

# Avaliação de Desempenho do Gerenciamento Pró-Ativo de Filas

Renata Silveira Vidal<sup>11</sup>, Gaspare Guiliano Elias Bruno<sup>12</sup>

<sup>1</sup>Curso de Ciências da Computação – Centro Universitário Lasalle (Unilasalle)  
Av. Victor Barreto, 2288, Centro, CEP 92.010-000 – Canoas – RS – Brasil  
renatavidal@terra.com.br<sup>1</sup>, gaspare@unilasalle.edu.br<sup>2</sup>

**Abstract.** *This paper describes the leading techniques of pro-active queue management (PQM), its characteristics, as well as its importance for congestion's avoidance and detention in computer networks. It also presents some concepts and characteristics of multimedia's traffic. The paper intends to contribute evaluating the importance of the PQM's techniques for improve the quality of multimedia applications, thus at the end it suggests a research methodology.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta as principais técnicas para o gerenciamento pró-ativo de filas (PQM), suas características, bem como sua importância para detecção e tratamento de congestionamento em redes de computadores. Apresenta também alguns conceitos relativos as características de tráfego multimídia. O artigo pretende contribuir avaliando a relevância das técnicas de PQM para a melhoria da qualidade de aplicações multimídia, para tanto ao final sugere uma metodologia de pesquisa.*

## 1. Introdução

Em organizações, comerciais ou acadêmicas, a utilização de aplicações multimídia tem se tornado cada vez mais comum. Contudo, transmissões de áudio e vídeo necessitam de determinados requisitos mínimos para manter a qualidade da aplicação.

Neste contexto, as redes de computadores precisam prover tais requisitos, o que abrange principalmente a vazão da rede, o controle de erros e as questões relativas ao atraso na entrega dos dados. A grande demanda pela qualidade, frente ao grande fluxo de dados pode ocasionar congestionamentos na rede, e por consequência atrasos não desejados, principalmente para aplicações tão sensíveis a tal contexto. (Chung e Claypool, 2000) (Feng e Feng, 1998)

Desta forma, muitos estudos foram feitos propondo alternativas para amenizar o congestionamento ocasionado na rede. Uma alternativa seria a utilização de técnicas de DiffServ (*Differentiated Services*) (Nichols, 1998) ou RSVP (*Resource ReSerVation*

*Protocol*) (Murthy, 2001), no entanto as técnicas de congestionamento de filas são implementadas diretamente nos roteadores, assim podem trabalhar de forma independente dos demais componentes da topologia de rede e das técnicas implementadas na camada de transporte.

Várias técnicas de Gerenciamento Ativo de Filas (AQM - *Active Queue Management*) foram propostas, porém todas têm um caráter reativo, e só conseguem detectar um congestionamento quando o mesmo já está acontecendo. Muitos recursos de rede são frequentemente desperdiçados, com o descarte de pacotes e eventuais retransmissões, logo sua eficiência para aplicações multimídia é limitada. (Murthy, 2001)

Novas técnicas, denominadas de Gerenciamento Pró-ativo de Filas (PQM - *Proactive Queue Management*) foram propostas com o objetivo de tomar ações pró-ativas, evitando o congestionamento antes mesmo que ele ocorra. Essas técnicas baseiam-se no histórico da rede e no estado atual das conexões para estatisticamente determinar se um congestionamento está prestes a ocorrer, desta forma comunicam preventivamente as fontes injetoras de tráfego que as taxas de transmissão devem ser reduzidas. Caso necessário, também definem a política a ser adotada quanto ao descarte dos pacotes já em trânsito na rede (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002) (Feng e Thulasidasan, 2002).

Neste contexto, as aplicações que mais podem se beneficiar do controle de congestionamento pró-ativo são as aplicações multimídia. Para estas, um dos parâmetros mais importantes referentes a qualidade e clareza das transmissões é chamado *jitter* que se refere a variação na demora da entrega dos dados. (Chung e Claypool, 2000) (Murthy, 2001) A detecção de perda e retransmissão de dados ocasiona uma maior variação de atraso ou *jitter* na rede.

