação ao obtido no Gráfico 5, quando PCR praticamente coincide com o valor do tráfego real.

5.1.1.2 Variação de MBS

O parâmetro MBS é um parâmetro que faz com que o *bucket2* policie células que não estão em conformidade com o tráfego gerado. Os gráficos seguintes mostram a consequência que a variação deste parâmetro traz nas taxas de perda dos *buckets* com valores diferentes de PCR e SCR.



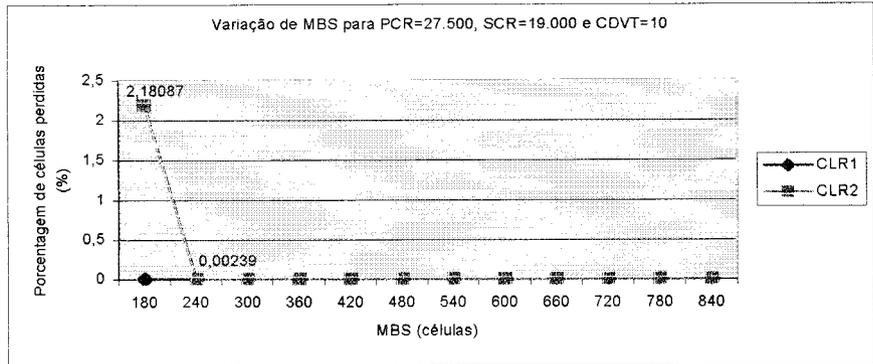
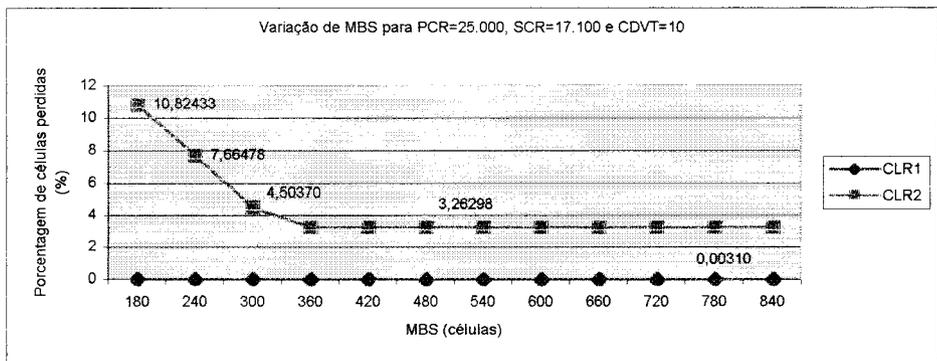
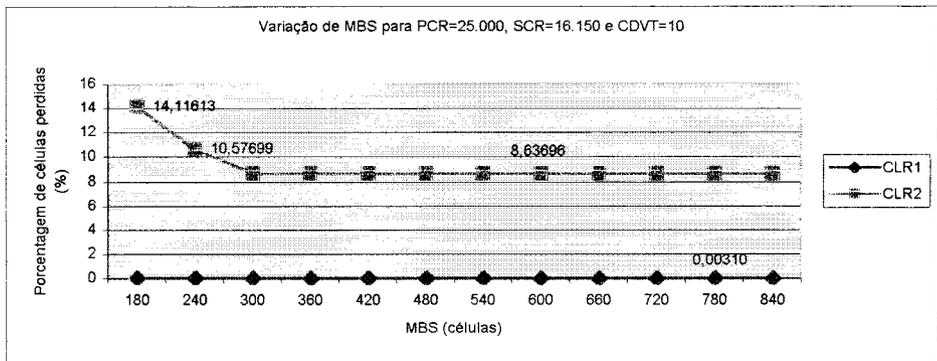


Gráfico 7 - Variação de MBS com SCR=19.000 células/segundo

O Gráfico 7 mostra que o parâmetro MBS leva à perda de células no *bucket2* para PCR com contrato com valor de 10% maior (27.500 células/segundo) e igual ao seu valor real (25.000 células/segundo), apenas quando MBS é igual ou inferior a 240 células (60% abaixo do valor real). Porém, quando PCR com valor 10% abaixo do real começa a ocorrer perda com MBS 50% abaixo do real (300 células).



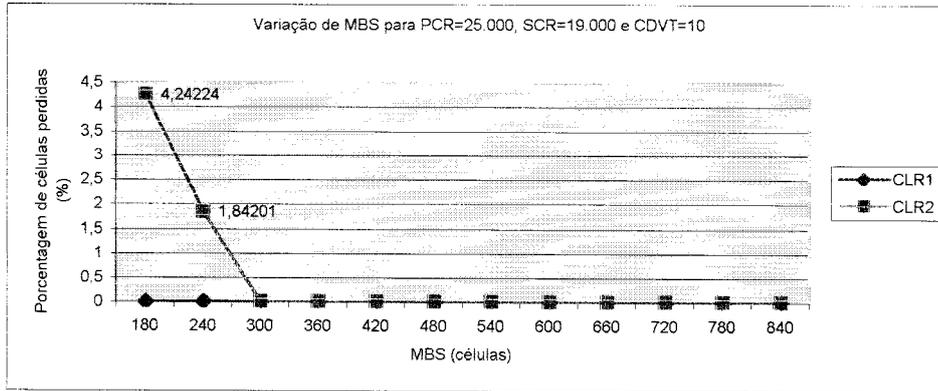
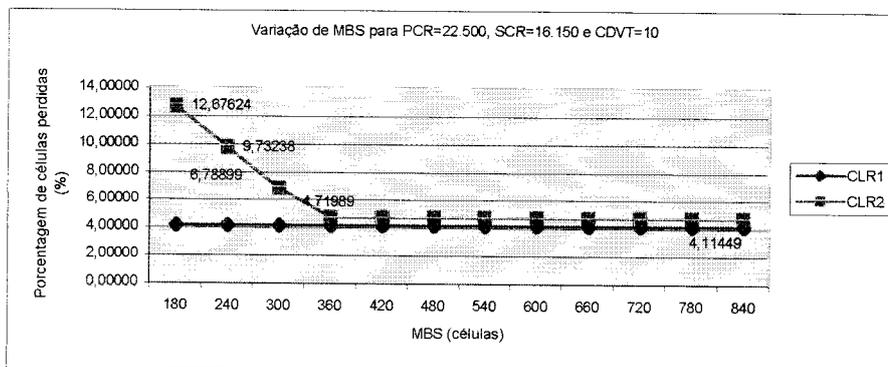


Gráfico 8 - Variação de MBS com PCR=25.000 células/segundo

O Gráfico 8 mostra que para valores de SCR 10% (17.100 células/segundo) e 15% (16.150 células/segundo) menor que o valor do tráfego real, a perda no *bucket2* é maior que a observada para SCR próximo ao valor real. No entanto, observando a variação da taxa de perda pela variação de MBS, pode-se notar que não há alteração do comportamento como verificado no Gráfico 7, ou seja, apenas quando MBS está 50% abaixo do seu valor real, este parâmetro influencia no policiamento de células no *bucket2*.



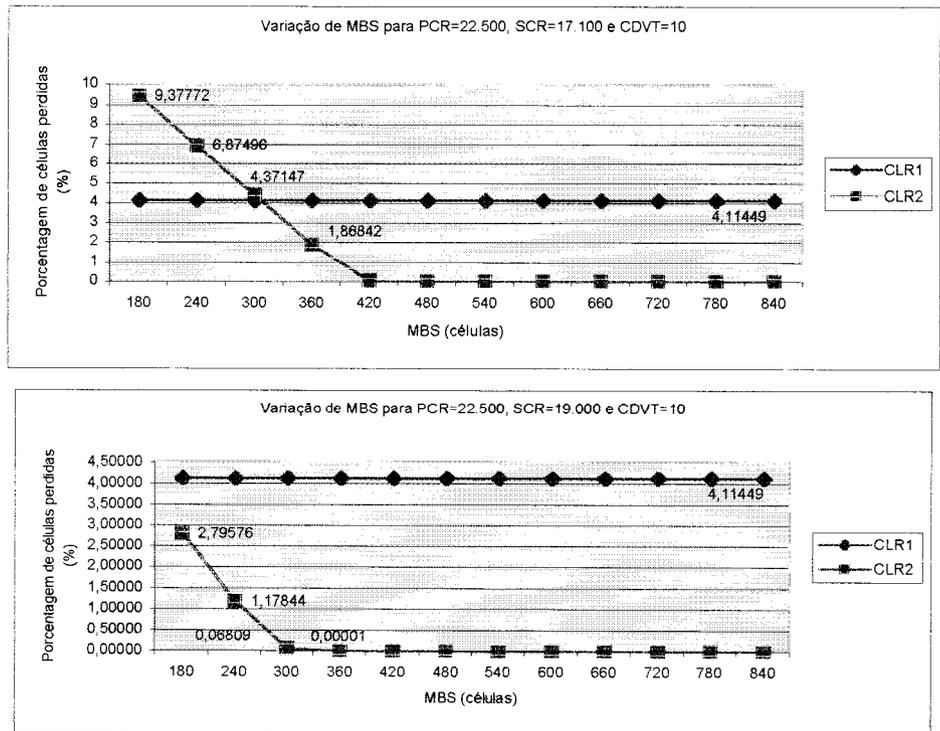


Gráfico 9 - Variação de MBS com PCR=22.500 células/segundo

Com PCR 10% abaixo (Gráfico 9), quando SCR tem seu valor próximo do valor do tráfego real, a taxa de perda só aumenta quando o parâmetro MBS tem seu valor inferior a 50% do valor de MBS do tráfego real. Diminuindo SCR em 10%, a taxa de perda sofre influência de MBS para valores inferiores a 30%. Diminuindo ainda mais SCR (15% abaixo do tráfego real) é o valor de SCR que determina uma maior taxa de perda, ficando aproximadamente constante em 4,72 %; por outro lado, MBS tem influência na taxa de perda apenas quando seu valor está abaixo de 40%.

5.1.1.3 Variação de CDVT

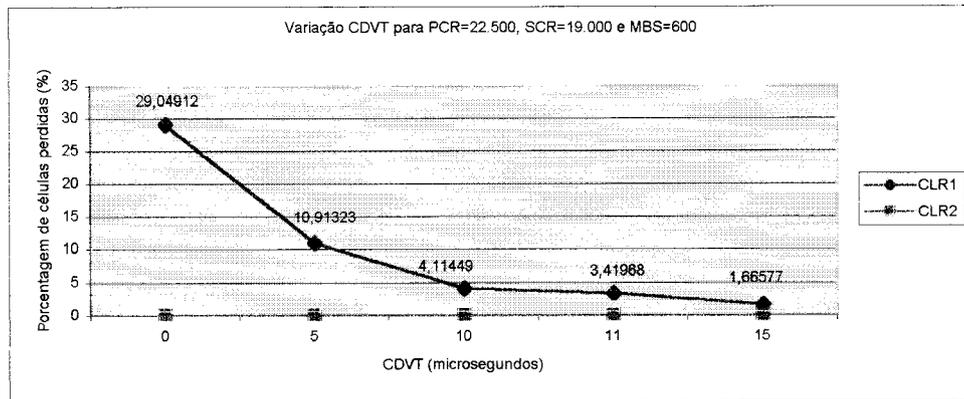


Gráfico 10 - Variação de CDVT com PCR=22.500 células/segundo

No Gráfico 10, pode ser visto que no *bucket1* há uma severa perda quando não se considera a tolerância ao atraso (CDVT=0). Esta perda no *bucket1* diminui quando se aumenta a tolerância ao atraso. Também, verifica-se que quando o valor de PCR está abaixo do tráfego gerado (22.500 células/segundo), a tolerância ao atraso faz com que haja uma compensação pelo erro na definição do valor de PCR no contrato. Por exemplo, se CDVT é igual a 10 μ segundos, significa que o tempo de chegada da célula poderá ser 10 μ segundos maior que $1/PCR$ (tempo de chegada entre as células transmitidas na taxa de pico) que ainda vai estar de acordo em relação ao *bucket1*. Para o *bucket2* manteve-se a perda constante, não havendo nenhuma influência para CDVT.

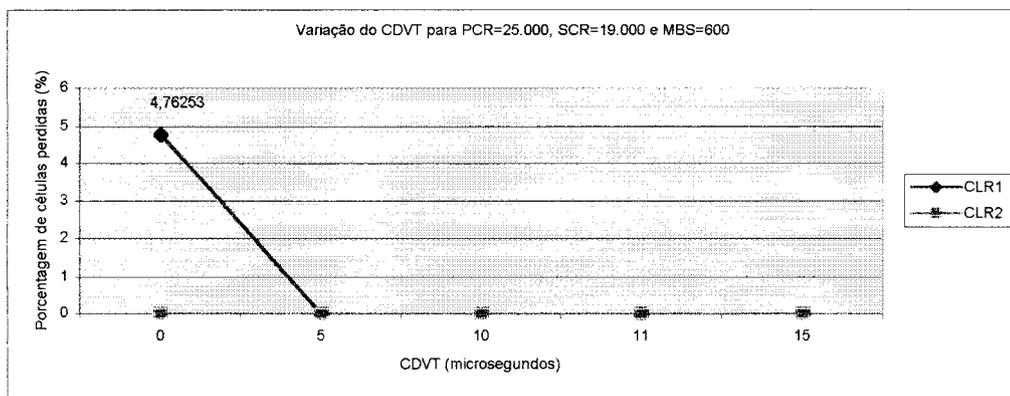


Gráfico 11 - Variação de CDVT com PCR=25.000 células/segundo

Como pode ser visto no Gráfico 11, quando PCR assume o valor do tráfego gerado (25.000 células/segundo), há uma perda de 4,76% no *bucket1*, quando não é considerada a tolerância ao atraso (CDVT=0), este valor é menor se comparado ao no *bucket1* com PCR 22.500 células/segundo (Gráfico 10).

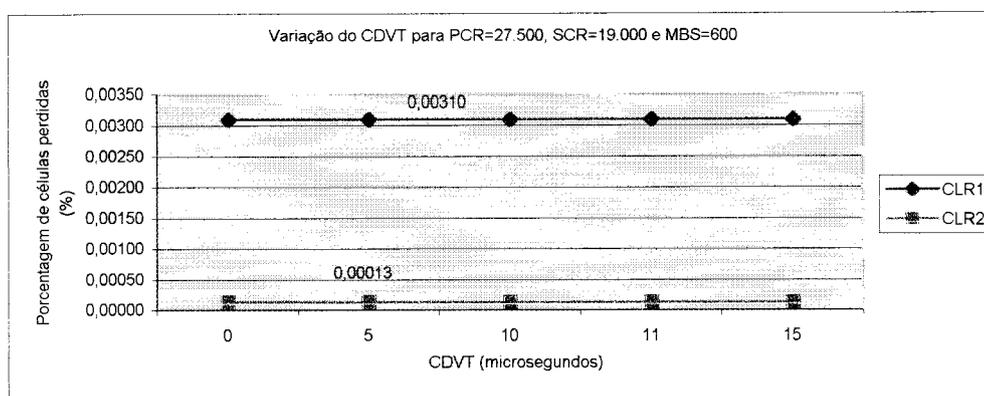


Gráfico 12 - Variação de CDVT com PCR=27.500 células/segundo

Para uma taxa de pico acima (PCR=27.500), verifica-se que há uma perda não considerável quando CDVT é igual a zero como é visto no Gráfico 12, comparando-se com os Gráfico 10 e Gráfico 11.

Portanto, quando o contrato reflete bem as características do tráfego gerado, o parâmetro CDVT volta a ter real função dentro do mecanismo de policiamento, que é tolerar atrasos impostos pela *bufferização* na rede.

5.1.1.4 Variação de PCR

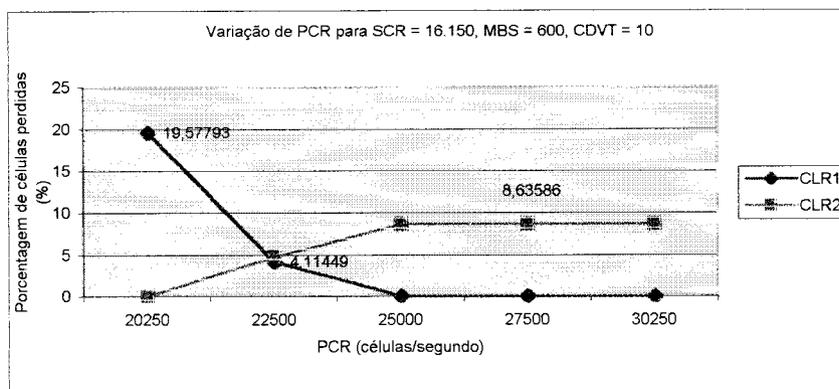


Gráfico 13 – Variação de PCR para SCR = 16.150 células/segundo

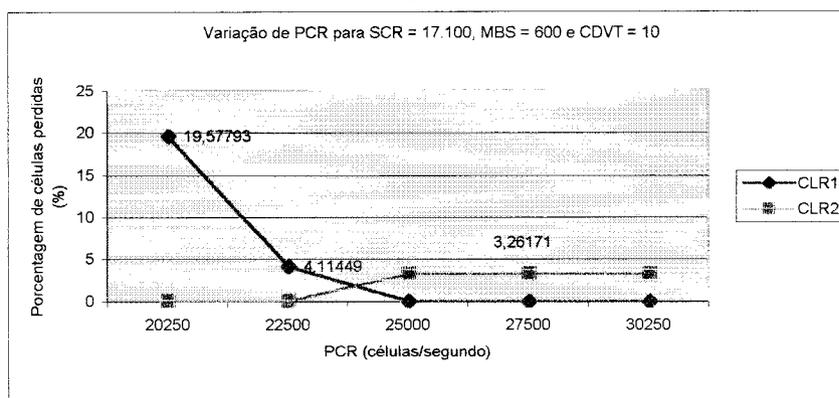


Gráfico 14 - Variação de PCR para SCR = 17.100 células/segundo

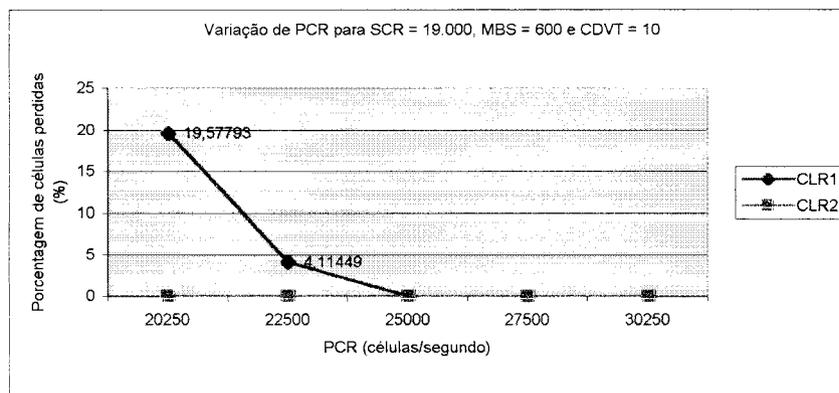


Gráfico 15 - Variação de PCR para SCR = 19.000 células/segundo

As variações dos valores do parâmetro PCR influenciam na perda do *bucket1*, como pode ser observado quando o valor está abaixo do tráfego real gerado (25.000 células/segundo). Apesar do valor escolhido para SCR não interferir na taxa de perda no

bucket1, observar-se que o comportamento da perda no *bucket2*, é alterado quando ambos os parâmetros estão subdimensionados, ou seja, há uma maior perda do mecanismo de policiamento (*bucket1* + *bucket2*). Quando PCR está com valor 10% abaixo do valor real, e o valor de SCR 10% abaixo, a perda restringe-se a aproximadamente 4% das células de entrada. Porém, para SCR 20% abaixo do valor real, é adicionada a perda de 8% de células que são policiadas no *bucket2*.

