

# **RESERVATION MODEL BASED MULTICAST GROUP R E M B A M**

**Mauro Margalho Coutinho**

msc@mauro.margalho.nom.br

Universidade da Amazônia (UNAMA), [www.unama.br](http://www.unama.br)

Universidade Federal de Pernambuco, [www.cin.ufpe.br](http://www.cin.ufpe.br)

**Djamel Sadok**

jamel@cin.ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, [www.cin.ufpe.br](http://www.cin.ufpe.br)

**Judith Kelner**

jk@cin.ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, [www.cin.ufpe.br](http://www.cin.ufpe.br)

Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco  
Caixa Postal 7851, Cidade Universitária, Recife PE 50732-970 Brasil  
Tel: +55-81 271-8430

## **RESUMO**

Qualidade de Serviço na Internet, QoS, pode ser definida como sendo um método para diferenciação de tráfego e serviços [Fer98]. Nesse contexto nasceram diversas propostas de arquiteturas, dentre as quais destacam-se a de Serviços Integrados - IntServ [RFC1633], que admite reserva de banda para fluxos e a de Serviços Diferenciados - DiffServ [RFC2475], que se baseia em uma marcação no cabeçalho dos pacotes IP para estabelecer prioridade de encaminhamento nos roteadores. Neste artigo estaremos apresentando uma alternativa flexível e escalar voltada para a implementação de QoS em ambientes Multicast com possibilidade de convivência harmônica em ambas as arquiteturas citadas. Nossa proposta, denominada REMBAM, fundamenta-se na reserva de recursos baseada em grupos e faz uso de um mecanismo de classificação que a torna mais eficiente. Esse mecanismo divide os fluxos com requisitos de tempo real daqueles que não requerem reserva e os encaminha para a fila mais apropriada. Apresentaremos também uma análise comparativa obtida através de simulações feitas, com o Network Simulator [NS-2], entre o REMBAM e a arquitetura IntServ usando um cenário de ensino a distância.

## **ABSTRACT**

In an effort to support real-time multimedia applications in the Internet, several Quality of Service (QoS) architectures are being investigated and developed. Distance learning and Virtual Reality, among others, are some of the main test-bed applications for the Internet technology. This paper presents a model, based on QoS called REMBAM. The adopted reservation model, is different from the existing Internet resource reservation protocol, namely RSVP, in that it aggregates reservation information for an entire multicast group in order to avoid the need for registering individual reservations made by each participant. This way Internet routers will maintain the state of resources based on Multicasting Groups, instead of flows as currently used by RSVP. Furthermore, in an attempt to minimize the wasting of unused bandwidth resources reserved for a group communication, the new concept of floating reservations is adopted.

# 1 INTRODUÇÃO

Viabilizar aplicações de tempo real em redes WAN (Wide Area Network) tem sido objeto de inúmeras propostas para a IETF (Internet Engineering Task Force). Dentre outras, pode-se destacar [Xia99] a Arquitetura de Serviços Integrados, a Arquitetura de Serviços Diferenciados, MPLS, Roteamento com QoS e Engenharia de Tráfego. Todas elas convergem para o que vem sendo tratado, genericamente, por Qualidade de Serviço. QoS pode ser expressa como sendo uma combinação de exigências da rede com relação a quatro itens [Hus98]: **atraso**, que é o tempo decorrido para um pacote ser passado de um transmissor, através da rede, para um cliente, **jiter**, que é a variação de atraso em uma transmissão fim-a-fim, **largura de banda**, que é a taxa máxima de transferência que pode ser sustentada entre dois pontos finais e **integridade**, que diz respeito a entrega dos pacotes para o cliente na mesma ordem em que foram despachados pelo transmissor. Uma rede que suporte QoS deve prover mecanismos para diferenciação de tráfego, priorizando certos pacotes ou fluxos em detrimento a outros. O cerne da questão é que certas aplicações, como videoconferência e telemedicina, são mais susceptíveis a esses parâmetros do que outras, como correio eletrônico e transferência de arquivos.

A Internet2 [I2], que é um projeto desenvolvido pelaUCAID (University Corporation for Advanced Internet Development), tem se tornado palco de diversos experimentos tanto de QoS quanto de tráfego *Multicast*. A fusão destes experimentos pode vir a revolucionar diversos segmentos que hoje carecem de suporte adequado como é o caso de ensino a distância.