Desta forma, as características inerentes às técnicas do gerenciamento pró-ativo de filas podem contribuir com as aplicações multimídia na questão do controle do *jitter*. Assim, o principal objeto de estudo do presente artigo é avaliar se tais características podem contribuir de fato para a melhoria da qualidade e o controle do *jitter* em aplicações multimídia.

Este artigo é organizado em cinco seções. Na seção 2 é apresentado o estado da arte em relação às técnicas de AQM e PQM. Na seção 3 são apresentados aspectos referentes ao tráfego TCP (*Transmission Control Protocol*) e seu impacto em relação aos fluxos multimídia. Na seção 4 é apresentada a metodologia de pesquisa utilizada. Os resultados esperados com o desenvolvimento do presente trabalho de conclusão são apresentados na seção 5, bem como a conclusão deste artigo.

## 2. Estado da Arte

A flexibilidade e robustez do protocolo IP (*Internet Protocol*) tem um custo elevado para manter uma boa qualidade de serviço em condições de sobrecarga de tráfego (Branden, 1998).

Estudos sobre o congestionamento da Internet, e um provável colapso, vem sendo feitos desde o início da década de 80. Em 1988 Jacobson (Jacobson, 1988) desenvolveu os mecanismos para evitar e controlar o congestionamento (*TCP Congestion Avoidance*) que são requeridos para qualquer implementação TCP. Eles permitem que as conexões determinem sua velocidade de acordo com o estado atual da rede, em presença ou não de congestionamentos.

Segundo (Branden, 1998), apenas estes mecanismos não são suficientes para prover qualidade de serviço sob todas as circunstâncias. Deve ser considerada toda a topologia da rede, seus elementos, *links* e roteadores. Uma implementação eficiente para controle de congestionamento seria implementada nas bordas da rede, diretamente nos roteadores, causando um custo computacional menor, e maior eficiência. Desta forma, um algoritmo mais complexo e eficiente pode ser executado uma única vez e amenizar a questão do congestionamento fim-a-fim.

Neste contexto, surgem as técnicas de Gerenciamento Ativo de Filas (AQM - *Active Queue Management*) que tratam do tamanho das filas e fazem o descarte dos pacotes quando necessário. O objetivo principal destas técnicas é garantir que sempre haverá *buffer* disponível no roteador para os pacotes de dados entrantes na rede. Elas determinam como é feita o descarte de pacotes, quais os critérios a serem usados na escolha dos mesmos, que pode ser de forma randômico, os pacotes do final da fila, do início da fila, dentre outras alternativas.

Técnicas mais modernas podem detectar um congestionamento logo em seu início, efetuar os procedimentos de descarte de forma a manter a fila estabilizada e comportar o tráfego, e ainda informar as fontes injetoras de tráfego sobre tal congestionamento. Sendo esta a principal vantagem em relação as técnicas implementadas diretamente no TCP, pois o AQM tem por objetivo detectar o mais breve possível a formação de um congestionamento (Ryu, Rump e Qiao, 2003).

A primeira técnica foi desenvolvida em 1993, o RED (*Random Early Detection*) tinha por objetivo detectar um congestionamento e randomicamente descartar os pacotes, mantendo a utilização do *link* alta e o tamanho médio da fila baixo. Para tanto, calculava o tamanho médio da fila no roteador, se excedesse um certo limiar (*threshold*) os novos pacotes que chegassem ou eram descartados ou eram marcados com uma probabilidade de descarte, que se necessário, era usada no futuro para novos descartes. Esta técnica serviu de base para muitas outras técnicas como ARED (*Adaptive-RED*), SRED (*Stabilized-RED*), FRED (*Flow-RED*) e DRED (*Dynamic-RED*), um

detalhamento completo sobre estas técnicas pode ser consultado em (Dijkstra, 2004), (Ryu, Rump e Qiao, 2003) e (Ryu e Bae, 2003).