Análise de Resultados

Nos próximos parágrafos segue uma breve análise dos resultados obtidos pelo método VBR1 para tráfego do tipo filme.

A variação do valor do parâmetro MBS influencia no aumento da perda no *bucket2*, apenas quando esse está aproximadamente 50% abaixo do seu valor gerado pela rajada do tráfego MPEG-2 (seção 3.1).

A variação de CDVT mostrou que este parâmetro torna-se relevante para a taxa de perda apenas quando PCR está abaixo do real. Apesar deste parâmetro estar relacionado com tolerância aos atrasos da rede, se seu valor é diferente de zero, ele também ameniza a porcentagem de células perdidas em função de erro na especificação de valor para PCR no contrato.

Para a taxa de perda do mecanismo *Dual Leaky Bucket*, ou seja, os dois *buckets*, a variação de PCR e SCR deve ser analisada em conjunto. Quando PCR está abaixo do seu valor, um erro em SCR não acarreta em perda no *bucket2*, contudo para PCR igual ou

maior que o real, o valor de SCR torna-se relevante, pois células não policiadas no *bucket1* serão policiadas no *bucket2* e com isso SCR torna-se um limitador.

Tanto SCR quanto PCR podem ser considerados os parâmetros que mais influencia nas taxas de perda do mecanismo.

5.1.2 Simulação do método VBR2

O objetivo desta seção é verificar como se comporta a perda de células em função das variações dos parâmetros com a influência de CLP (prioridade de células) no tráfego de vídeo e comparar com o método VBR1. Foram realizadas análises da mesma maneira que as realizadas para VBR1, mas considerando ainda, segundo *CISCO System Inc e ATM Forum* (1999), as prioridades para as células: as células com $CLP = 1$ (baixa prioridade) que estiverem de acordo com o *bucket1* são admitidas na rede e com $CLP = 0$ (alta prioridade) são policiadas no *bucket2*. As células com $CLP (0+1)$ que não estiverem de acordo com o *bucket1* serão descartadas. As células com $CLP (0)$ que estiverem de acordo com o *bucket2* serão aceitas pela rede, ao contrário serão descartadas.

O tráfego do tipo filme segue como descrito na seção 4.2.3, com a seqüência IBBPBBPBB, onde B é de baixa prioridade, e assim somente 30% das células são policiadas no *bucket2*.

5.1.2.1 Variação de SCR

Para a taxa sustentável do tráfego (SCR) abaixo do tráfego real e para parâmetros com valores próximos do tráfego gerado (Gráfico 16), foi verificado que tanto o número de

células perdidas nos dois *buckets*, quanto o número de células de entrada e aceitas, permanecem constantes para toda a variação dos valores do parâmetro. Já, na comparação com VBR1, verifica-se que há uma queda do número de células policiadas no *bucket2* para VBR2, sendo aceitas diretamente no *bucket1*. Uma pequena perda no *bucket2* foi observada quando SCR está 2% abaixo do valor real.

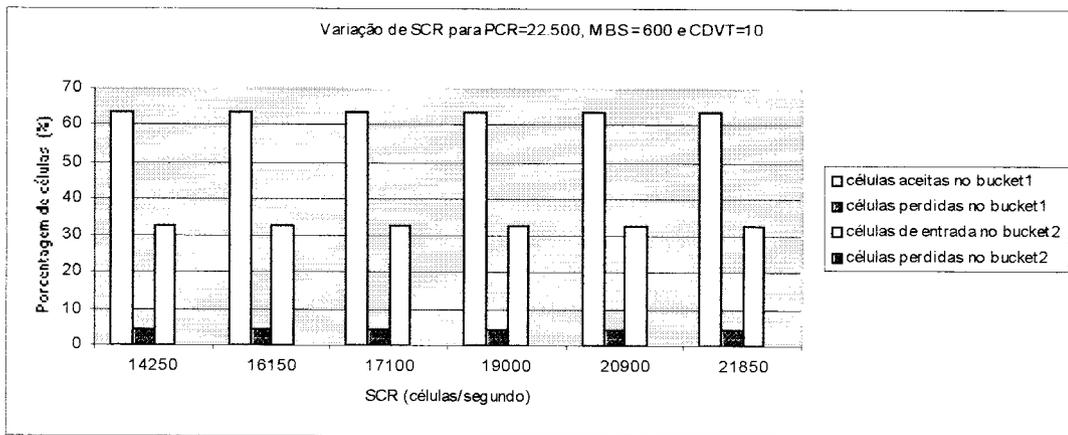


Gráfico 16 - Variação de SCR para PCR = 22.500 células/segundo para VBR2

Tabela 8 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 22.500 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | Aceita no bucket1 (%) |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | |
| 22.500 | 14.250 | 600 | 10 | 4,11450 | 95,88271 | 14,24411 | 4,11450 | 32 | 0,08000 | 63,39237 |
| 22.500 | 16.150 | 600 | 10 | 4,11450 | 95,88550 | 4,71891 | 4,11450 | 32 | 0 | 63,39420 |
| 22.500 | 17.100 | 600 | 10 | 4,11450 | 95,88550 | 0,00011 | 4,11450 | 32 | 0 | 63,39420 |
| 22.500 | 19.000 | 600 | 10 | 4,11450 | 95,88550 | 0,00006 | 4,11450 | 32 | 0 | 63,39420 |
| 22.500 | 20.900 | 600 | 10 | 4,11450 | 95,88550 | 0,00002 | 4,11450 | 32 | 0 | 63,39420 |
| 22.500 | 21.850 | 600 | 10 | 4,11450 | 95,88550 | 0,00001 | 4,11450 | 32 | 0 | 63,39420 |

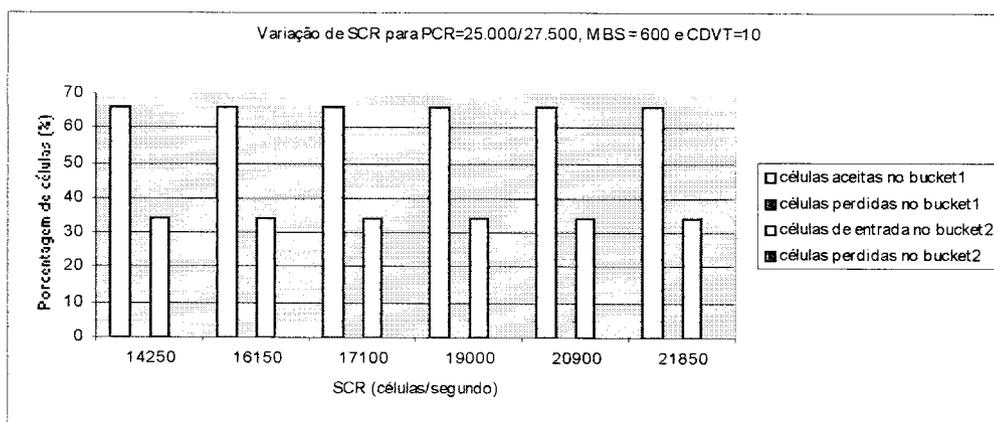


Gráfico 17 - Variação de SCR para PCR = 25.000 e 27.500 células/segundo para VBR2

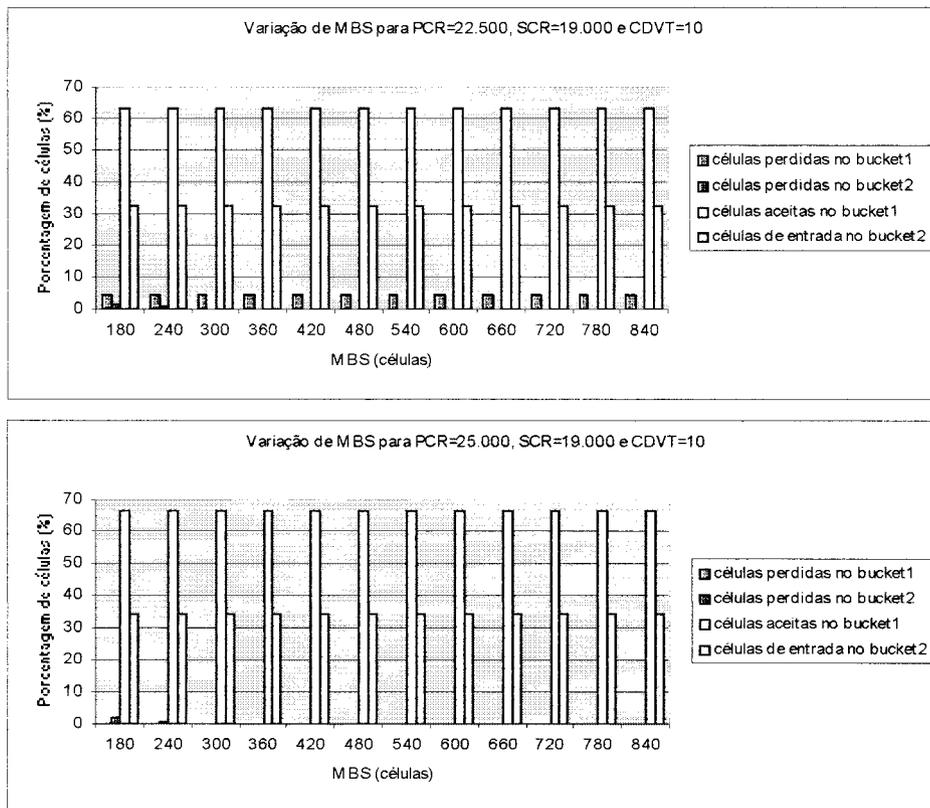
Tabela 9 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 25.000 (células/segundo) e 27.500 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 (%) | | | VBR2 (%) | | | |
|---------------|---------------|-----|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | | | Perdida no bucket1 | Entrada no bucket2 | Perdida no bucket2 | Perdida no bucket1 | Entrada no bucket2 | Perdida no bucket2 | Aceita no bucket1 |
| 25.000/27.500 | 14.250 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 17,77222 | 0,00310 | 33,88271 | 0 | 66,11419 |
| 25.000/27.500 | 16.150 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 8,63597 | 0,00310 | 33,88271 | 0 | 66,11419 |
| 25.000/27.500 | 17.100 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 3,26171 | 0,00310 | 33,88271 | 0 | 66,11419 |
| 25.000/27.500 | 19.000 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00013 | 0,00310 | 33,88271 | 0 | 66,11419 |
| 25.000/27.500 | 20.900 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00006 | 0,00310 | 33,88271 | 0 | 66,11419 |
| 25.000/27.500 | 21.850 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00004 | 0,00310 | 33,88271 | 0 | 66,11419 |

Através do Gráfico 17 e a Tabela 9 pode-se observar resultados idênticos para PCR com valor próximo do real e acima do real (PCR = 25.000 e 27.000 células/segundo). Em ambos os casos há queda na perda no *bucket2* para VBR2 em relação ao VBR1. Com VBR1 foram observadas perdas de aproximadamente 17%, 9% e 4% para valores do parâmetro SCR, respectivamente, 20%, 15% e 10% abaixo do tráfego real. Esses resultados demonstram que quando utilizado o método VBR2, devido à rotulação das prioridades de células, pôde-se eliminar completamente a perda de células mesmo quando são utilizados valores de SCR menores que o do tráfego real.

5.1.2.2 Variação de MBS

Para PCR 10% abaixo do seu valor real os resultados obtidos mostram que não há aumento na taxa de perda para o parâmetro MBS com até 40% do valor do tráfego real (360 células). Para MBS=300 células, há perda de 0,02083% no *bucket2* e MBS = 240 células, em 0,43422%. Enquanto para o valor de PCR 10% superior ao real (27.500 células/segundo), MBS só torna-se relevante quando seu valor está 60% abaixo do real (MBS = 240 células), tendo 0,8164% de células perdidas no *bucket2*. Para os parâmetros com todos os seu valores corretos, pode-se utilizar MBS até 50% abaixo do valor real sem que haja perda. Esses resultados são mostrados no Gráfico 18.



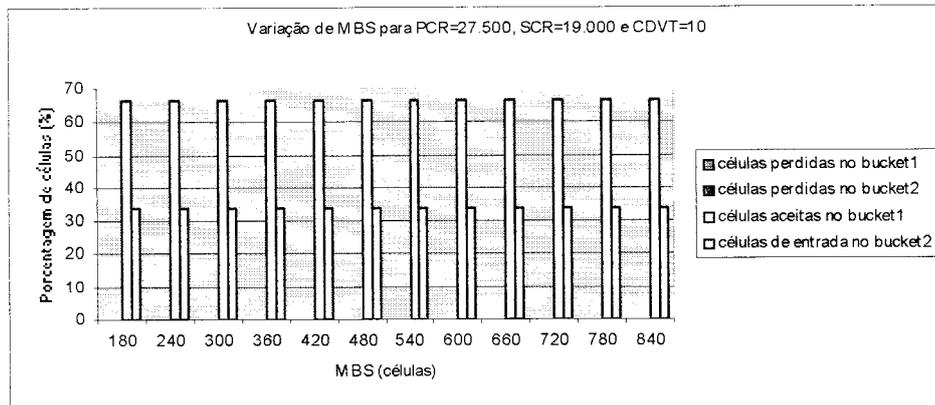


Gráfico 18 - Variação de MBS e PCR para SCR = 19.000 células/segundo para VBR2

Tabela 10 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS e PCR para SCR = 19.000 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | Aceita no bucket1 |
|--------|--------|-----|------|----------|--------------------|----------|----------|--------------------|----------|-------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 | CLR2 (%) | |
| 22.500 | 19.000 | 180 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 2,79576 | 4,11449 | 32,49132 | 1,23495 | 63,3942 |
| 22.500 | 19.000 | 240 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 1,17844 | 4,11449 | 32,49132 | 0,43422 | 63,3942 |
| 22.500 | 19.000 | 300 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 0,06809 | 4,11449 | 32,49132 | 0,02088 | 63,3942 |
| 22.500 | 19.000 | 360 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 0,00001 | 4,11449 | 32,49132 | 0,00000 | 63,3942 |
| 25.000 | 19.000 | 180 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 4,24224 | 0,00310 | 33,88271 | 1,87170 | 66,11419 |
| 25.000 | 19.000 | 240 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 1,84201 | 0,00310 | 33,88271 | 0,66945 | 66,11419 |
| 27.500 | 19.000 | 180 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 2,18087 | 0,00310 | 33,88271 | 0,81674 | 66,11419 |
| 27.500 | 19.000 | 240 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00239 | 0,00310 | 33,88271 | 0,00057 | 66,11419 |

Para SCR 15% abaixo do seu valor real (16.150 células/segundo), o parâmetro MBS torna-se mais relevante, ocasionando perdas para valores abaixo de 20% (MBS = 480 células). E para SCR = 17.100 células/segundo (10%), a perda começa ocorrer para valores inferiores a 30% (MBS = 420 células). Esses resultados podem ser observados no gráfico abaixo, Gráfico 19.

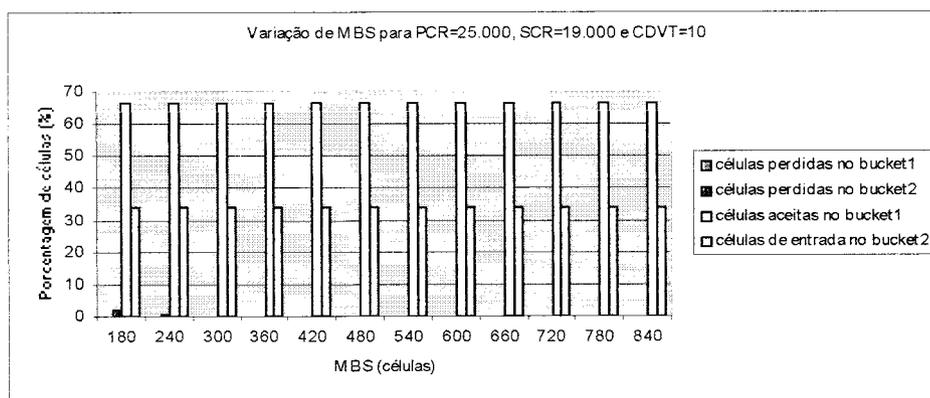
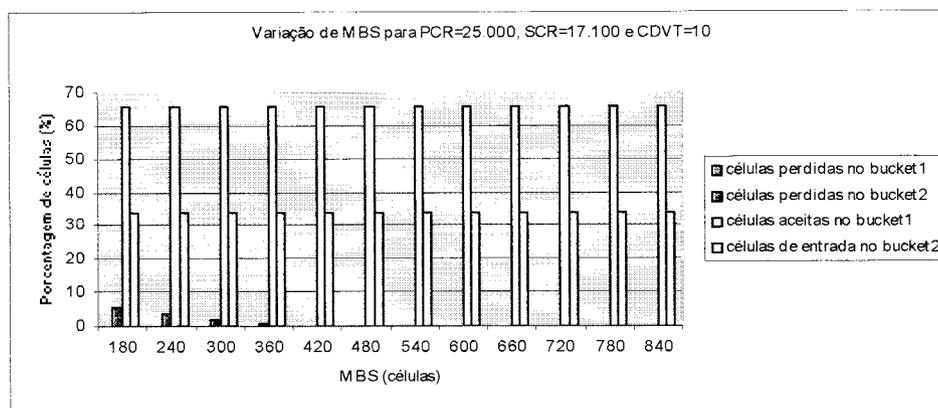
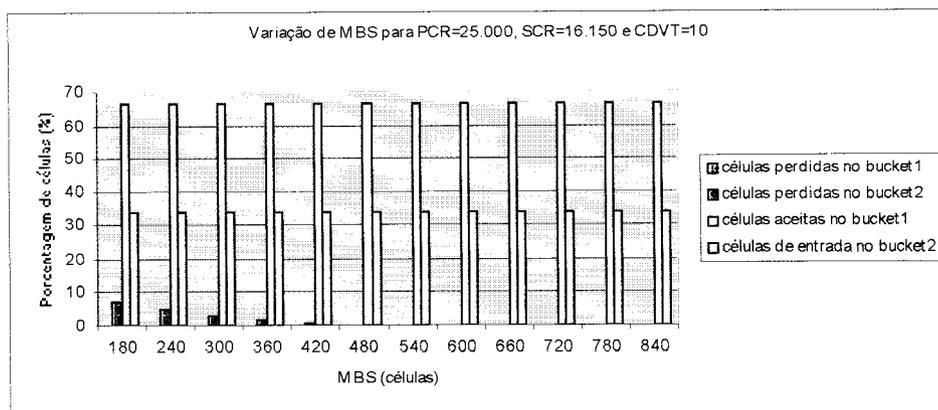


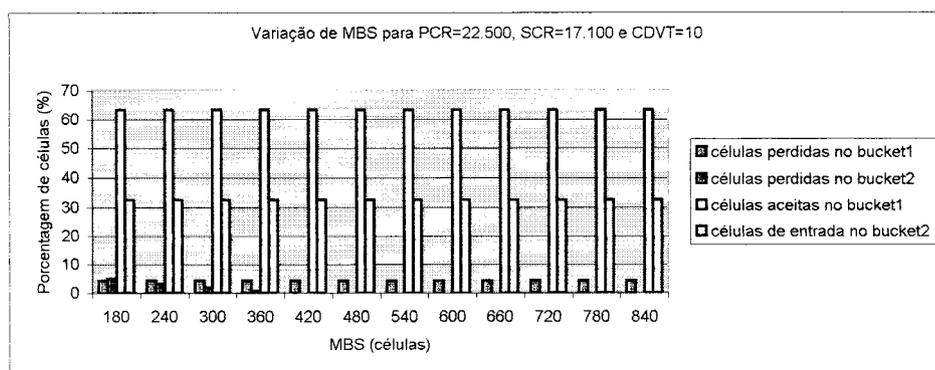
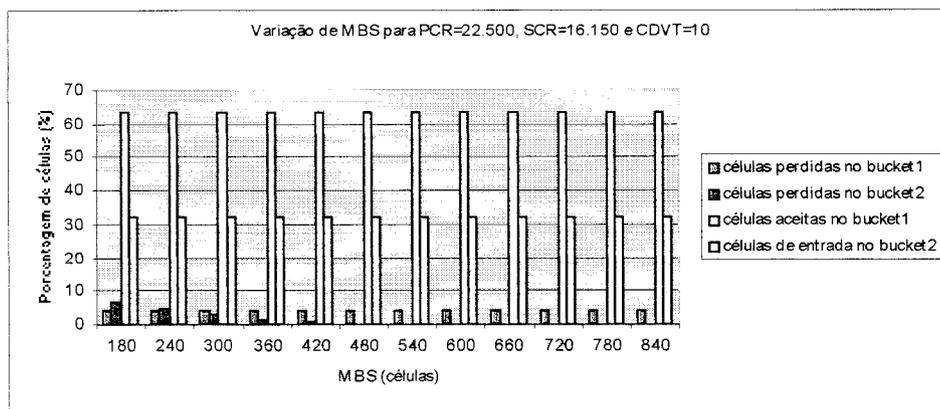
Gráfico 19 - Variação de MBS e SCR para PCR = 25.000 células/segundo para VBR2

Tabela 11 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS e SCR para PCR = 25.000 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|------------------------|-----------------------|----------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | Aceita no bucket1 (%) | |
| 25.000 | 19.000 | 180 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 4,24224 | 0,00310 | 33,88271 | 1,87170 | 66,11419 |
| 25.000 | 19.000 | 240 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 1,84201 | 0,00310 | 33,88271 | 0,66945 | 66,11419 |
| 25.000 | 17.100 | 180 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 10,82433 | 0,00310 | 33,88271 | 5,42573 | 66,11419 |
| 25.000 | 17.100 | 240 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 7,66478 | 0,00310 | 33,88271 | 3,39454 | 66,11419 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|---------------|------------|----|---------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|
| 25.000 | 17.100 | 300 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 4,50370 | 0,00310 | 33,88271 | 1,73247 | 66,11419 |
| 25.000 | 17.100 | 360 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 3,26298 | 0,00310 | 33,88271 | 0,46250 | 66,11419 |
| 25.000 | 16.150 | 180 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 14,11613 | 0,00310 | 33,88271 | 7,35068 | 66,11419 |
| 25.000 | 16.150 | 240 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 10,57699 | 0,00310 | 33,88271 | 4,88093 | 66,11419 |
| 25.000 | 16.150 | 300 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 8,63727 | 0,00310 | 33,88271 | 3,13285 | 66,11419 |
| 25.000 | 16.150 | 360 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 8,63696 | 0,00310 | 33,88271 | 1,80676 | 66,11419 |
| 25.000 | 16.150 | 420 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 8,63665 | 0,00310 | 33,88271 | 0,51281 | 66,11419 |
| 25.000 | 16.150 | 540 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 8,63634 | 0,00310 | 33,88271 | 0,02706 | 66,11419 |

Com PCR 10% abaixo do valor real e variando o valor do parâmetro SCR juntamente com o parâmetro MBS, verifica-se que para SCR com seu valor 10% menor que o real, o aumento da perda no *bucket2* é observado para valores de MBS 50% abaixo do seu valor. Já para SCR 15% abaixo, o valor de MBS interfere mais na taxa de perda, já registrando perda com MBS 20% abaixo de seu valor real.



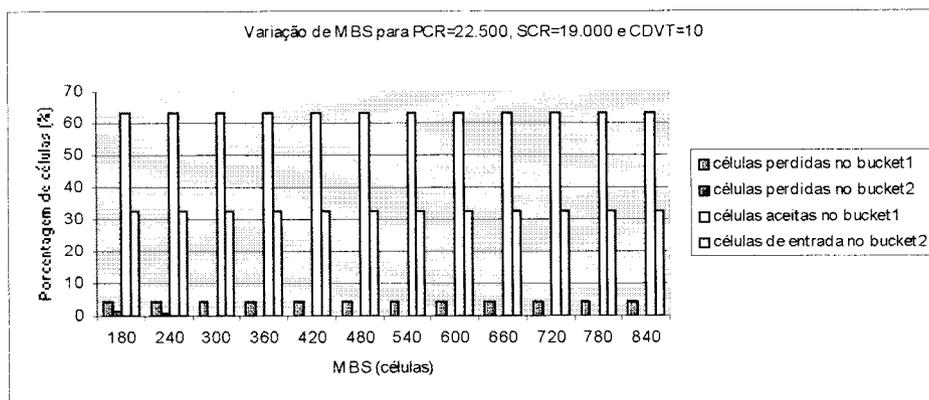


Gráfico 20 – Variação de MBS e SCR para PCR = 22.500 células/segundo para VBR2

Tabela 12 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS e SCR para PCR = 22.500 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | Aceita no bucket1 (%) |
|--------|--------|-----|------|----------|--------------------|----------|----------|--------------------|----------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 | CLR2 (%) | |
| 22.500 | 19.000 | 180 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 2,79576 | 4,11449 | 32,49132 | 1,23495 | 63,3942 |
| 22.500 | 19.000 | 240 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 1,17844 | 4,11449 | 32,49132 | 0,43422 | 63,3942 |
| 22.500 | 19.000 | 300 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 0,06809 | 4,11449 | 32,49132 | 0,02088 | 63,3942 |
| 22.500 | 19.000 | 360 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 0,00001 | 4,11449 | 32,49132 | 0,00000 | 63,3942 |
| 22.500 | 17.100 | 180 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 9,37772 | 4,11449 | 32,49132 | 4,82264 | 63,3942 |
| 22.500 | 17.100 | 240 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 6,87496 | 4,11449 | 32,49132 | 3,12198 | 63,3942 |
| 22.500 | 17.100 | 300 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 4,37147 | 4,11449 | 32,49132 | 1,74284 | 63,3942 |
| 22.500 | 17.100 | 360 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 1,86842 | 4,11449 | 32,49132 | 0,64427 | 63,3942 |
| 22.500 | 17.100 | 420 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 0,03814 | 4,11449 | 32,49132 | 0,01116 | 63,3942 |
| 22.500 | 16.150 | 180 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 12,67624 | 4,11449 | 32,49132 | 6,87538 | 63,3942 |
| 22.500 | 16.150 | 240 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 9,73238 | 4,11449 | 32,49132 | 4,58341 | 63,3942 |
| 22.500 | 16.150 | 300 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 6,78899 | 4,11449 | 32,49132 | 2,84833 | 63,3942 |
| 22.500 | 16.150 | 360 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 4,71989 | 4,11449 | 32,49132 | 1,48346 | 63,3942 |
| 22.500 | 16.150 | 360 | 10 | 4,11449 | 95,88551 | 4,71962 | 4,11449 | 32,49132 | 0,38709 | 63,3942 |

Comparando-se com o método VBR1, verifica-se a importância da prioridade das células (CLP), que reduz a perda no *bucket2* para o método VBR2. Pela separação de células que são policiadas em *buckets* diferentes, as células de baixa prioridade são aceitas já na primeira análise, ou seja, no *bucket1*. Essa comparação pode ser vista na Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12.

5.1.2.3 Variação de CDVT

Analisando a porcentagem de perda em função da variação de CDVT, pode-se verificar que a rotulação de prioridade das células, CLP, influencia nos resultados quando comparados aos obtidos pelo método VBR1. Como pode ser visto no Gráfico 21, mesmo a taxa de pico estando abaixo do tráfego real, verificou-se que realmente há uma queda no número de células de entrada no *bucket2*.

Devido às prioridades das células, foram aceitas no *bucket1* células que, em VBR1, foram policiadas apenas no *bucket2*. Assim, pode-se notar em relação ao VBR1 não existe perda de células, tendo em vista que SCR e MBS são muito próximos do tráfego gerado (Tabela 13).

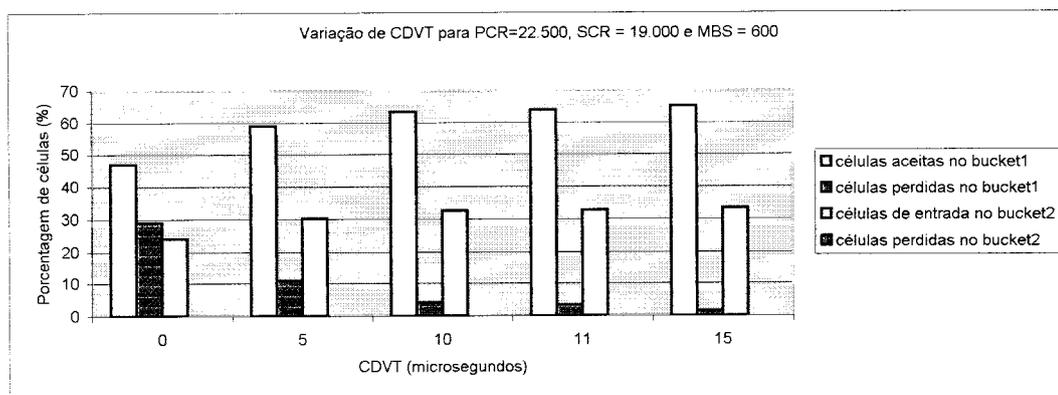


Gráfico 21 – Variação de CDVT para PCR = 22.500 células/segundo para VBR2

Tabela 13 – Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 22.500 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|-----------------------|------------------------|----------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Aceita no bucket1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) |
| 22.500 | 19.000 | 600 | 0 | 29,04910 | 70,95090 | 0,00005 | 29,04910 | 46,90994 | 24,04094 | 0 |
| 22.500 | 19.000 | 600 | 5 | 10,91320 | 89,08680 | 0,00006 | 10,91320 | 58,89992 | 30,18684 | 0 |
| 22.500 | 19.000 | 600 | 10 | 4,11450 | 95,88550 | 0,00006 | 4,11450 | 63,39420 | 32,49132 | 0 |
| 22.500 | 19.000 | 600 | 11 | 3,41970 | 96,58030 | 0,00006 | 3,41970 | 63,85464 | 32,72568 | 0 |
| 22.500 | 19.000 | 600 | 15 | 1,66580 | 98,33420 | 0,00006 | 1,66580 | 65,01460 | 33,31962 | 0 |

O parâmetro CDVT está diretamente relacionado aos atrasos impostos pela rede, principalmente, devido à existência de *buffers*. No entanto, quando o valor de PCR estipulado pelo contrato é menor que o valor do tráfego real, nota-se a influência do valor escolhido para CDVT. Com PCR 10% abaixo do valor do tráfego real, o valor nulo para CDVT implica em aproximadamente 30% de células perdidas no *bucket1*. Sendo que a consideração de um pequeno valor para CDVT, igual a 5µsegundos, já reduz a perda para 10%. Já com valor de CDVT fixo em 15 µsegundos a perda fica reduzida a 1,7%.

Para uma taxa de pico aproximadamente igual a do tráfego gerado (PCR = 25.000 células/segundo), percebe-se uma diminuição na perda de células no *bucket1*, em relação à perda verificada com PCR=22.500, e conseqüentemente a queda no número de entrada no *bucket2*, segundo o Gráfico 22. Comparando-se ao VBR1, verifica-se que diminui o número de células de entrada no *bucket2* e sendo aceitas todas as células que entraram no *bucket2* em VBR1, segundo a Tabela 14.

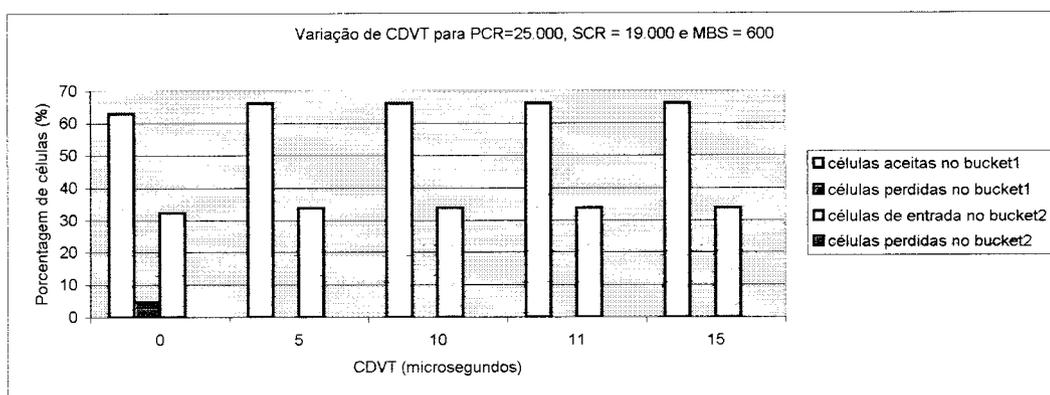


Gráfico 22 - Variação de CDVT para PCR = 25.000 células/segundo para VBR2

Tabela 14 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 25.000 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|-----------------------|------------------------|----------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Aceita no bucket1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) |
| 25.000 | 19.000 | 600 | 0 | 4,76250 | 95,23750 | 0,00014 | 4,76250 | 62,96611 | 32,27136 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|--------|-----|----|---------|----------|---------|---------|----------|----------|---|
| 25.000 | 19.000 | 600 | 5 | 0,02100 | 99,97900 | 0,00015 | 0,02100 | 66,10232 | 33,87664 | 0 |
| 25.000 | 19.000 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00015 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |
| 25.000 | 19.000 | 600 | 11 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00015 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |
| 25.000 | 19.000 | 600 | 15 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00015 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |

Para os valores dos parâmetros acima do valor real do tráfego, percebe-se que mesmo não considerando uma tolerância ao atraso (CDVT=0), há uma perda imperceptível no *bucket1* (próxima a 0,003%), como é visto no Gráfico 23.

Comparando com o método VBR1 (Tabela 15), verifica-se que o número de células de entrada no *bucket2* diminui para VBR2, devido à prioridade da célula (CLP). Sendo que, mais uma vez, não existe perda no *bucket2*.

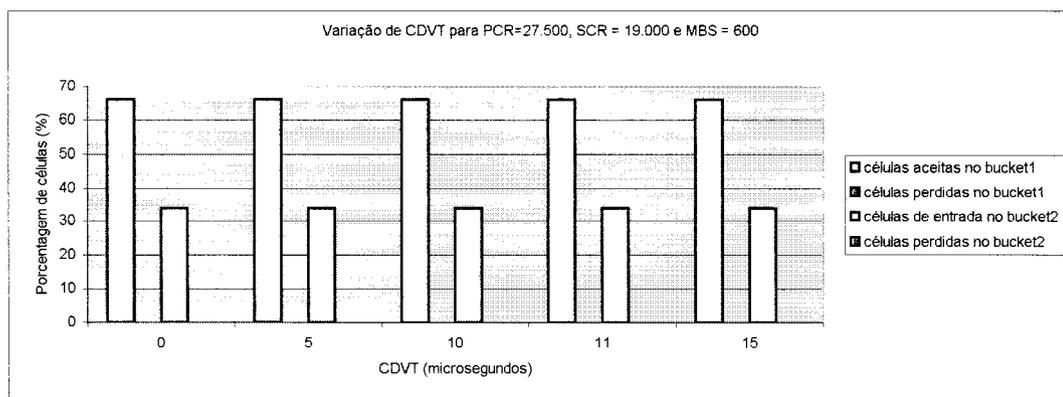


Gráfico 23 - Variação de CDVT para PCR = 27.500 células/segundo para VBR2

Tabela 15 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 27.500 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|-------------------------------|----------|----------|------------------------------|-------------------------------|----------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no <i>bucket2</i> (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Aceita no <i>bucket1</i> (%) | Entrada no <i>bucket2</i> (%) | CLR2 (%) |
| 27.500 | 19.000 | 600 | 0 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00013 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |
| 27.500 | 19.000 | 600 | 5 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00013 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |
| 27.500 | 19.000 | 600 | 10 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00013 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |
| 27.500 | 19.000 | 600 | 11 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00013 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |
| 27.500 | 19.000 | 600 | 15 | 0,00310 | 99,99690 | 0,00013 | 0,00310 | 66,11419 | 33,88271 | 0 |

Para VBR2, verificou-se que ainda permanece o comportamento já observado, da variação do parâmetro tolerância ao atraso, no qual, quanto maior a tolerância ao atraso menor à perda no *bucket1*, quando PCR é subdimensionado, porém praticamente não influi na taxa de perda para PCR igual ou acima do valor real do tráfego. Uma grande porcentagem de células que são passadas para o *bucket2* no método VBR1, já são aceitas no *bucket1* em VBR2.