Uma outra alternativa no sentido de evitar e controlar o congestionamento foi proposta em 1999 por Floyd (Floyd, 1999), consistindo em alterar um *bit* no cabeçalho IP, no campo chamado CE (*Congestion Experienced*). Com este *bit* as técnicas de AQM também podiam fazer uso de tal informação e saber se os demais pontos da rede estavam passando por momentos de congestionamento ou não.

Todas as técnicas apresentadas tratam da mesma problemática, como manter a utilização do *link* alto, o descarte de pacotes baixo e reagir prontamente aos congestionamentos.

Uma evolução de tais técnicas são os mecanismos chamados de PQM (*Proactive Queue Management*), ou Gerenciamento Pró-ativo de Filas. A diferença principal entre as técnicas de AQM e PQM é que a primeira procura detectar um congestionamento assim que ele ocorre, já a segunda procura evitá-lo. Desta forma, possuem algoritmos mais complexos para inteligentemente descartar pacotes, prevenindo congestionamentos e mantendo justiça entre os fluxos.

Uma das características do gerenciamento pró-ativo de filas é que fazem um controle sobre o desempenho da rede para períodos longos de tempo, logo percebem prontamente pequenas mudanças na quantidade e fluxo de dados, flutuação de carga e a natureza do tráfego. Podemos também citar outras vantagens (Dijkstra, 2004) :

- menos descartes de dados;
- maior utilização da capacidade de vazão de um *link*;
- detecção e notificação de congestionamento de forma antecipada;
- menor quantidade de sobrecarga e estouro na capacidade de armazenamento das filas;
- menor variação de atraso (*jitter*);
- impede, de uma forma geral, o congestionamento e suas implicações.

As técnicas de PQM existentes são PAQM (*Pro-Active Queue Management*), PID-controller (*Proportional-integral-derivative*) e o GREEN (*Generalized Random Early Evasion Network*).

O PID-controller efetua cálculos se utilizando o histórico do tráfego (carga e tipo de tráfego) para determinar o tamanho da fila, fazendo-os em determinados intervalos de tempo. Por utilizar apenas duas variáveis consegue determinar a possível existência de um congestionamento, reagindo rapidamente, a um custo computacional menor. O PAQM é uma variante do PID-controller, mas se utiliza de um método diferente para

verificar a flutuação de carga levando em consideração o histórico de longo e também curto prazo em seu cálculo (Ryu e Bae, 2003) (Dijkstra, 2004).

O GREEN efetua cálculos bem menos complexos, se preocupa com a justiça entre os fluxos e com a possível monopolização de banda por parte de alguns deles. Devido as suas características, considera-se que o GREEN possa contribuir para o controle de congestionamento, e por consequência, redução de atraso para aplicações multimídia. Esta técnica será melhor detalhada na subseção 3.1. Na seção que segue serão introduzidos alguns conceitos necessários para o melhor entendimento dos benefícios do GREEN. (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002)

### **3. TCP, UDP e o Controle de Congestionamento**

Devido as características monopolizadoras de banda do tráfego UDP (*User Datagram Protocol*), outros fluxos que compartilham o mesmo *link* acabam por reduzir sua taxa de transmissão quando ocorrem congestionamentos. Para evitar esta situação, atualmente muitos fluxos multimídia trafegam sobre TCP (*Transmission Control Protocol*) (Krasic, Li e Walpole, 2001), desta forma garantindo maior justiça entre os fluxos. (Chung e Claypool, 2000) (Feng e Feng, 1998)

O protocolo TCP trabalha com sistema de confirmação, logo para cada pacote enviado espera-se uma confirmação de recebimento, que por sua vez, permite que a transmissão de mais dados possa continuar. Quando ocorrem congestionamentos na rede, o TCP faz o controle do mesmo baseando-se no tamanho da janela de transmissão. A origem da conexão mantém uma janela de transmissão que informa o número máximo de pacotes pendentes na rede quanto ao recebimento de confirmação, uma vez que todas tenham sido recebidas, a origem aumenta a velocidade de transmissão aumentando o tamanho da janela.