5.1.2.4 Variação de PCR

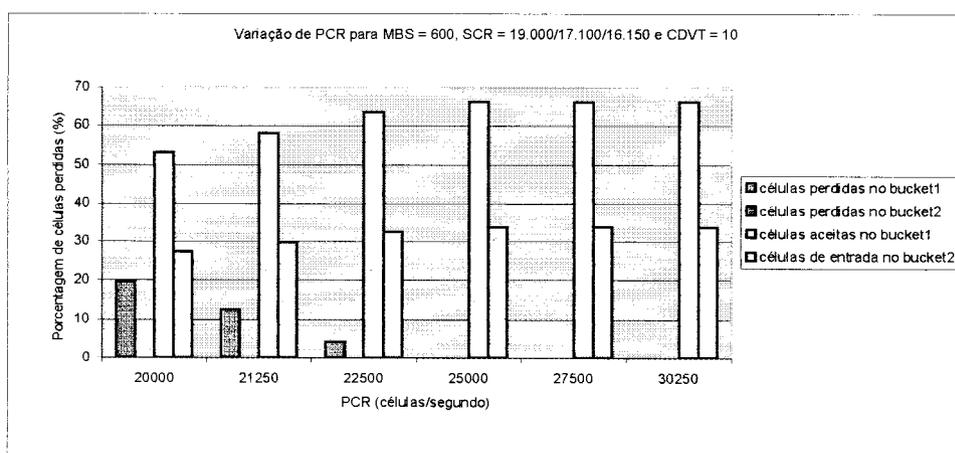


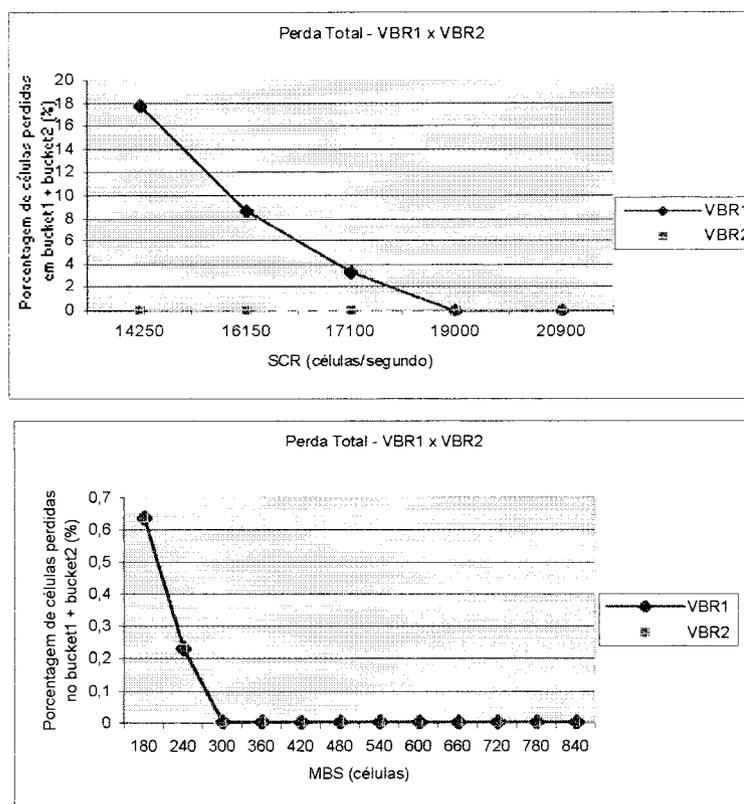
Gráfico 24 – Variação de PCR para SCR=19.000, 17.100 e 16.150 células/segundo para VBR2 para tráfego tipo filme

Através do Gráfico 24 pode-se observar que para o método VBR2, a variação do parâmetro PCR leva as mesmas taxas de perda nos dois *buckets* tanto para SCR com seu valor real, quanto 10% e 15% abaixo do seu valor real. Verifica-se ainda que a perda no *bucket1*, no qual o parâmetro PCR influencia no policiamento, a taxa de perda é fortemente influenciada quando PCR é subestimado, pois com PCR 15% abaixo do seu valor real (21.250 células/segundo), a taxa de perda fica em 12% e com PCR igual a 20.000 (20% abaixo) a taxa já alcança 20%.

Análise de Resultados

As mesmas variações de parâmetros avaliadas para o método VBR1 foram mantidas para VBR2. Foi observado que no método VBR2 a prioridade de perda de células (CLP) influencia fortemente na taxa de perda. Muitas células policiadas no primeiro *bucket* já são aceitas em VBR2, diminuindo o número de células policiadas no *bucket2* em VBR2.

Analisando a perda total do Mecanismo *Dual Leaky Bucket*, verifica-se que para SCR abaixo do seu valor real (17.100 células/segundo) e PCR com seu valor real (25.000 células/segundo), há uma diferença nas taxas de perdas para os métodos, VBR1 e VBR2, pois se observa perda de células no *bucket2* para VBR1 e enquanto para VBR2, anula-se essa perda (as células já são aceitas na primeira análise – *bucket1*). Isto pode ser visto no Gráfico 25.



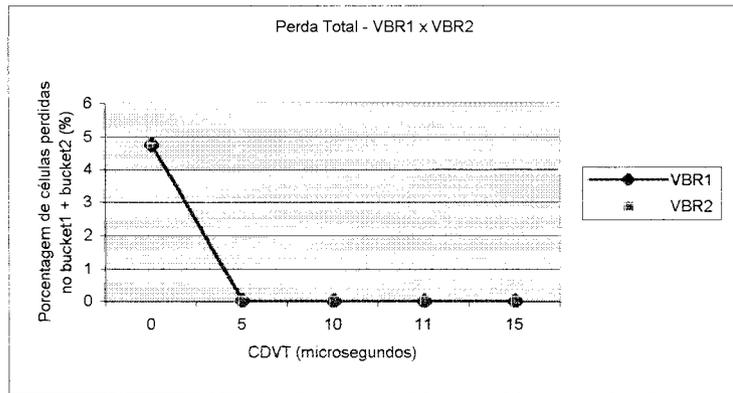
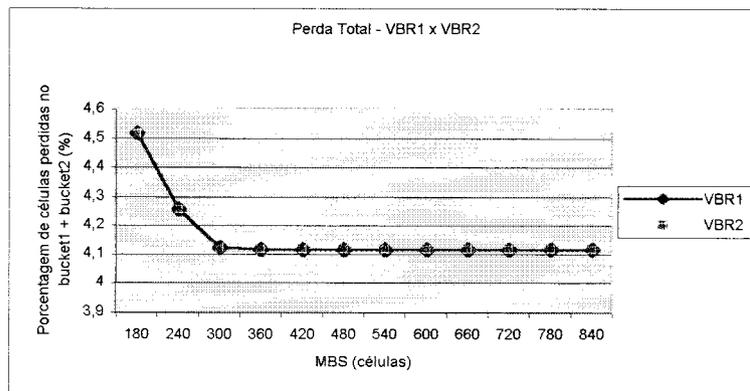
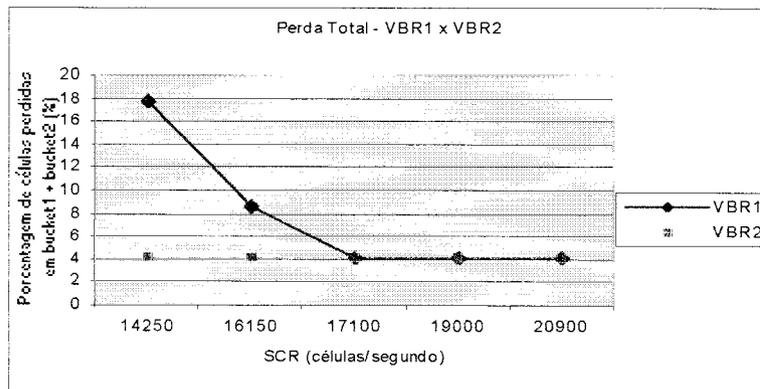


Gráfico 25 - Comparação entre VBR1 e VBR2 para perda total (*bucket1 + bucket2*) para PCR = 25.000 (células/segundo)

No Gráfico 26, pode ser visto que há diferença entre os métodos quando SCR atinge o valor igual a 16.150 células/segundo (15% abaixo) e PCR igual a 22.500 células/segundo. Enquanto a taxa de perda continua aumentando em VBR1, o método VBR2 tem a perda estabilizada em 4%.



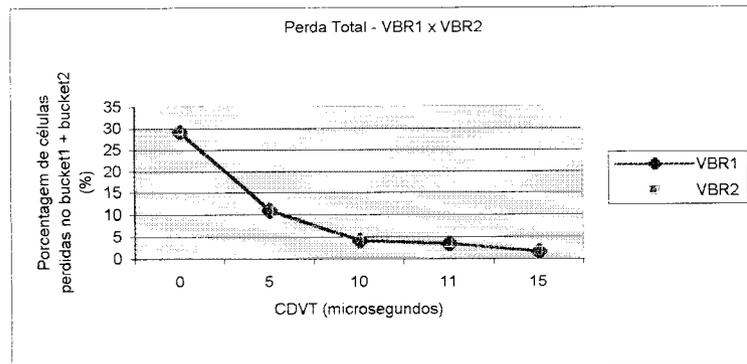


Gráfico 26 - Comparação entre VBR1 e VBR2 para perda total (*bucket1 + bucket2*) para PCR = 22.500 (células/segundo)

Para os parâmetros CDVT e MBS, foi verificado que há uma queda na perda no *bucket2* para o método VBR2, quando esses parâmetros estão abaixo do valor real gerado do tráfego; mas ainda continua o mesmo comportamento observado para o método VBR1.

5.2 ANÁLISE PARA TRÁFEGO DO TIPO ESPORTE

Para o tráfego do tipo esporte, foi realizada a mesma análise para o tráfego do tipo filme a fim de definir o número de células de entrada a partir do qual este não interfere nas taxas de perda.

Para a análise do tráfego esporte os parâmetros foram fixados com os valores do tráfego real: PCR = 29.000 células/segundo, SCR = 25.000 células/segundo, MBS = 800 células e CDVT = 10 μsegundos. O número de células de entrada foi analisado a partir de 7.800.000 até 60.840.000 células. Verificou-se que a partir de 46.800.000 células, a porcentagem de células perdidas foi se tornando estável em ambos os *buckets*, como mostra o Gráfico 27, Gráfico 28 e Gráfico 26. Sendo utilizado este número de células de entrada nas simulações apresentadas a seguir.

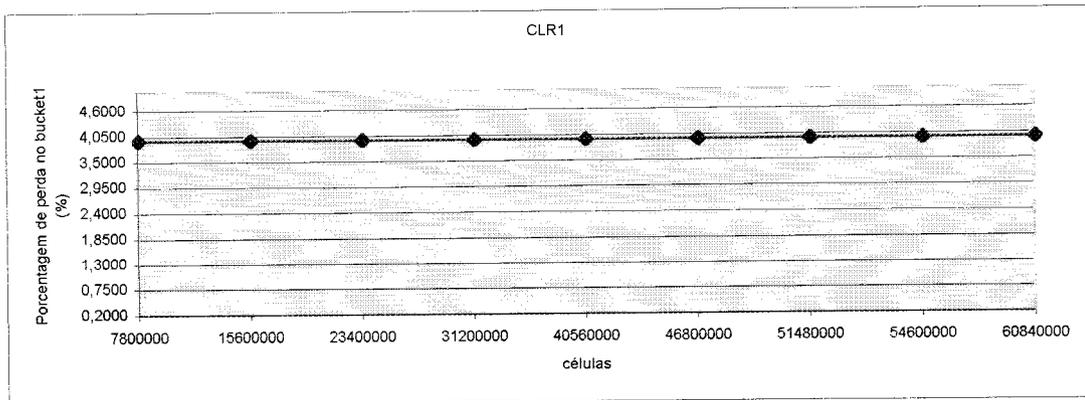


Gráfico 27 - Porcentagem de perda no *bucket1* (CLR1) em função do número de células de entrada

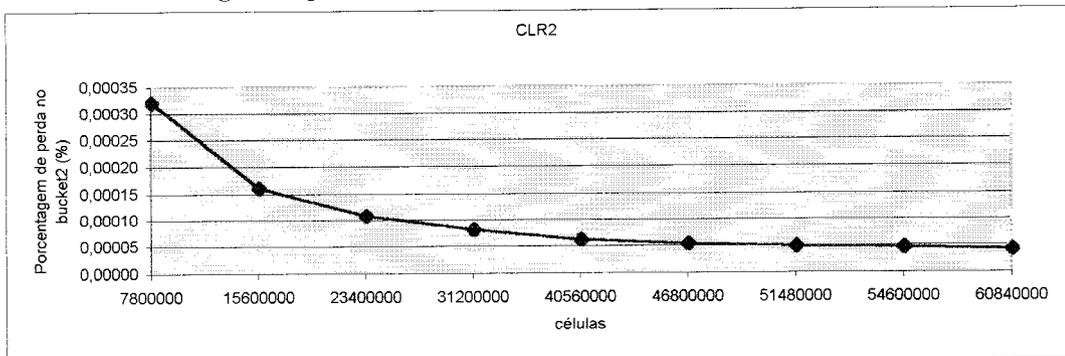


Gráfico 28 - Porcentagem de perda no *bucket2* (CLR2) em função do número de células de entrada

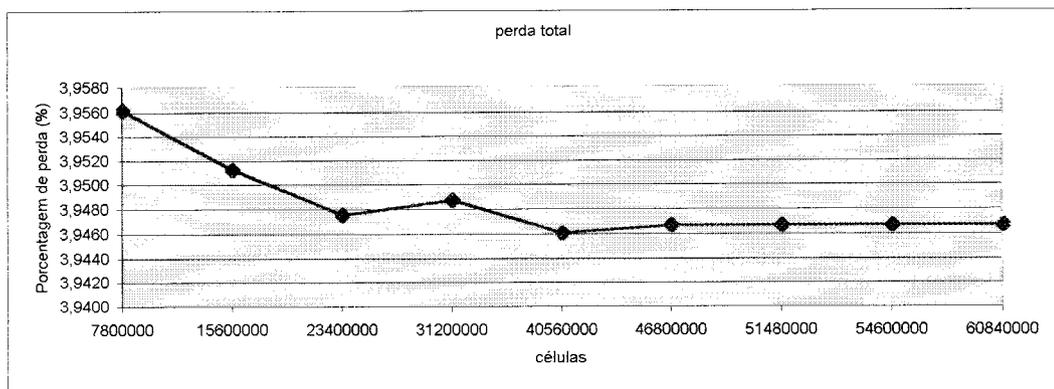


Gráfico 29 - Porcentagem da perda total pelo policiamento (*bucket1* + *bucket2*) em função do número de células de entrada

5.2.1 Simulação do método VBR1

O objetivo é verificar como se comporta a perda de células no *bucket1* e *bucket2* com as variações dos parâmetros no método VBR1 para tráfego do tipo esporte. Desta

forma, foram realizadas análises fixando novamente, como no tráfego do tipo filme, três parâmetros e variando apenas um deles. Os resultados obtidos são apresentados nas subseções seguintes.

5.2.1.1 Variação de SCR

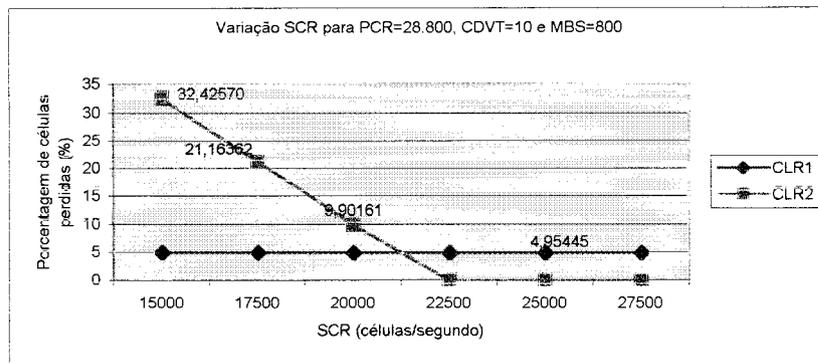


Gráfico 30 - Variação de SCR com PCR=28.800 células/segundo para tráfego do tipo esporte

Com a taxa de pico (PCR) abaixo do valor do tráfego gerado, Gráfico 30, verifica-se que o parâmetro SCR apenas influencia na taxa da perda do *bucket2* quando o seu valor está 20% abaixo do seu valor real (20.000 células/segundo).