Caso haja uma extrapolação da capacidade da rede, e pacotes sejam descartados, o TCP percebe a situação através de confirmações de recebimento repetidas, e volta a reduzir o tamanho da sua janela de transmissão, desta vez reduzindo-a pela metade. Outra forma de verificar o congestionamento é quando a origem não recebe confirmações de recebimento (*ACK - acknowledge*), por um determinado período de tempo suficientemente grande (*timeout*) para que uma retransmissão seja iniciada, da mesma forma existe uma redução da janela de congestionamento. O ajuste desse tempo limite de espera (*timeout*) é feito com base no RTT (*Round Trip Time*) que contém o tempo de ida e volta de uma transmissão em relação ao destino.

Assim sendo, podemos verificar que o TCP faz uma divisão mais justa da capacidade do *link* dentre as conexões existentes, pois todas as conexões monitoram o estado atual da rede. Existindo conexões TCP e UDP no mesmo *link* existe uma tendência de que o UDP gradualmente monopolize a capacidade do *link* uma vez que

ele não trabalha com confirmação e por este motivo é mais rápido. Esta agilidade do UDP o levou a ser a escolha para aplicações multimídia. Contudo, devido ao crescimento comercial da Internet e dos inúmeros serviços oferecidos pelos provedores a seus clientes, que incluem principalmente aplicações multimídia, muitos optam por trafegar as aplicações multimídia sobre TCP. (Krasic, Li e Walpole, 2001). Desta forma, podem equalizar melhor a utilização dos recursos de rede e oferecer melhor qualidade de transmissão aos clientes.

Neste contexto, os mecanismos de gerenciamento pró-ativos de filas vem contribuir com o TCP na detecção de congestionamento, evitando a formação de filas ou reduzindo seu impacto. Com as técnicas tradicionais o tempo para tal percepção é muito grande, logo os recursos da rede acabam sendo desperdiçados com o descarte de pacotes e retransmissões (Feng e Feng, 1998). Os mecanismos de PQM não substituem o papel do TCP, eles apenas contribuem para que o congestionamento seja evitado através de seus algoritmos, que determinam por que, quando e como um pacote deve ser descartado ou não.

Uma das grandes vantagens da detecção do congestionamento é que menos fontes injetoras de tráfego precisam ser notificadas para reduzir a taxa de transmissão, mantendo desta forma, alta a vazão e ampla a utilização das conexões e recursos de rede. (Dijkstra, 2004)

### 3.1 O método GREEN

A técnica de PQM denominada GREEN (*Generalized Random Early Evasion Network*), faz o descarte pró-ativo dos dados para prevenir a formação de filas. Conforme anteriormente explicado, conexões TCP com um RTT pequeno tendem a aumentar o tamanho da janela de transmissão e monopolizar a utilização do *link*. O GREEN elimina esta tendência do TCP (Feng e Thulasidasan, 2002) pois inclui em sua fórmula o RTT de cada fluxo e quantidade dos mesmos. (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002)

O cálculo de banda do TCP considera os elementos presentes na fórmula (1), onde  $p$  seria a probabilidade de perdas de pacote e  $c$  uma constante que depende da estratégia utilizada para confirmações de recebimento (ACK). O MSS (*Maximum Segment Size*) representa a quantidade de dados, em *bytes*, que cada pacote pode transportar, sem considerar o cabeçalho.

$$BW = \frac{MSS \times c}{RTT \times \sqrt{p}} \quad (1)$$

Considerando a capacidade de vazão de um *link* como  $L$  e o número de fluxos como  $N$ , uma divisão justa da banda seria  $L/N$  (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002). O GREEN utiliza esta estratégia para garantir justiça entre os fluxos, conforme a fórmula (2).

$$p = \frac{N \times MSS \times c^2}{L \times RTT} \quad (2)$$

Segundo (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002) as técnicas de PQM procuram manter o tamanho da filas em níveis estáveis de forma a possibilitar uma melhor utilização do *link* e menor perda de pacotes. Estas características são benéficas para aplicações multimídia, como será melhor detalhado na subseção que segue.