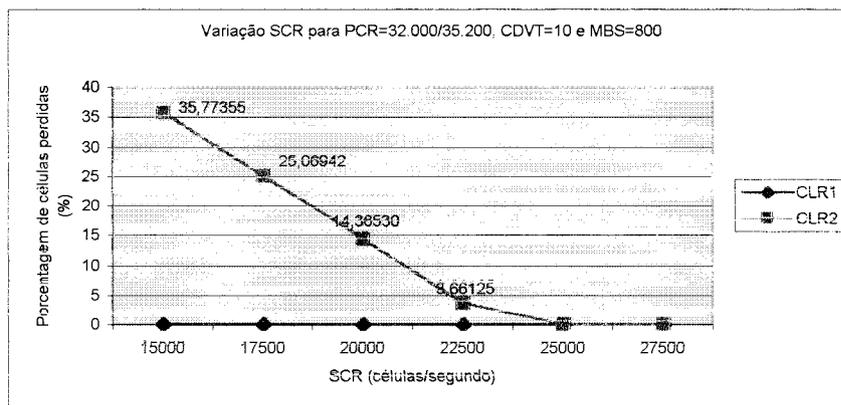
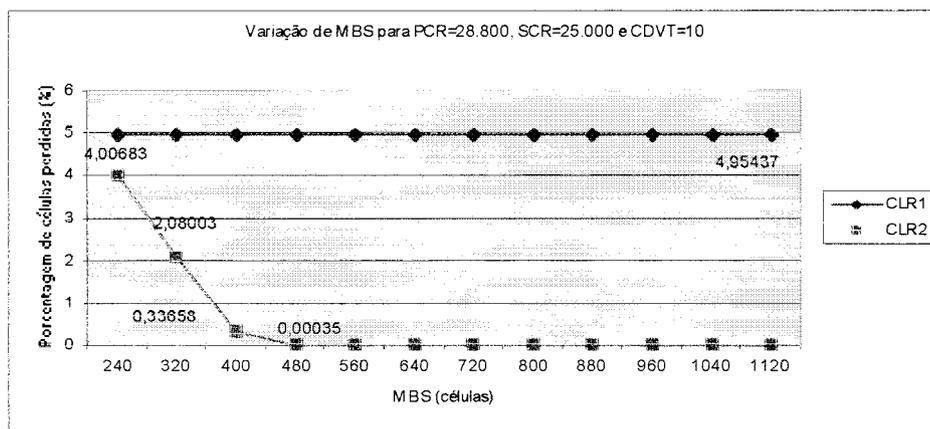


Gráfico 31 - Variação de SCR com PCR=32.000/35.200 células/segundo para tráfego do tipo esporte

No Gráfico 31, observa-se a perda de células com base na variação do parâmetro SCR com valores do parâmetro PCR igual e maior que o valor do tráfego real. Com a ausência de perda no *bucket1* houve um aumento da taxa de perda do *bucket2*. Contabilizando a perda total dos *buckets* verifica-se que a perda é maior para PCR igual a 28.800 células/segundo até o valor de SCR=25.000 células/segundo, sendo que deste ponto em diante passa a apenas existir a perda do *bucket1*.

5.2.1.2 Variação de MBS

O Gráfico 32 apresenta os valores das taxas de perda com SCR com seu valor real e três valores de PCR. Para PCR 10% abaixo do seu valor real, MBS mostra não acarretar em perda até seu valor diminuir 40%, e para valores menores a perda no *bucket2* aumenta. Já com PCR, acima do seu valor (35.200 células/segundo), o parâmetro MBS mostra ter pouca influência, se comparado com o resultado anterior, podendo o valor 50% abaixo do real, sem que ocorra perda. Para PCR de acordo com o tráfego gerado, a variação de MBS tem um comportamento similar ao observado quando PCR está abaixo do valor real no *bucket2*.



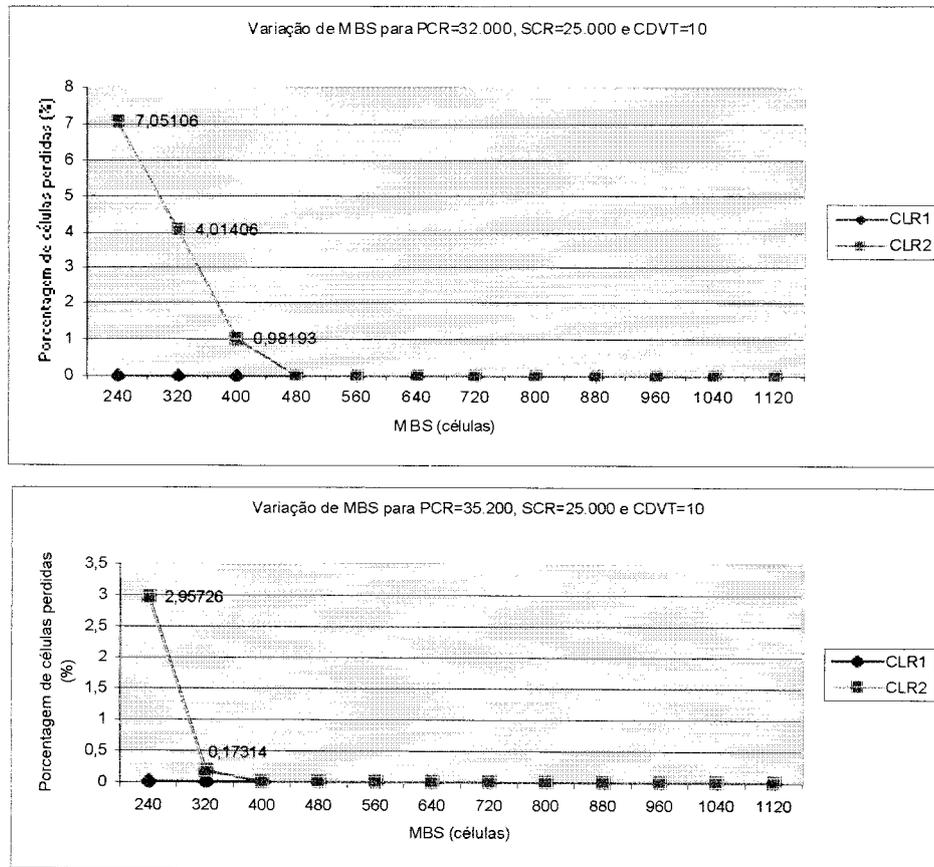


Gráfico 32 - Variação de MBS e PCR com SCR=25.000 células/segundo para tráfego do tipo esporte

O Gráfico 33 apresenta a variação de PCR, com SCR fixo em 10% abaixo do valor do tráfego real. Para PCR menor que seu valor real, a perda no *bucket1* manteve-se igual ao Gráfico 32 (28.800 células/segundo). Entretanto, houve variação no comportamento da taxa de perda no *bucket2*, onde o erro na definição de MBS rapidamente acarreta em perda de células, sendo que para valor 20% abaixo, já se observa alguma perda. Para PCR com seu valor 32.000 células/segundo, há uma queda na taxa de perda do *bucket1*, mas a perda no *bucket2* aumentou devido à diminuição do valor de SCR, onde MBS consegue amenizar a perda até seu valor ser reduzido a 480 células. Finalmente, aumentado-se o parâmetro PCR (35.200 células/segundo), a taxa de perda no *bucket2* não mostrou muita diferença

comparando-se com o Gráfico 33 (PCR = 32.000 células/segundo). Porém, MBS começa a interferir na taxa de perda com valor menor.

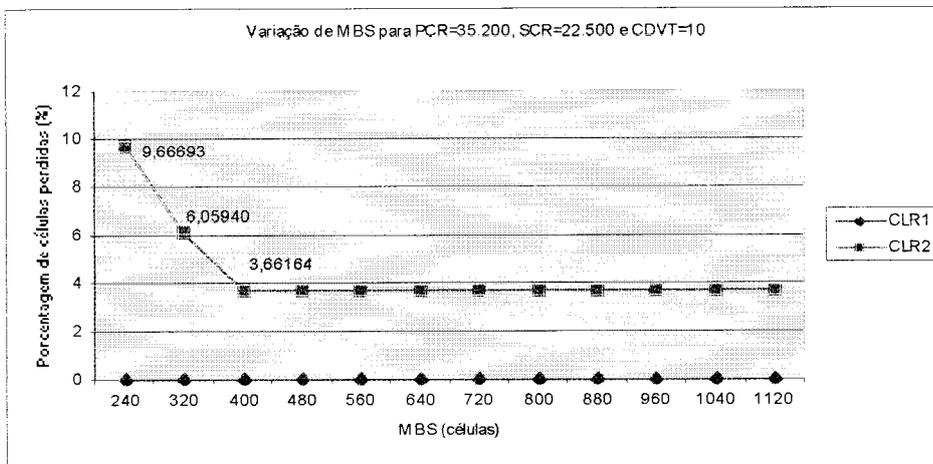
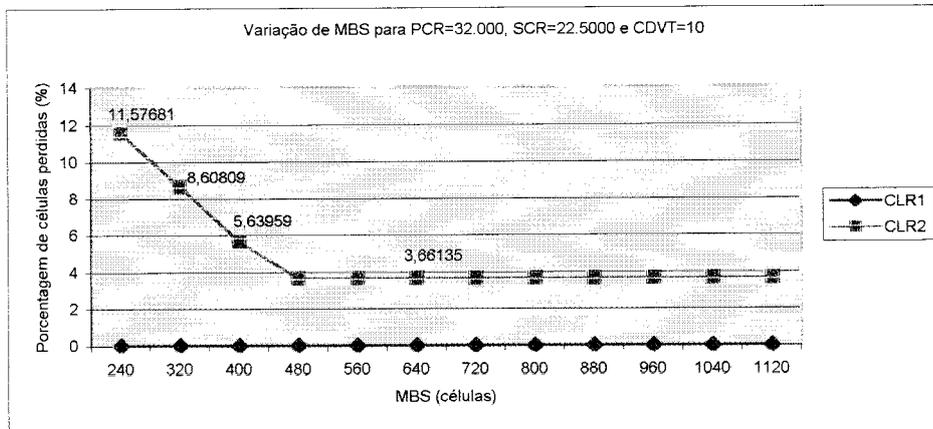
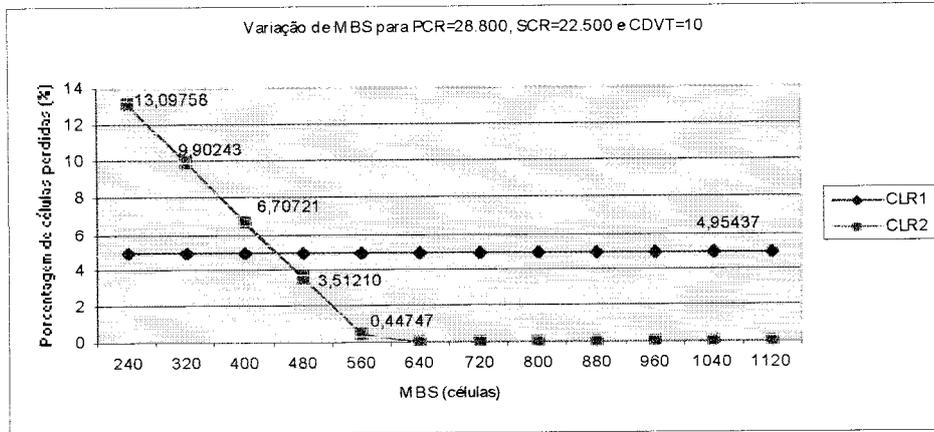


Gráfico 33 - Variação de MBS e PCR com SCR=22.500 células/segundo para tráfego do tipo esporte

5.2.1.3 Variação de CDVT

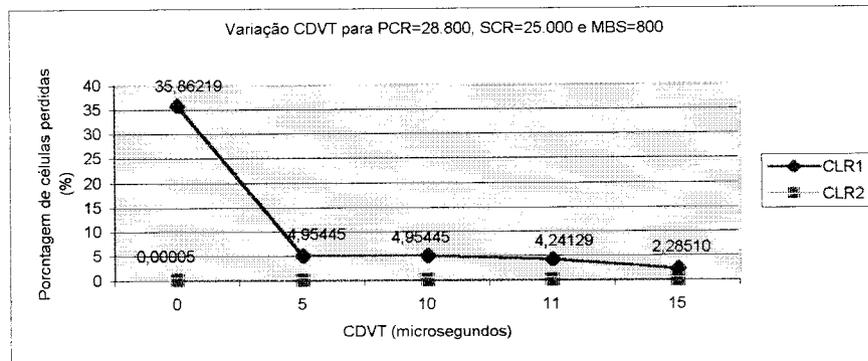


Gráfico 34 - Variação de CDVT com PCR=28.800 células/segundo para tráfego do tipo esporte

Para a variação do parâmetro CDVT (Gráfico 34), verifica-se que para uma taxa de pico 10% abaixo do tráfego gerado (PCR = 28.800 células/segundo) a perda no *bucket1* é alta quando não se considera uma tolerância (CDVT = 0) e essa perda diminui com o aumento da tolerância a atraso. Já no *bucket2*, a perda fica estável em toda variação de CDVT.

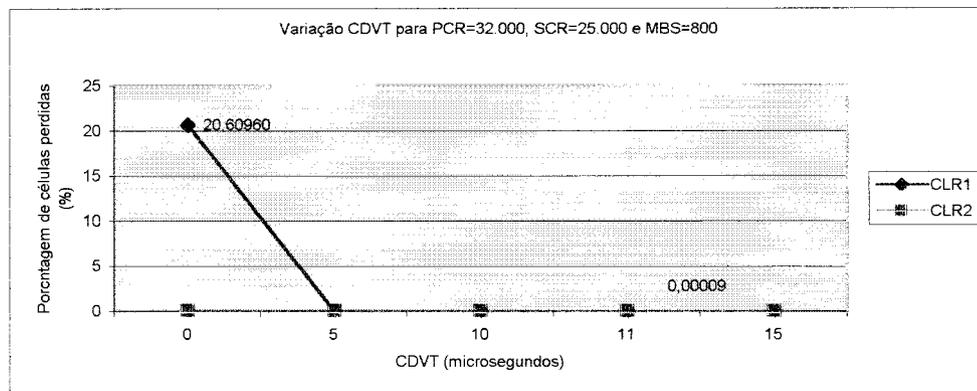


Gráfico 35 - Variação de CDVT com PCR=32.000 células/segundo para tráfego do tipo esporte

No Gráfico 35 verifica-se que a perda no *bucket1* diminui aproximadamente 15% quando se aumenta o valor da taxa de pico para o valor do tráfego gerado (PCR = 32.000 células/segundo) quando não se considera a tolerância a atraso. Para valores mínimos de

tolerância ao atraso não há perda no *bucket1*. E para um valor de PCR próximo do real, a perda no *bucket2* continua inexistente.

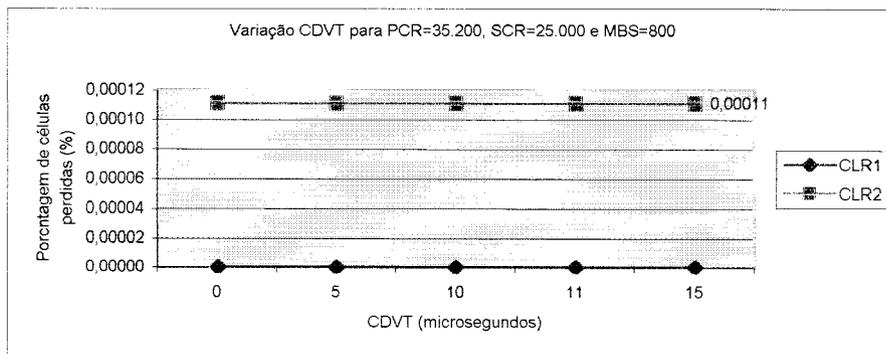


Gráfico 36 - Variação de CDVT com PCR=35.200 células/segundo para tráfego do tipo esporte

Já no Gráfico 36, verifica-se que o parâmetro CDVT exerce mínima influência nas perdas em ambos os *buckets*, quando PCR está acima do tráfego gerado (PCR = 35.200 células/segundo), permanecendo a perda estável.

5.2.1.4 Variação de PCR

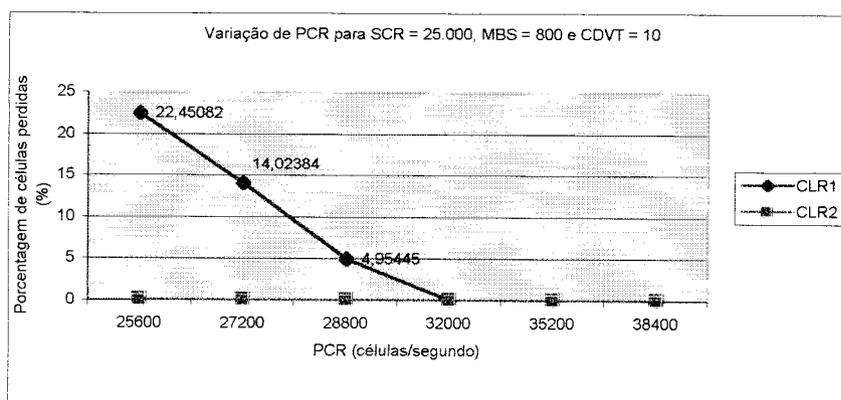


Gráfico 37 - Variação de PCR com SCR = 25.000 células/segundo para tráfego do tipo esporte

Para MBS e SCR com seus valores reais, Gráfico 37, verifica-se que a perda no *bucket1* é zerada para PCR igual ao valor do tráfego gerado, sempre gerando perdas

quando PCR está abaixo do seu valor. Quando PCR está 10% e 20% abaixo do valor real as perdas são, respectivamente, de 4,95% e 22,45%. Estes resultados demonstram a grande influência na escolha do valor de PCR em um contrato.

Para um valor de SCR abaixo do valor do tráfego, 22.500 células/segundo (Gráfico 38), enquanto o parâmetro PCR faz com que exista perda considerável no *bucket1*, o *bucket2* não influencia na perda total. Já com PCR próximo do valor do tráfego real, o *bucket2* policia as células que não estão de acordo com o valor de SCR do contrato e não foram policiadas no *bucket1*.

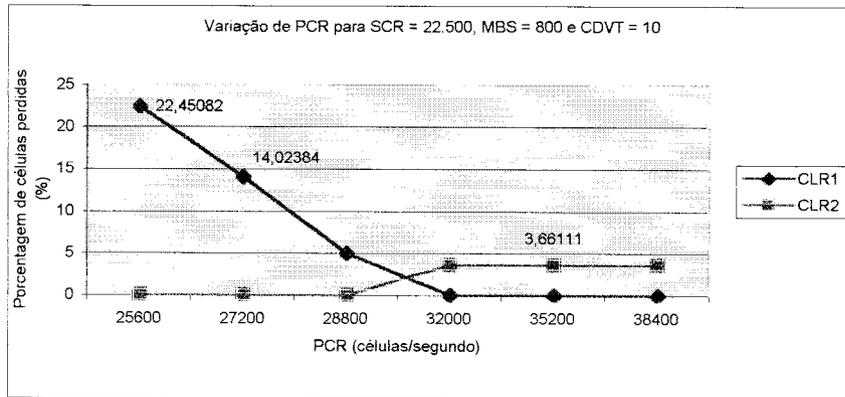


Gráfico 38– Variação de PCR com SCR = 22.500 células/segundo para tráfego do tipo esporte

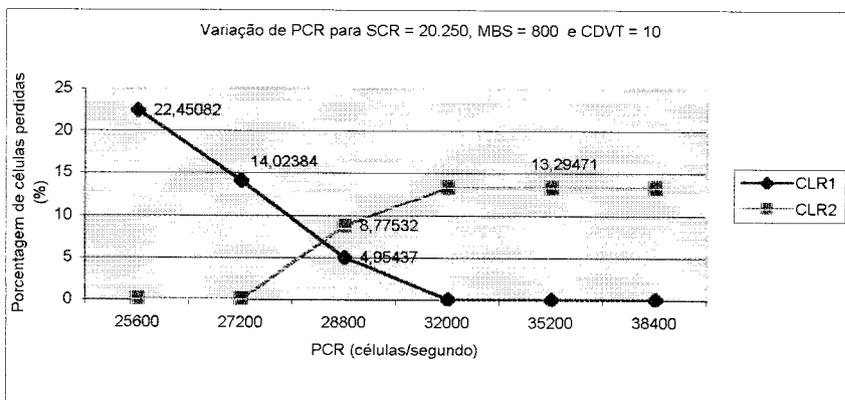


Gráfico 39 – Variação de PCR com SCR = 20.250 células/segundo para tráfego do tipo esporte

Reduzindo o valor do parâmetro SCR para 20.250 células/segundo, Gráfico 39, aumenta-se a perda no *bucket2*, comparando com os gráficos anteriores para a análise de SCR.

Análise de Resultados

Verificou-se através das simulações apresentadas anteriormente a escolha de um valor adequado para o parâmetro de CDVT é muito importante pois permite que a taxa de perda seja menor mesmo quando PCR não está corretamente definido pelo contrato. Além disso, garante que o fluxo de células que sofre atrasos na rede, não seja policiado erroneamente. Como foi visto nos testes com a variação do parâmetro CDVT, quando PCR é maior que o tráfego gerado, CDVT exerce mínima influência na queda da perda de células, ao contrário, CDVT diminui essa perda.

O parâmetro SCR mostrou exercer uma grande influência na taxa de perda no *bucket2*. Sua correta definição é ainda mais relevante quando PCR possui algum erro, pois células não policiadas no *bucket1* são enviadas para o *bucket2* e com um valor de contrato, por exemplo, 40% abaixo, a taxa de perda no *bucket2* atinge 35%.

O parâmetro PCR policia as células no *bucket1* e assim mais células são passadas para o *bucket2*, aumentando a probabilidade de haver perdas na segunda análise, quando os parâmetros do contrato não são adequados para o tráfego. A grande importância de PCR no contrato, foi comprovado pelas taxas obtidas, pois com PCR com valor 20% inferior ao tráfego gerado a taxa chega a ser 22%.

O parâmetro MBS mostrou a partir dos resultados obtidos na seção 5.2.1.2, que influencia juntamente com o parâmetro SCR no segundo *bucket*. Quando o parâmetro SCR não está em conformidade com o tráfego, há uma queda na taxa de perda do *bucket2* para valores de MBS igual e acima de 400 células (50%).

5.2.2 Simulação do método VBR2

Esta análise visa observar a influência de prioridade de células no tráfego em função das variações dos parâmetros CDVT, MBS, SCR e PCR e comparar com o primeiro método, VBR1. O tráfego do tipo esporte tem como seqüência IBPIBPIBP (4.4.1), onde B é de baixa prioridade, e assim somente aproximadamente 66% das células são policiadas no *bucket2*.

5.2.2.1 Variação de SCR

Com a variação do parâmetro SCR e PCR com valores abaixo do real, Gráfico 40, a perda no *bucket1* permanece igual nos dois métodos. Já no *bucket2* há uma redução da perda se comparada com VBR1. Os resultados demonstram que quanto maior é o erro na definição de SCR mais vantajoso torna-se o uso do método VBR2.

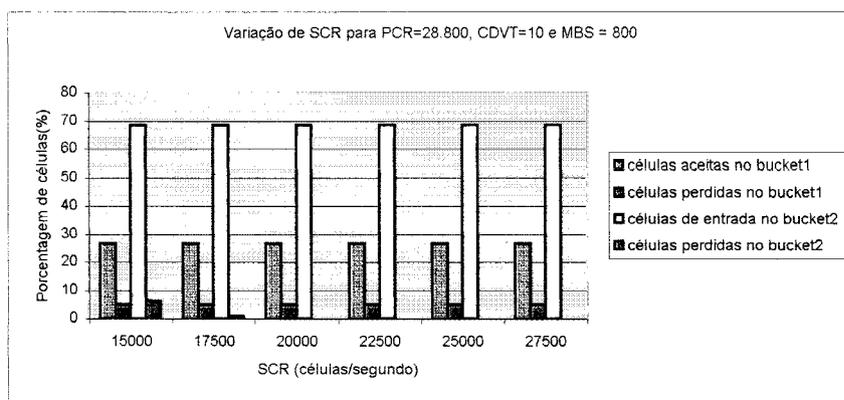


Gráfico 40 - Variação de SCR para PCR = 28.800 células/segundo para VBR2

Tabela 16 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 28.800 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|-----------------|----------|------------------------|----------------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | Aceita no bucket1 (%) |
| 28.800 | 15.000 | 800 | 10 | 4,95445 | 95,04568 | 32,42570 | 4,95437 | 68,46161 | 6,18783 | 26,58401 |
| 28.800 | 17.500 | 800 | 10 | 4,95445 | 95,04568 | 21,16362 | 4,95437 | 68,46161 | 0,90714 | 26,58401 |
| 28.800 | 20.000 | 800 | 10 | 4,95437 | 95,04575 | 9,90161 | 4,95437 | 68,46161 | 0,00025 | 26,58401 |
| 28.800 | 22.500 | 800 | 10 | 4,95445 | 95,04568 | 0,00012 | 4,95437 | 68,46161 | 0,00016 | 26,58401 |
| 28.800 | 25.000 | 800 | 10 | 4,95445 | 95,04568 | 0,00005 | 4,95437 | 68,46161 | 0,00007 | 26,58401 |
| 28.800 | 27.500 | 800 | 10 | 4,95445 | 95,04568 | 0,00002 | 4,95437 | 68,46161 | 0,00002 | 26,58401 |

Com o aumento de PCR (Gráfico 41, Gráfico 42 e Tabela 17, Tabela 18) o policiamento no primeiro *bucket* para VBR2 diminui e, conseqüentemente, há mais células de entrada no *bucket2* e assim uma perda maior é obtida quando SCR não está de acordo com o tráfego gerado. Comparando com VBR1, todas as células que estão em conformidade são passadas para o *bucket2* e o método não consegue aceitar células quando SCR não está adequado para aquele tráfego.

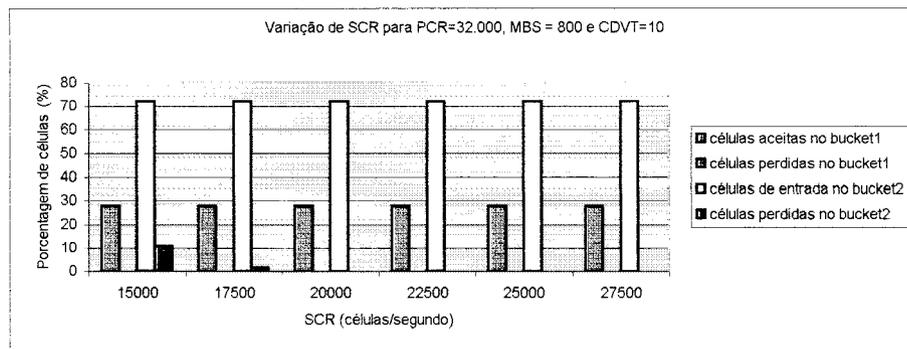


Gráfico 41 - Variação de SCR para PCR = 32.000 células/segundo para VBR2

Tabela 17 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 32.000 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 (%) | | | VBR2 (%) | | | |
|--------|--------|-----|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | | | Perdida no bucket1 | Entrada no bucket2 | Perdida no bucket2 | Perdida no bucket1 | Entrada no bucket2 | Perdida no bucket2 | Aceita no bucket1 |
| 32.000 | 15.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 35,77355 | 0 | 72,03423 | 10,84009 | 27,96577 |
| 32.000 | 17.500 | 800 | 10 | 0 | 100 | 25,06942 | 0 | 72,03423 | 1,58129 | 27,96577 |
| 32.000 | 20.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 14,36530 | 0 | 72,03423 | 0,00031 | 27,96577 |
| 32.000 | 22.500 | 800 | 10 | 0 | 100 | 3,66125 | 0 | 72,03423 | 0,00022 | 27,96577 |
| 32.000 | 25.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 0,00009 | 0 | 72,03423 | 0,00012 | 27,96577 |
| 32.000 | 27.500 | 800 | 10 | 0 | 100 | 0,00005 | 0 | 72,03423 | 0,00007 | 27,96577 |

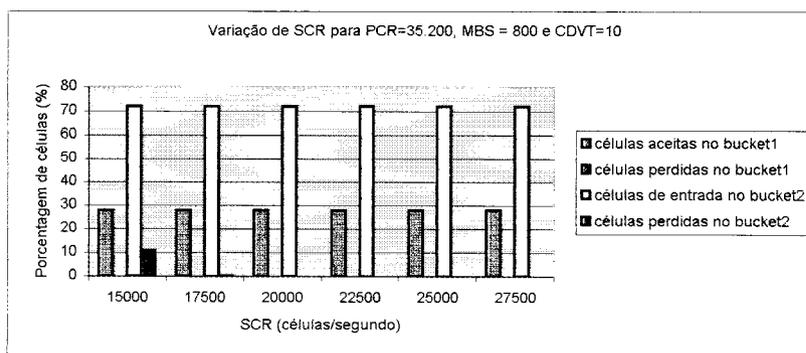


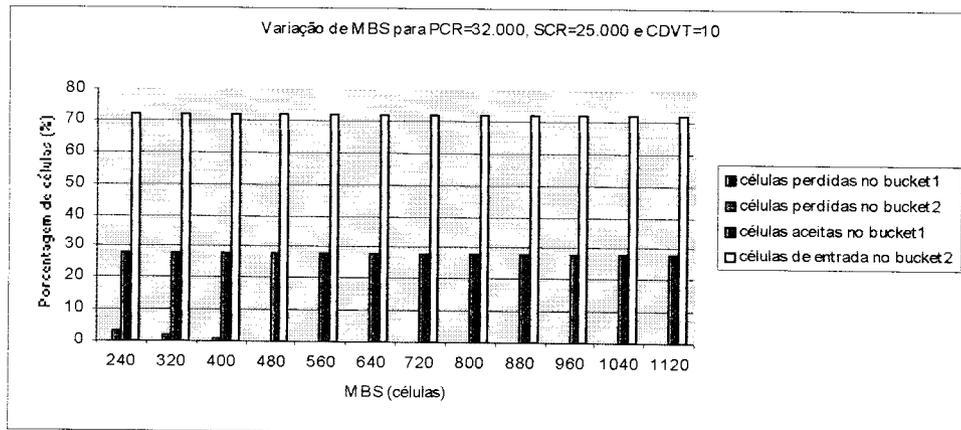
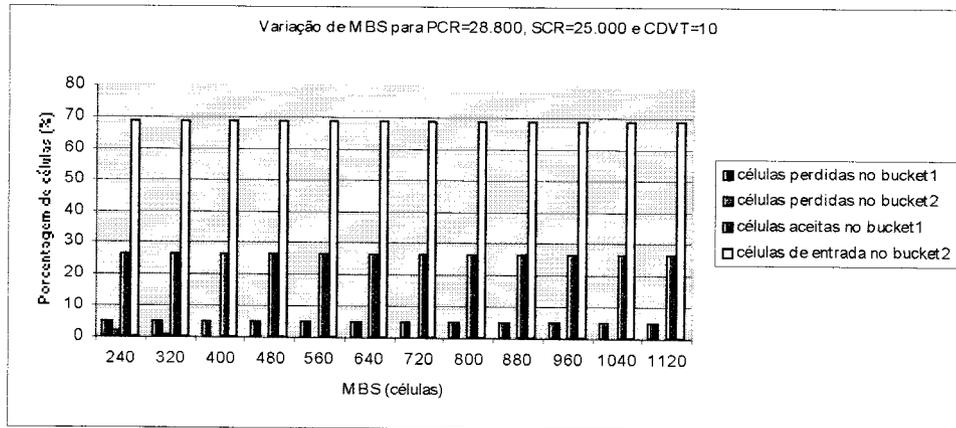
Gráfico 42 - Variação de SCR para PCR = 35.200 células/segundo para VBR2

Tabela 18 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro SCR para PCR = 35.200 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | Aceita no bucket1 (%) |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | |
| 35.200 | 15.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 35,77348 | 0 | 72,03422 | 10,8399 | 27,96577 |
| 35.200 | 17.500 | 800 | 10 | 0 | 100 | 25,06934 | 0 | 72,03423 | 0,13747 | 27,96577 |
| 35.200 | 20.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 14,36522 | 0 | 72,03423 | 0,00036 | 27,96577 |
| 35.200 | 22.500 | 800 | 10 | 0 | 100 | 3,66111 | 0 | 72,03423 | 0,00027 | 27,96577 |
| 35.200 | 25.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 0,00011 | 0 | 72,03423 | 0,00015 | 27,96577 |
| 35.200 | 27.500 | 800 | 10 | 0 | 100 | 0,00008 | 0 | 72,03423 | 0,00011 | 27,96577 |

Para valores de PCR mais próximo ou maior que o valor do tráfego real a diferença entre os métodos sempre aumenta, portanto existe uma menor perda de células no método VBR2 quando há um erro na especificação de SCR no contrato comparado com VBR1.

5.2.2.2 Variação de MBS



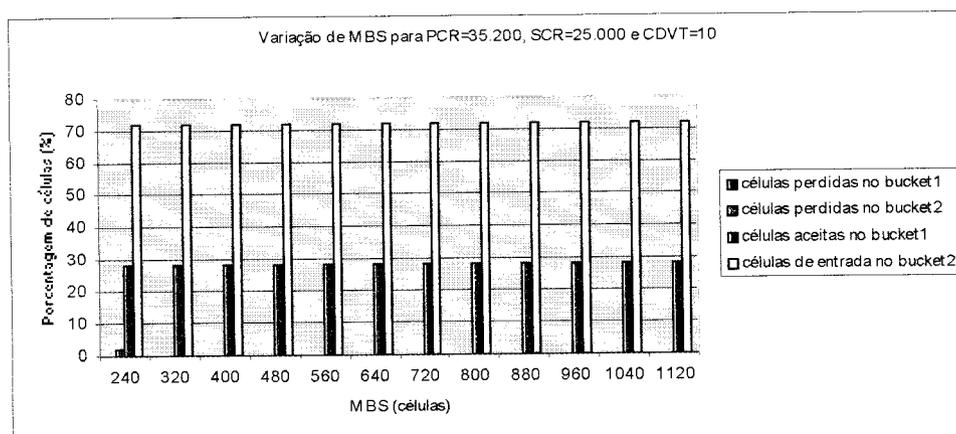


Gráfico 43 - Variação de MBS juntamente com PCR para SCR = 25.000 células/segundo para VBR2

Analisando o parâmetro MBS para o método VBR2, verifica-se que permanece a dependência com os parâmetros SCR e PCR para a queda na taxa de perda no *bucket2*, como foi visto no método VBR1.

Para PCR 10% abaixo do seu valor real (Gráfico 43 e Tabela 19), o parâmetro MBS mostrou que mesmo abaixo do valor do tráfego, 800 células, a perda no *bucket2* apresenta algum influência. De MBS apenas quando o seu valor está 60% menor que o real, ou seja, 320 células. Já para os parâmetros PCR e SCR com seus valores reais, a perda aumenta no *bucket2*, devido, a queda na perda no *bucket1*. Com o aumento do valor de PCR, MBS só influencia para valores menores que 400 células (50%). Para PCR maior, 15% que o real (35.200 células/segundo) a perda diminui, chegando a 1,65% para MBS igual a 240 células (70% abaixo do valor real).

Tabela 19 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS para PCR = 28.800 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|-------------------------------|----------|----------|-------------------------------|----------|------------------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no <i>bucket2</i> (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no <i>bucket2</i> (%) | CLR2 (%) | Aceita no <i>bucket1</i> (%) |
| 28.800 | 25.000 | 240 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 4,00683 | 4,95437 | 68,46161 | 1,88433 | 26,58401 |
| 28.800 | 25.000 | 320 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 2,08003 | 4,95437 | 68,46161 | 0,80878 | 26,58401 |
| 28.800 | 25.000 | 400 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 0,33658 | 4,95437 | 68,46161 | 0,10965 | 26,58401 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|--------|-----|----|---------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|
| 28.800 | 25.000 | 480 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 0,00035 | 4,95437 | 68,46161 | 0,00014 | 26,58401 |
| 32.000 | 25.000 | 240 | 10 | 0 | 100 | 7,05106 | 0 | 72,03423 | 3,38329 | 27,96577 |
| 32.000 | 25.000 | 320 | 10 | 0 | 100 | 4,01406 | 0 | 72,03423 | 1,60450 | 27,96577 |
| 32.000 | 25.000 | 400 | 10 | 0 | 100 | 0,98193 | 0 | 72,03423 | 0,31939 | 27,96577 |
| 35.200 | 25.000 | 240 | 10 | 0 | 100 | 4,10536 | 0 | 72,03423 | 1,65076 | 27,96577 |
| 35.200 | 25.000 | 320 | 10 | 0 | 100 | 0,24036 | 0 | 72,03423 | 0,07526 | 27,96577 |

Para PCR e SCR 10% abaixo dos seus reais valores (Gráfico 44, para PCR = 28.800 células/segundo), a perda no *bucket1* permanece igual da análise anterior, uma vez que o valor de PCR não variou, mas para o *bucket2*, verifica-se um aumento, pois o valor de SCR diminui. Analisando com a variação do parâmetro MBS, verifica-se que pode haver um erro de 30% de seu valor real (560 células) para que haja alguma perda no segundo *bucket*. Mantendo o valor de PCR igual ao seu valor real e SCR 10% abaixo do seu valor real (Gráfico 44, para PCR = 32.000 células/segundo), há queda na taxa de perda de células, como poderia se esperar, devido ao aumento do valor de PCR. Mas em compensação há o aumento de perda no *bucket2*, devido ao aumento de células policiadas no *bucket2*. Mesmo SCR estando abaixo do valor real, MBS leva a um mesmo comportamento da taxa de perda.

Comparando-se com VBR1, MBS pode influenciar com os mesmos valores que no método VBR2, mas com perda menor no *bucket2* em VBR2.