### 3.2 Qualidade em Multimídia

Segundo (Zheng e Atiquzzman, 1999) multimídia consiste em voz, vídeo e dados na mesma aplicação. Este tipo de aplicação tem altos níveis de exigência relativos a qualidade e consome muito recurso de banda.

Para reduzir a banda necessária os vídeos são comprimidos antes de serem enviados pela rede. Um dos padrões amplamente conhecidos é o MPEG (*Motion Picture Experts Group*) que permite a compactação de áudio e vídeo.

Apesar das técnicas de compactação, a alocação de banda e a velocidade de transmissão necessárias para as aplicações multimídia são sempre grandes. Prover tais requisitos é de vital importância para a qualidade da aplicação. Segundo (Krasic, Li e Walpole, 2001), os usuários são sensíveis a atrasos (*delay*) na escala de 150 a 200 milissegundos para aplicações interativas, como videoconferência ou qualquer aplicação do tipo *streaming*, ou seja, aplicações onde a exibição do áudio/vídeo se dá ao mesmo tempo da sua transferência (*download*). Para aplicações de vídeo por demanda (VoD - *video on demand*) este atraso pode atrapalhar apenas alguns controles iniciais como tocar<sup>1</sup>, pausar, parar, retroceder, e mesmo que haja atraso durante a transmissão uma simples buferização<sup>2</sup> inicial resolve a questão. Para o olho humano é mais confortável assistir um vídeo com qualidade mediana, porém sempre constante do que uma aplicação que intercala momentos ótimos com momentos ruins na transmissão, isto atrapalha o entendimento e a compreensão do que está sendo assistido.

Segundo o mesmo autor anteriormente citado, existe um relação estreita entre a velocidade de transmissão do servidor e a buferização nos clientes como forma de prover uma transmissão uniforme. Para (Zheng e Atiquzzman, 1999) o controle de fluxo entre o servidor e o cliente é importante para evitar um estouro na capacidade de armazenamento, bem como uma subutilização dos recursos, visto que nenhuma das duas situações é desejável no caso de aplicações multimídia.

---

<sup>1</sup> Estes comandos tem origem na língua inglesa e são usualmente play, pause, stop, fast-forward.

<sup>2</sup> Este termo não existe oficialmente na língua portuguesa, mas vem do inglês *buffer* e é utilizado para representar o ato de armazenar temporariamente os dados.

Apesar de todas essas exigências em nível de transmissão, as aplicações multimídia tem como característica inerente o tráfego em rajadas. Tornar a transmissão destas rajadas o mais uniforme possível é um grande desafio.

De acordo com a RFC 2309 (Branden, 1998) é importante a aplicação das técnicas de AQM/PQM nos roteadores como forma de prevenir e amenizar o congestionamento, contudo as filas devem se manter com utilização estável de forma a comportar tais rajadas. Quando ocorre o descarte de toda uma rajada muitos dados são desperdiçados, existindo um longo período de baixa utilização dos *links* o que leva a uma média de utilização menor. No entanto, do ponto de vista econômico, o objetivo é que a utilização média de um *link* esteja em torno de 100%. Para (Krasic, Li e Walpole, 2001) as retransmissões de dados causam uma latência indesejável, e no caso das aplicações multimídia ainda podem ocasionar outro problema, o dado retransmitido consome recursos de rede e mesmo assim pode não chegar a tempo de ser utilizado.

Atualmente 90% do tráfego da Internet é TCP, algumas aplicações como FTP, tráfego WEB, *mail*, Telnet, etc podem tolerar algumas perdas de pacotes e atrasos, porém para aplicações multimídia esta situação seria intolerável. (Ryu, Rump e Qiao, 2003)

Dentre os parâmetros de qualidade apresentados, podemos destacar o *jitter* que se refere a variação do atraso (variação de *delay*). Conforme já discutido, é desejável que uma aplicação multimídia tenha uma transmissão através da rede de modo uniforme e com o menor atraso possível. As características do TCP, apresentadas na seção 3, propiciam o aparecimento de *jitter* (Chung e Claypool, 2000), da mesma forma que as técnicas tradicionais de AQM (Feng e Feng, 1998).