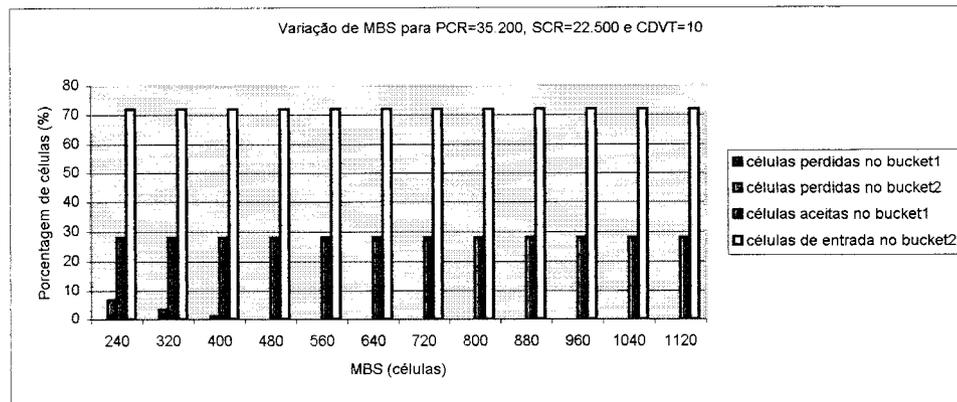
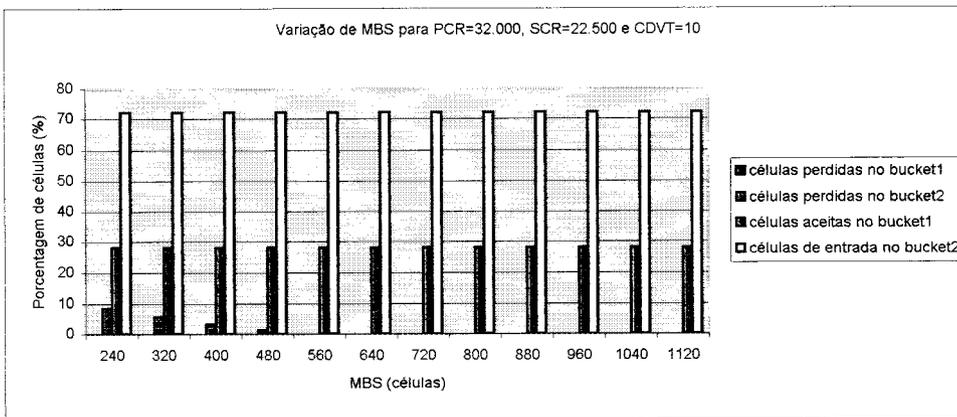
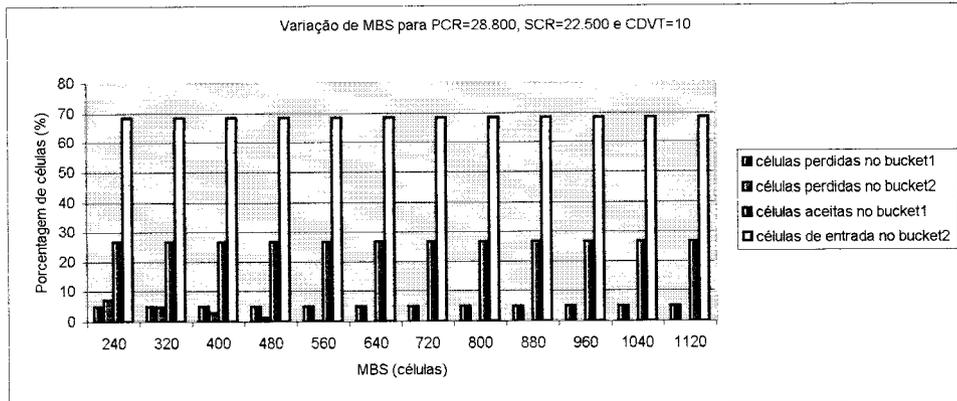


Gráfico 44 - Variação de MBS e PCR para SCR = 22.500 células/segundo para VBR2

Novamente o método VBR2 mostrou ser mais eficiente devido à consideração à prioridade das células (CLP).

Tabela 20 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro MBS para PCR = 32.000 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | Aceita no bucket1 (%) |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | |
| 28.800 | 22.500 | 240 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 13,09758 | 4,95437 | 68,46161 | 7,06828 | 26,58401 |
| 28.800 | 22.500 | 320 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 9,90243 | 4,95437 | 68,46161 | 4,74347 | 26,58401 |
| 28.800 | 22.500 | 400 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 6,70721 | 4,95437 | 68,46161 | 2,80788 | 26,58401 |
| 28.800 | 22.500 | 480 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 3,51210 | 4,95437 | 68,46161 | 1,25999 | 26,58401 |
| 28.800 | 22.500 | 560 | 10 | 4,95437 | 68,46161 | 0,44747 | 4,95437 | 68,46161 | 0,13789 | 26,58401 |
| 32.000 | 22.500 | 240 | 10 | 0 | 100 | 11,57681 | 0 | 72,03423 | 8,58853 | 27,96577 |
| 32.000 | 22.500 | 320 | 10 | 0 | 100 | 8,60809 | 0 | 72,03423 | 5,64213 | 27,96577 |
| 32.000 | 22.500 | 400 | 10 | 0 | 100 | 5,63959 | 0 | 72,03423 | 3,20941 | 27,96577 |
| 32.000 | 22.500 | 480 | 10 | 0 | 100 | 3,66166 | 0 | 72,03423 | 1,29278 | 27,96577 |
| 32.000 | 22.500 | 560 | 10 | 0 | 100 | 3,66150 | 0 | 72,03423 | 0,01251 | 27,96577 |
| 35.200 | 22.500 | 240 | 10 | 0 | 100 | 9,66693 | 0 | 72,03423 | 6,63395 | 27,96577 |
| 35.200 | 22.500 | 320 | 10 | 0 | 100 | 6,05940 | 0 | 72,03423 | 3,52250 | 27,96577 |
| 35.200 | 22.500 | 400 | 10 | 0 | 100 | 3,66164 | 0 | 72,03423 | 1,17099 | 27,96577 |

5.2.2.3 Variação de CDVT

Verifica-se que para o parâmetro CDVT, Gráfico 45 e Tabela 21, o número de células perdidas no *bucket1* foi decaindo juntamente com o aumento do seu valor. Mas comparando com o método VBR1, percebe-se que não houve uma diferença considerável.

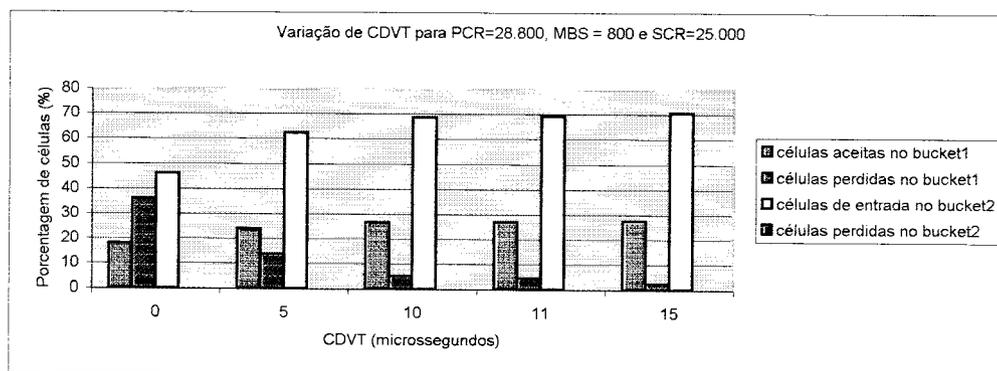


Gráfico 45 – Variação de CDVT para PCR = 28.800 células/segundo para VBR2

Tabela 21 – Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 28.800 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|--------------------|----------|----------|------------------------|----------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | Aceita no bucket1 (%) |
| 28.800 | 25.000 | 800 | 0 | 35,86219 | 64,13793 | 0,00001 | 35,86219 | 46,19768 | 0,00001 | 17,94013 |
| 28.800 | 25.000 | 800 | 5 | 13,68574 | 86,31439 | 0,00005 | 13,68574 | 62,17229 | 0,00007 | 24,14198 |
| 28.800 | 25.000 | 800 | 10 | 4,95445 | 95,04568 | 0,00005 | 4,95437 | 68,46161 | 0,00007 | 26,58401 |
| 28.800 | 25.000 | 800 | 11 | 4,24129 | 95,75883 | 0,00005 | 4,24110 | 68,97568 | 0,00007 | 26,78321 |
| 28.800 | 25.000 | 800 | 15 | 2,28510 | 97,71502 | 0,00005 | 2,28432 | 70,38613 | 0,00007 | 27,32955 |

No Gráfico 46 e Tabela 22, novamente comparando-se com o método VBR1, não se obteve diferença nos valores das taxas de perda em VBR2.

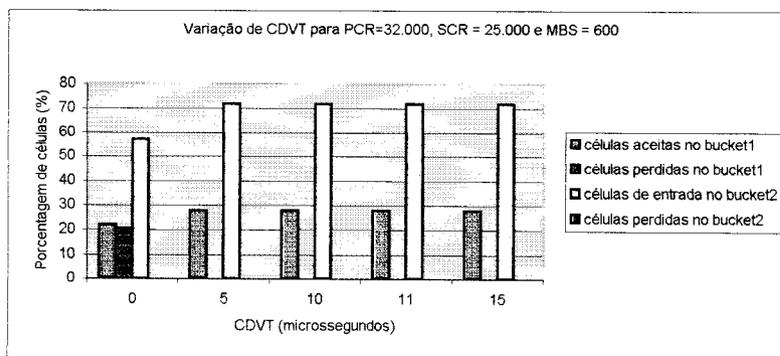


Gráfico 46 - Variação de CDVT para PCR = 32.000 células/segundo para VBR2

Tabela 22 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 32.000 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | Aceita no bucket1 (%) |
| 32.000 | 25.000 | 800 | 0 | 20,60960 | 79,39052 | 0,00006 | 20,60960 | 57,18510 | 0,00009 | 22,20529 |
| 32.000 | 25.000 | 800 | 5 | 0 | 100 | 0,00009 | 0 | 72,03423 | 0,00012 | 27,96577 |
| 32.000 | 25.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 0,00009 | 0 | 72,03423 | 0,00012 | 27,96577 |
| 32.000 | 25.000 | 800 | 11 | 0 | 100 | 0,00009 | 0 | 72,03423 | 0,00012 | 27,96577 |
| 32.000 | 25.000 | 800 | 15 | 0 | 100 | 0,00009 | 0 | 72,03423 | 0,00012 | 27,96577 |

Para PCR acima do seu valor gerado (35.200 células/segundo), Gráfico 47 e Tabela 23, para o método VBR2, a variação do parâmetro CDVT não mostrou nenhuma diferença

comparando com os resultados para PCR igual a 32.000 células/segundo, Gráfico 46, havendo uma pequena diferença apenas para o método VBR1, na perda do segundo *bucket*.

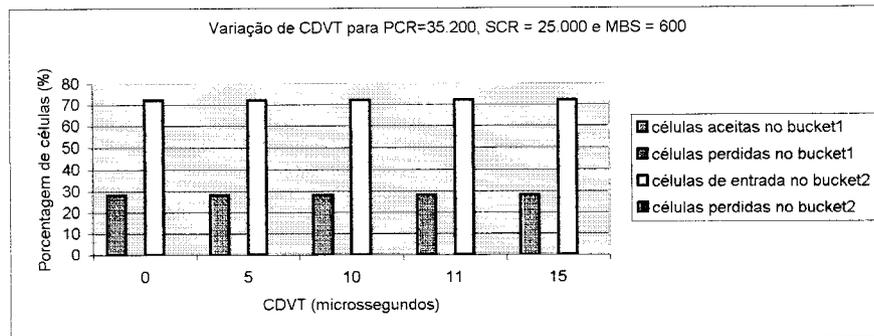


Gráfico 47 - Variação de CDVT para PCR = 35.200 células/segundo para VBR2

Tabela 23 - Resultados de porcentagem de células dos métodos VBR1 e VBR2 para variação do parâmetro CDVT para PCR = 35.200 (células/segundo)

| PCR | SCR | MBS | CDVT | VBR1 | | | VBR2 | | | |
|--------|--------|-----|------|----------|------------------------|----------|----------|------------------------|----------|-----------------------|
| | | | | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | CLR1 (%) | Entrada no bucket2 (%) | CLR2 (%) | Aceita no bucket1 (%) |
| 35.200 | 25.000 | 800 | 0 | 0 | 100 | 0,00011 | 0 | 72,03423 | 0,00015 | 27,96577 |
| 35.200 | 25.000 | 800 | 5 | 0 | 100 | 0,00011 | 0 | 72,03423 | 0,00015 | 27,96577 |
| 35.200 | 25.000 | 800 | 10 | 0 | 100 | 0,00011 | 0 | 72,03423 | 0,00015 | 27,96577 |
| 35.200 | 25.000 | 800 | 11 | 0 | 100 | 0,00011 | 0 | 72,03423 | 0,00015 | 27,96577 |
| 35.200 | 25.000 | 800 | 15 | 0 | 100 | 0,00011 | 0 | 72,03423 | 0,00015 | 27,96577 |

5.2.2.4 Variação de PCR

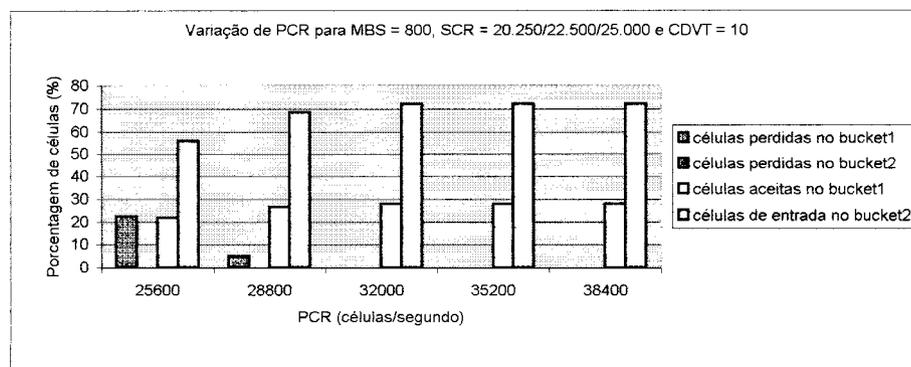


Gráfico 48 - Variação de PCR para SCR = 20.250, 22.500 e 25.000 células/segundo para VBR2 para tráfego do tipo esporte

Verifica-se, através do Gráfico 48, que PCR influencia na perda do *bucket1* quando seu valor está abaixo do tráfego gerado (32.000 células/segundo). Comparando-se com o método VBR1, seção 5.2.1.4., a perda no *bucket1* decai quando o valor de SCR está abaixo do especificado no tráfego, ou seja, abaixo de 25.000 células/segundo.

Análise de Resultados

O policiamento de fluxo de células se baseia em dois policiamentos, um utilizando PCR e CDVT, no *bucket1* e o segundo, *bucket2*, utilizando-se dos parâmetros SCR, tolerância em relação a essa taxa, vinculada, porém à taxa de pico, chamado BT. Essa tolerância está relacionada com MBS, SCR e PCR.

Analisando os resultados obtidos em ambos os métodos, VBR1 e VBR2, observou-se que a partir do momento que o valor do parâmetro PCR no contrato aumenta, CDVT interfere menos na taxa de perda no *bucket1*, pois o parâmetro PCR já reage nesse primeiro momento.

O parâmetro MBS demonstrou que independente do método utilizado, o comportamento da taxa de perda é o mesmo, no entanto, em VBR2, os valores das taxas são menores.

Comparando-se com o VBR1, verifica-se que no VBR2, o parâmetro SCR determinou uma taxa de perda de células menor, independentemente do valor de PCR. Os resultados podem ser verificados nos Gráfico 49 e Gráfico 50, na perda total da chave.

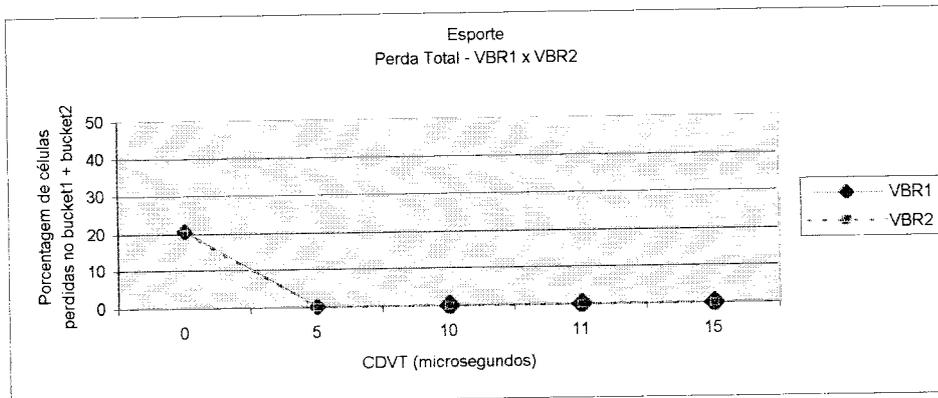
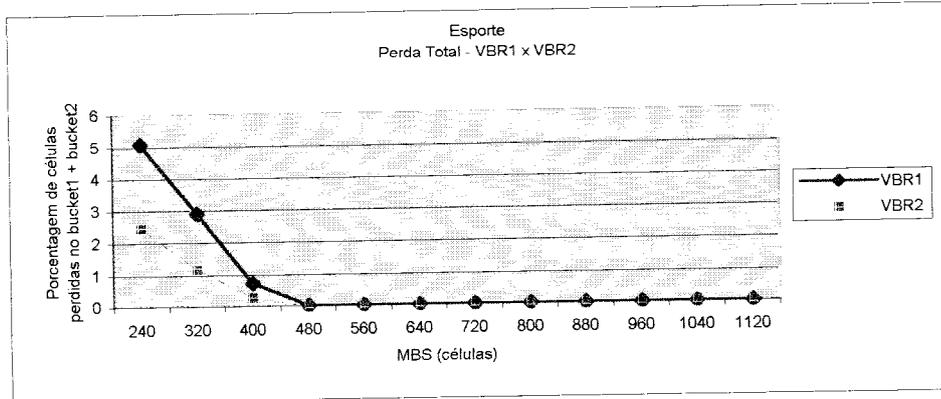
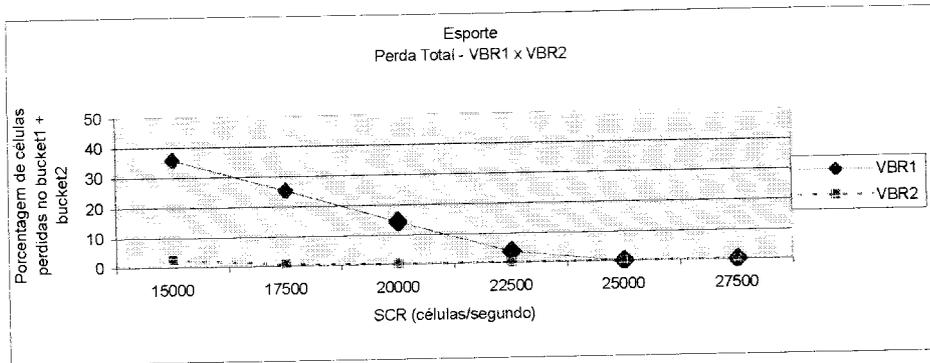
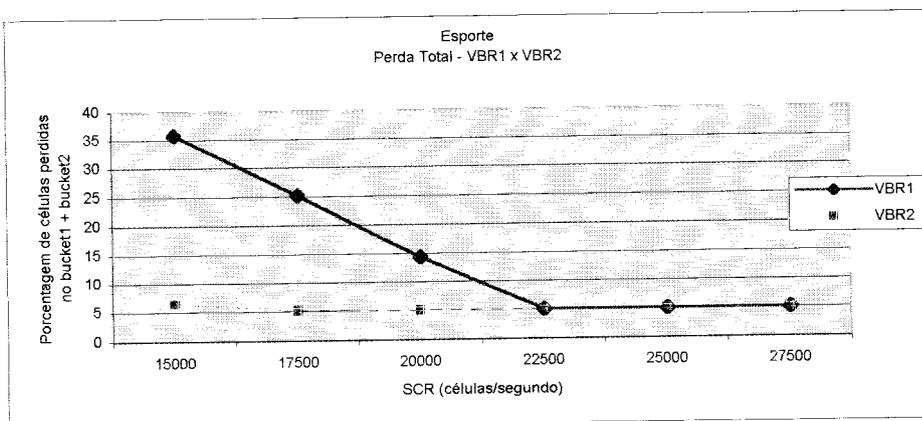