Dentre as técnicas brevemente apresentadas na seção 2, considera-se que o GREEN, pelas características apresentadas na subseção 3.1 pode vir a contribuir de forma relevante para o controle do *jitter* em aplicações multimídia, sendo estas tão sensíveis a tais variações de atraso. Sendo desta forma, a técnica escolhida para análise durante o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Na seção que segue são apresentados os detalhes relativos a tal avaliação, metodologia de pesquisa, topologia, métricas, dentre outros detalhes.

#### **4. Metodologia**

O modelo proposto para o TCC consiste em simulação de uma rede utilizando a técnica de PQM GREEN em presença de fluxos multimídia, portanto a metodologia de pesquisa deste artigo se caracteriza como um experimento, e sua natureza aplicada. Para tanto será utilizado o *software Network Simulator* (NS-2, 2006) em conjunto com um *patch* (Kapadia, S.D.) desenvolvido pelo criador do GREEN. Desta forma, o NS-2 passa a



reconhecer o GREEN como mais uma das técnicas de gerenciamento de filas disponíveis para simulações.

Segundo (Silva, 1998), “*simular significa reproduzir o funcionamento de um sistema, com o auxílio de um modelo, o que nos permite formular algumas hipóteses sobre o valor das variáveis controladas*”. Além disso, a simulação pode oferecer bons resultados sem a necessidade de grandes investimentos sendo esta a opção utilizada para validar a presente proposta de pesquisa.

Inicialmente a topologia de rede terá nodos servidores, de áudio e vídeo, e também nodos clientes, entre eles uma estrutura de rede formada por roteadores com a implementação do GREEN. Com o objetivo de avaliar o comportamento do *jitter* nessas redes, será feita uma comparação, simulando uma rede de igual topologia, contudo sem a implementação do GREEN. Assim sendo, além dos nodos e roteadores, a topologia contará com *links* de diferentes capacidades, a serem avaliados sob diferentes condições de carga, com o objetivo de verificar a presença ou não de congestionamento e qual o papel do GREEN neste contexto. Um exemplo de tal topologia pode ser observado na figura 1 e foi baseada em (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002).

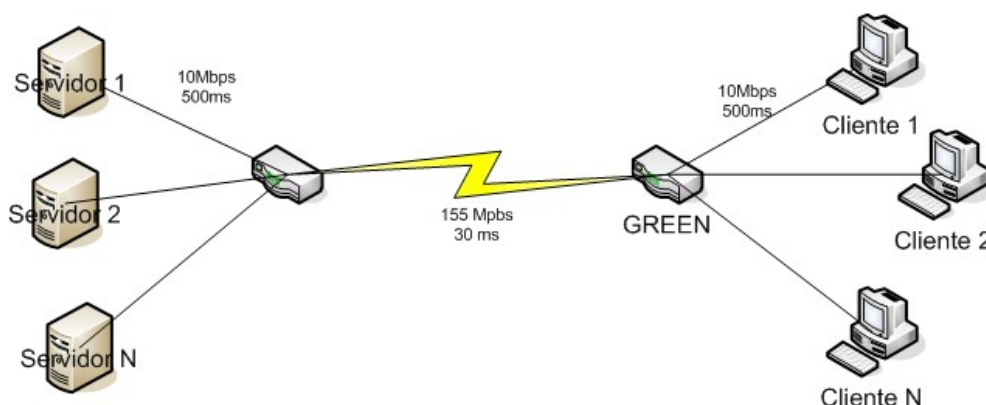


Figura 1: Topologia de rede inicialmente proposta para as simulações.