Gráfico 49 - Comparação entre VBR1 e VBR2 para perda total (*bucket1* + *bucket2*) para PCR = 32.000 (células/segundo)



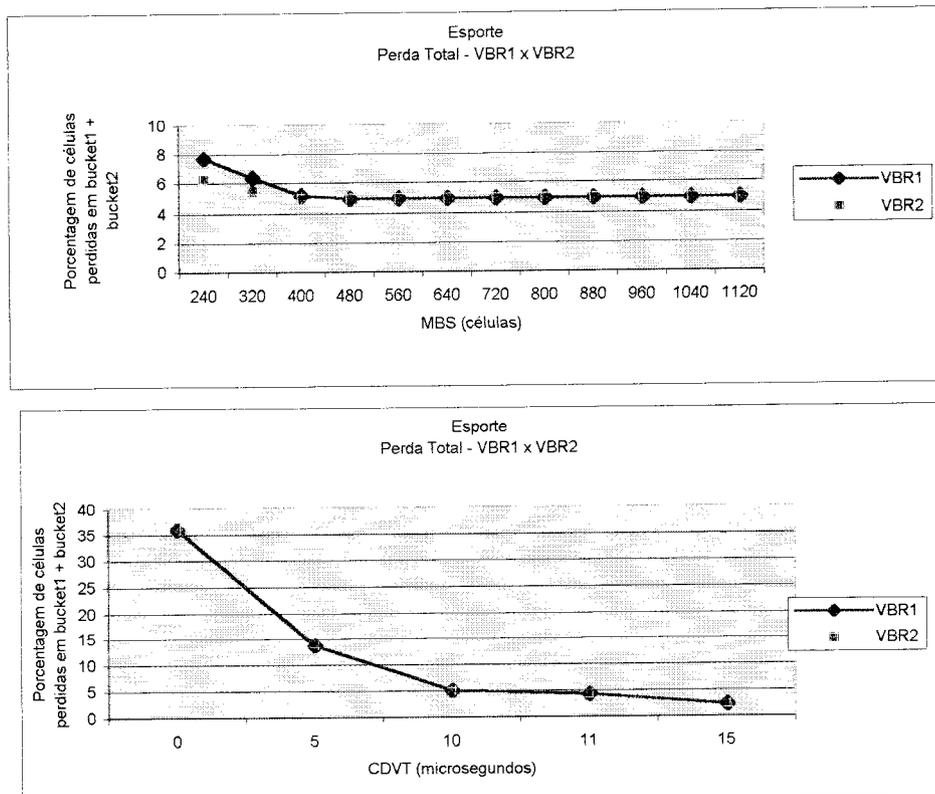


Gráfico 50 - Comparação entre VBR1 e VBR2 para perda total (*bucket1* + *bucket2*) para PCR = 28.800 (células/segundo)

5.3 RESUMO

Neste capítulo foram apresentados os resultados da simulação de dois tipos de tráfego de vídeo MPEG-2 nos métodos VBR1 e VBR2. Pôde-se observar que para ambos os tipos de tráfego, o comportamento das taxas de perda em função dos parâmetros utilizados para descrição do tráfego no mecanismo de policiamento é o mesmo. Os parâmetros PCR e SCR influenciam mais fortemente na perda de células. Para ambos os tipos dos tráfegos simulados, o método VBR2 determina uma menor influência de possíveis erros na descrição do tráfego, através dos parâmetros, nas taxas de perda devido ao policiamento.

Capítulo 6

Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho e as propostas para trabalhos futuros.

Conclusão e propostas de trabalhos futuros

6.1 CONCLUSÃO

Os resultados da simulação indicam que uma rede ATM só poderá atender os requisitos de QoS de uma aplicação, se no momento do estabelecimento da conexão, estes requisitos puderem ser especificados de forma mais próxima possível do tráfego real gerado pela fonte. A qualidade de uma aplicação somente será garantida se o fluxo de dados gerado estiver perfeitamente dentro das especificações do tráfego que foi negociado. Portanto, o fluxo, deverá estar em conformidade com esta especificação, para que seja assegurada a qualidade de serviço.

No presente trabalho, o comportamento do mecanismo de policiamento *Dual Leaky Bucket* foi analisado para dois tipos de tráfegos de vídeo, um com pouca movimentação (filme) e outro com muita movimentação (esporte). Esses dois tipos de tráfegos foram gerados por *software* a fim de se garantir um maior controle sobre suas características.

Sabe-se que o tráfego gerado na transmissão de vídeo comprimido pode ser descrito como um tráfego em forma de rajadas, ou seja, por um período de tempo são transmitidas informações e depois ocorre o chamado período de silêncio. Esta característica do tráfego

de vídeo faz com que em uma rede ATM seja utilizada a classe de serviço VBR. Nesta classe de serviço deve-se definir a taxa de pico que a fonte pode eventualmente transmitir (PCR), a taxa sustentável que deve ser garantida pela rede como reservada para a conexão (SCR) e o tamanho da rajada (MBS). A especificação desses parâmetros permite que a largura de banda da rede seja mais bem utilizada pelas várias conexões que utilizam a rede, pois como não se garante a reserva de largura de banda da taxa de pico e sim da sustentável, uma outra conexão pode utilizar a largura de banda que não está sendo utilizada naquele momento por aquela conexão da classe VBR.

Por outro lado, a utilização desta classe de serviço ATM pode não atender as exigências da aplicação de vídeo, por exemplo, quando a informação de vídeo não consegue ser entendida pelo destino. Este problema ocorre quando os parâmetros que descrevem o tráfego não estão adequados ao tráfego gerado pela fonte.

Sobre os tráfegos gerados que simulam tráfegos típicos de vídeo MPEG-2 são conhecidas informações sobre a taxa de pico (PCR), a taxa sustentável (SCR) e o tamanho da rajada (MBS). Desta forma, pôde-se introduzir erros controlados em cada um desses parâmetros definidos no contrato e verificar o comportamento da taxa de perda do mecanismo de policiamento.

Nos resultados obtidos, pode-se concluir que os parâmetros que mais interferem na taxa de perda são PCR e SCR. Além disso, apesar de PCR influenciar diretamente na taxa de perda de células do *bucket1*, enquanto SCR e MBS influenciam no *bucket2*, a especificação de um valor de PCR abaixo do valor do tráfego real leva inclusive ao aumento da taxa de perda do *bucket2*. Uma interferência menor ocorre quando se utiliza o

método VBR2, pois há a separação de células em função do *bit* de prioridade CLP, e células com baixa prioridade (CLP=1) não são policiadas no *bucket2*.

O parâmetro CDVT também influencia na taxa de perda do *bucket1*, porém ele está relacionado com a tolerância de atrasos por *jitter* e não com erros na definição de parâmetros no contrato de QoS. Apesar disso, quando o contrato de QoS subestima o valor de PCR se for considerado uma tolerância ao atraso de células razoável, a taxa de perda no *bucket1* é diminuída. Por outro lado, deve-se ter cuidado com o aumento do valor de CVDT, pois se for tolerado um grande atraso, como consequência ter-se-á uma imagem de vídeo incompleta e muitas vezes não compreensível.

Já no *bucket2*, o parâmetro SCR mostrou ter maior influência que MBS, principalmente quando se utiliza o método VBR1. Este comportamento é acentuado quando o valor de PCR está abaixo do valor do tráfego real, pois como um maior número de células deve ser policiada no segundo *bucket* o erro em SCR causa maior taxa de perda.

O parâmetro MBS utilizado para a simulação de um tráfego de vídeo foi especificado em função da taxa sustentável e pelo número de quadros por segundo transmitido pelo padrão MPEG-2. Com isso, conclui-se que há pouca influência do erro imposto pela especificação errônea deste parâmetro no contrato de QoS na taxa de perda do mecanismo.

Todas estas observações são válidas, tanto para vídeo do tipo filme quanto para vídeo do tipo esporte. Em relação à avaliação dos métodos VBR1 e VBR2 conclui-se que o método VBR2 mostrou ser menos influenciado pelo erro de especificação dos parâmetros que descrevem o tráfego de vídeo. Portanto, o seu uso deve ser encorajado para este tipo de aplicação, do ponto de vista da aplicação.

6.2 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

De posse dos resultados apresentados nesta dissertação pode-se propor os seguintes projetos futuros:

- implementação do método VBR3 do mecanismo de policiamento *Dual Leaky Bucket*, que pode ser plenamente avaliado apenas quando se utiliza uma rede ATM e não apenas uma chave, pois esse método permite que a célula que não está de acordo com os parâmetros do contrato, tenha sua prioridade abaixada (CLP=1), e assim no próximo nó da rede essa teria uma seqüência diferente de células com diferentes prioridades.
- simular outros métodos de controle de tráfego em redes ATM, mencionados nesse trabalho, como *Traffic Shaping*, Controle de admissão de Conexão (CAC).
- verificar a possibilidade desse mecanismo permitir a renegociação dos valores dos parâmetros do contrato (através da sinalização), quando esses não mostram em conformidade com o tráfego. Para comprovar a eficiência dessa alteração em tráfegos reais, deve-se aprimorar o *software* desenvolvido nesse trabalho e simular em vários tipos de tráfego.
- utilizar os métodos do Mecanismo de Policiamento *Dual Leaky Bucket* desenvolvido nesse trabalho, para monitorar uma transmissão de vídeo através da AVA/ATV.

Referência Bibliográfica

ADC Kentrox. "Technology Overview: Traffic Management in ATM Networks".

Available: <http://www.kentrox.com/support/>. [2000, Junho].

CISCO SYSTEMS INC. "ATM Connections". *Available:*

http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/wanbu/8_5/switch/sysatmcn.htm.

[2000, Julho].

CISCO SYSTEMS INC. "Cisco 8110 Broadband Network Termination Unit User Guide:

Chapter

1". *Available:* <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/atm/8110/8110/8110desc.htm#27651>. [2001, Fevereiro].

COLOMBINI, Angelo Cesar. "Proposta e Simulação de uma estrutura de roteamento para chaves ATM". São Carlos, 1999. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos.

FERGUSON, Paul, HUSTON, Geoff. "Quality of service: delivering QoS on the Internet and in corporate networks". *New York, NY: John Wiley & Sons, 1998.*

Fore Runner™ ATM Switch Configuration Manual. Software Version 4.0.x, March 1996.
p.1-25.

GIBBS, Simon J.; TSICHRITZIS, Dionysios C. "Multimedia Programming: Objects, Environments and Frameworks". *Addison-Wesley Publishing Company, 1995.* p.8.

GINSBURG, David. "ATM Solutions for enterprise internetworking". *Addison Wesley, 1997.* p.149.

- GOMES, Luiz Fernando, Soares; LEMOS, Guido; COLCHER, Sergio. "Redes de Computadores das Lans, Mans e Wans às redes ATM". 2º edição, editora Campus, 1995.
- HAGAI, Avi; SHAMIR, Boaz Patt. "Multiple Priority, Per Flow, Dual GCRA Rate Controller for ATM Switches". *Available:* <http://www.eng.tau.ac.il/~boaz/aviHagai.html>. [2000, Janeiro].
- "Introduction to ATM Traffic Management". (Janeiro de 2000). *Available:* http://www.net.com/products/harrowband/repository/white_papers/atm_intro/home.shtml. [2000, Fevereiro].
- LI, Mingfu, TSAT, Zsehong. "Design and Analysis of the GCRA Traffic Shaper for VBR Services in ATM Networks". *IEICE TRANS COMMUN*, Vol. E81-B, Nº 3, Março, 1998.
- MARCONI. (Novembro 2000). "Quality of Service: Interworking Ethernet e ATM Solutions". [2001, Março].
- MPEG-2 FAQ. *Available:* <http://www.crs4.it/~luigi/MPEG/mpeg2.html> [2001, Agosto].
- ONVURAL, Raif O.; CHERUKURI, Rao. "Signaling in ATM Networks". Artech House, 1997. p.162.
- ORS ,Tolga. "An Investigation of the Leaky Bucket for Preventive Control in ATM". M. Sc. Thesis - University of Surrey, Setembro, 1994. Cap. 3 p. 18. Cap. 4 p. 36, p. 52. *Available:* <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/T.Ors/Publications/mcon.html>. [2001, Fevereiro].
- ORZESSEK, Michael, SOMMER, Peter. "ATM & MPEG-2: Integrating Digital Video Into Broadband Networks". *Prentice Hall; ISBN*, Agosto, 1997.

- PISSIOLI, Mauricio; MOREIRA, Edson dos Santos. “Sistema de Transmissão de Vídeo via ATM”. São Carlos, 1999. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Instituto de Matemática de São Carlos.
- ROCHOL, Juergen. “Caracterização e Conformação de Fluxos de Tráfego ATM no Ambiente de Usuário”. Porto Alegre, 2001. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Informática.
- SACKETT, George C., METZ, Christopher Y. “ATM and Multiprotocol Networking”. *McGraw-Hill Series on Computer Communications*, 1996.
- TANENBAUM, A. “Computer Networks”. 3º edição. *Prentice-Hall*, 1996.
- The ATM FORUM, “ATM User Network Interface Specification”, *Version 3.1*, Setembro 1994.
- The ATM FORUM. (Março, 1999). "Traffic Management 4.1". *Available*: <http://www.atmforum.com/atmforum/specs/approved.html>. [2000, Dezembro].

GLOSSÁRIO

Nota - Um glossário completo sobre ATM consultar:

| | |
|--------------|---|
| AAL | - <i>ATM Adaptation Layer</i> – Camada de Adaptação ATM |
| ABR | - <i>Available Bit Rate</i> – Taxa Disponível de <i>Bits</i> |
| ATM | - <i>Asynchronous Transfer Mode</i> – Modo de Transferência Assíncrona |
| BT | - <i>Burst Tolerance</i> – Tolerância à rajada |
| CAC | - <i>Connection Admission Control</i> – Controle de Admissão de Conexão, é definido como um conjunto de ações realizadas pela rede durante a fase de <i>setup</i> para determinar se a conexão solicitada pode ser aceita ou não. |
| CBR | - <i>Constant Bit Rate</i> – Taxa Constante de <i>Bits</i> |
| CCITT | - <i>International Consultative Committee for Telephone and Telegraph</i> – Comitê Consultivo Internacional de Telegrafia e Telefonia. |
| CDVT | - <i>Cell Variation Delay Tolerance</i> – Tolerância à variação de atraso |
| CLP | - <i>Cell Loss Priority</i> – Prioridade de Perda de Células |
| CLR | - <i>Cell Loss Ratio</i> – Razão de perda de Células |
| EPD | - <i>Early Packet Discard</i> |
| GCRA | - <i>Generic Cell Rate Algorithm</i> |
| GFC | - <i>Generic Flow Control</i> – Controle de Fluxo Genérico |
| HEC | - <i>Header Error Correction</i> – Correção de Erros de Cabeçalho |
| ITU-T | - <i>International Telecommunication Union - Technology</i> – União Internacional de Telecomunicações - Tecnologia |

| | |
|-----------------|--|
| NPC | - <i>Network Parameter Control</i> |
| MBS | - <i>Maximum Burst Size – Tamanho máximo de rajadas</i> |
| MCR | - <i>Minimum Cell Rate – Taxa mínima de célula</i> |
| NTSC | - <i>National Television Standards Committee</i> |
| Payload | - Contém informações úteis ao usuário |
| PCR | - <i>Peak Cell Rate – Taxa de Pico de Células</i> |
| PPD | - <i>Partial Packet Discard</i> |
| PVC | - <i>Permanent (Private) Virtual Connection</i> |
| PT | - <i>Payload Type – Tipo de Dados</i> |
| QoS | - <i>Quality of Service – Qualidade de Serviço</i> |
| RM | - <i>Resource Management – gerenciamento de recurso</i> |
| SCR | - <i>Sustained Cell Rate – Taxa Sustentável de Células</i> |
| SVC | - <i>Switched Virtual Channel (Connection)</i> |
| Switches | - Dispositivos em uma rede de comunicações destinadas a comutação |
| TAT | - <i>Theoretical Arrival Time</i> |
| UBR | - <i>Unspecified Bit Rate – Taxa de Bit não especificado</i> |
| UPC | - <i>Usage Parameter Control</i> |
| UNI | - <i>User Network Interface – Interface Rede Usuário</i> |
| VBR | - <i>Variable Bit Rate – Taxa Variável de Bits</i> |
| VCI | - <i>Virtual Channel Identifier – Identificador de Conexão Virtual</i> |
| VP | - <i>Virtual Path – Caminho Virtual</i> |
| VPI | - <i>Virtual Path Identifier – Identificador de Caminho Virtual</i> |