Para utilizar o GREEN é necessário inicializar as variáveis de sua fórmula (2), apresentada na subseção 3.1. A capacidade inicial de saída do link será de 155Mbps com 500ms de latência, os valores de MSS serão verificados pelo roteador a cada pacote trafegado. O parâmetro N, que diz respeito à quantidade de fluxos, será de inicialmente de 10, podendo aumentar de acordo com os resultados parciais de simulação. Para os valores de RTT e da constante  $c$  serão utilizados os mesmos apresentados pelos autores do GREEN em (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002). Em relação a constante  $c$ , os valores variam de 0,93 a 1,31 de acordo com o método de ACK utilizado (Ziegler, 1999), para o GREEN o valor proposto é de 0,93. Finalmente, em relação ao RTT, pode-se utilizar o valor do último elemento da rede, ou ainda a técnica IDMaps que permite estimar a distância entre os elementos da rede. (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002).

Durante as análises será simulado tráfego multimídia de acordo com a modelagem do tipo VBR (*Variable Bit Rate*), sendo esta a categoria de serviço utilizada para aplicações multimídia, de tempo real ou não. Justamente por não contar com mecanismos para notificação de congestionamento (Tanenbaum, 1997), a classe VBR pode se beneficiar do experimento aqui proposto.

O simulador NS-2 permite que os resultados sejam direcionados para arquivos de saída do tipo *log* para posterior utilização. Os dados contidos nestes arquivos servirão de base para a organização de dados estatísticos e gráficos, de forma a demonstrar os resultados de simulação, e assim avaliar se as técnicas de PQM de fato podem contribuir para a qualidade das aplicações multimídia.

Segundo (Silveira, 2006), os critérios de análise de desempenho quantitativa de uma aplicação multimídia são o atraso total, a variação do atraso (*jitter*), a taxa de transmissão e a taxa de erro de transmissão, sendo estas as métricas de comparação a serem utilizadas entre as duas simulações.

O NS-2 é uma ferramenta amplamente utilizado no meio acadêmico, faz parte do projeto VINT (VINT, 2006) e fornece suporte a inúmeros protocolos e topologias de rede. Nas referências do presente artigo ele é utilizado por (Chung e Claypool, 2000), (Feng e Feng, 1998), (Feng, Kapadia e Thulasidasan, 2002), (Feng e Thulasidasan, 2002) e (Ryu e Jungsook, 2003)

Além das características já citadas, o simulador NS-2 também pode trabalhar em conjunto com o NAM (*Network Animator*) que é um *software* do mesmo projeto (VINT, 2006), e que permite representar graficamente o modelo simulado, desta forma permitindo uma análise mais detalhada dos elementos da rede.

## **5. Considerações Finais**

Conforme apresentado nas seções anteriores, as questões relativas ao controle de congestionamento e vazão da rede vem sendo estudadas desde o início da década de 80. Apesar de muitas técnicas terem sido propostas, esta é uma questão ainda em aberto e de relevância, uma vez considerado o desperdício dos recursos de rede com os descartes e retransmissões de dados.

A crescente demanda por aplicações multimídia, como ensino à distância, videoconferência, rádio e TV pela internet, e mais recentemente também a telefonia, exige das redes de computadores o fornecimento dos requisitos mínimos referentes a vazão e a velocidade.

As técnicas de PQM, detalhadas na seção 2, podem contribuir com tal questão, uma vez que trabalham de forma preventiva no congestionamento, causando menos descartes de dados, e por consequência, mantendo alta a utilização da rede, o que é extremamente positivo para as aplicações multimídia.

A continuidade do presente estudo durante o semestre 2006/2, as simulações e análises dos resultados servirão para compor o relatório final do TCC. Espera-se apresentar análises que venham a contribuir com a área em estudo, avaliando as fraquezas e potencialidades da técnica de PQM GREEN, apresentada na seção 3.1.

## Referências

- BRANDEN, B. et al. *RFC2309: Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet*. Abril/1998. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2309.txt?number=2309>>. Acesso em: 13 mar. 2006.
- CHUNG, Jae, CLAYPOOL, Mark. *Better-Behaved, Better-Performing Multimedia Networking*, SCS Euromedia Conference, Antwerp, Bélgica, Maio de 2000.
- DIJKSTRA, S. *Modeling Active Queue Management algorithms using Stochastic Petri Nets*. 2004. 84 f. Tese (Mestrado) - University Of Twente, Países Baixos, 2004. Disponível em: <[http://dacs.cs.utwente.nl/assignments/completed/Thesis\\_Dijkstra.pdf](http://dacs.cs.utwente.nl/assignments/completed/Thesis_Dijkstra.pdf)> Acesso em: 10 fev. 2006.
- FENG, Wu-chang, FENG Wu-chi. *The Impact of Active Queue Management on Multimedia Congestion Control*, Proceedings of IC3N, 1998.
- FENG, Wu-chun, KAPADIA, Apu, THULASIDASAN, Sunil. *GREEN: Proactive queue management over a best-effort network*, IEEE GLOBECOM, Novembro de 2002.
- FENG, Wu-chun, THULASIDASAN, Sunil. *Using Steady-State TCP Behavior for Proactive Queue Management*, Proceedings International Conference on Internet Computing, 2002.
- FLOYD, S., RAMAKRISHNAN, K.. *RFC2481: A Proposal to add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP*. Janeiro/1999. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2481.txt?number=2481>>. Acesso em: 15 mai. 2006.
- JACOBSON, Van; KARELS, Michael J.. *Congestion Avoidance and Control*. In: SIGCOMM '88 SYMPOSIUM, 1988., 1988, Stanford. Simpósio. Canadá: ACM, 1988. v. 18, p. 314 - 329.
- KAPADIA, Apu. *Using GREEN in ns-2*, disponível em: <<http://www.cs.dartmouth.edu/~akapadia/green/>>.
- KRASIC Charles, LI Kang, WALPOLE Jonathan. *The case for streaming multimedia with TCP*. In INTERNATIONAL WORKSHOP ON INTERACTIVE DISTRIBUTED MULTIMEDIA SYSTEMS (IDMS), 8º, 2001, Lancaster, Inglaterra. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2158. Berlim, 2001; 213-218.

- MURTHY, C. S. R., MANIMARAM, G., *Resource Management in real-time systems and networks*, MIT Press, Inglaterra, 2001.
- NICHOLS, K. et al. *RFC2474: Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*. Dezembro/1998. Disponível em: <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt?number=2474>>. Acesso em: 26 mai. 2006.
- NS-2, *NetWork Simulator*, disponível em: <<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>>.
- RYU, Seungwan; RUMP, Christoph; QIAO, Chunming. *Advances in Internet congestion control*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, S.L., n. 3/2003 p.28-39.
- RYU, Seungwan; BAE, Jungsook. *Design of a Pro-Active Queue Management..* In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKS, 11º., 2003, Coréia do Sul. Proceedings... Taejon, Coréia do Sul: IEEE, 2004. p. 367 - 372.
- SILVA, Ermes M. da, *Pesquisa Operacional*, Atlas, 3ª ed., SP, 1998.
- SILVEIRA, Regina Melo. *Redes de Alta Velocidade e as Aplicações Multimídia*. Disponível em: <<http://www.redes.usp.br/conteudo/documentos/rav%20e%20aplicações/RAVeAplic.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2006.
- TANENBAUM, Andrew S., *Redes de Computadores*. Campus, 5ª ed., RJ, 1997.
- VINT (Org.). *Virtual InterNetwork Testbed*. Disponível em: <<http://www.isi.edu/nsnam/vint/>>. Acesso em: 07 maio 2006.
- ZHENG, Bing, ATIQUZZAMAN, Mohammed. *Traffic Management of Multimedia over ATM Networks*. IEEE Communications Magazine, S.L., Janeiro/1999, p.33-38.
- ZIEGLER, T.; FDIDA, S.. *A Distributed Mechanism for Identification and Discrimination of Non-TCP-friendly Flows in the Internet*. Lecture Notes In Computer Science, Verlag, p. 763-775. 1999.