Neste trabalho, apresentaremos uma proposta escalar de reserva de recursos direcionada a aplicações Multicast. As seções 2 e 3 resumem duas das principais arquiteturas de qualidade de serviço referenciadas na literatura atual: Serviços Integrados e Serviços Diferenciados. A seção 4 especifica a proposta REMBAM e seus mecanismos, assim como apresenta uma avaliação de desempenho feita com o [NS-2]. A seção 5 apresenta as conclusões dos autores.

## 2 SOLUÇÃO INTSERV - RSVP

Na Arquitetura de Serviços Integrados, destaca-se um protocolo chamado RSVP (Resource ReSerVation Protocol) [RFC2205] que se propõe a dar suporte tanto a aplicações Unicast como *Multicast*. O RSVP é o projeto de um modelo baseado no cliente, o qual é responsável pela escolha do seu próprio nível de reserva de recursos, iniciando a reserva e a mantendo ativa tanto tempo quanto precise. De certa forma, esta é uma solução distribuída para o problema de reserva de recursos. Ela permite que clientes heterogêneos façam reservas especificamente de acordo com suas necessidades.

Os componentes do RSVP são, basicamente, transmissores, clientes e os *hosts* e roteadores entre eles. O transmissor permite que o cliente saiba quais dados serão enviados e quais requisitos de QoS eles necessitam. O cliente, por sua vez, envia um aviso, usando sinalização, para que os *hosts* ou roteadores se preparem para receber os dados. Para garantir a reserva, os *hosts* e roteadores afetados se comprometem em prover esses recursos. Se um dos roteadores não é capaz de provê-los ou os recursos não estão disponíveis naquele momento, o *host* ou roteador pode recusar a reserva. A aplicação é notificada imediatamente de que a rede não pode suportá-la, evitando assim perda de tempo e dinheiro em tentativa e erro uma vez que os recursos da rede não serão consumidos caso a reserva não se concretize.

Quando um segmento torna-se comum, em uma árvore *Multicast*, apenas uma reserva é mantida com base nas requisições feitas aos transmissores por todos os clientes. Com isso, nesses pontos comuns, a transmissão sofre um processo de *merge*, evitando reservas redundantes.

O processo de negociação entre o transmissor e o cliente mostra como as reservas são estabelecidas nos diversos segmentos ao longo da sub-rede [RSVP98]:

- a) um transmissor inicia uma reserva *RSVP* com uma mensagem sobre caminho para um ou mais clientes. A mensagem chamada *path* especifica também as características do tráfego;
- b) Cada roteador intermediário, ao longo do caminho, passa adiante a mensagem *path* de acordo com o que foi determinado pelo protocolo de roteamento;
- c) uma aplicação, no cliente, recebe a mensagem *path* e responde com uma mensagem chamada *resv*, que requisita recursos para o fluxo;
- d) o cliente envia uma mensagem de reserva *resv* para roteadores ao longo do caminho;
- e) os roteadores checam a mensagem *resv* e, se todas as condições forem satisfeitas, reservam os recursos;
- f) uma aplicação no transmissor recebe uma mensagem de reserva estabelecida;
- g) o transmissor inicia o envio dos pacotes de dados.

O controle das reservas é mantido com base em informações do IP fonte, IP destino, Porta fonte, Porta destino e recursos desejados, mantidos em tabelas ancoradas em todos os *hosts* e roteadores ao longo do caminho. Como cada usuário pode usar vários fluxos simultaneamente e cada fluxo requer uma nova entrada nessas tabelas, o modelo não é considerado escalar. Além disso, o gerenciamento de tabelas muito grandes pode gerar sobrecarga significativa.

### 3 SOLUÇÃO DIFFSERV

Na proposta de serviços Diferenciados, os pacotes IP são marcados com diferentes prioridades pelo usuário ou pelo Provedor de Serviços Internet (ISP). De acordo com as diferentes prioridades das classes, os roteadores reservam o compartilhamento de recursos necessários (em particular largura de banda). Esta concepção habilita um provedor de serviços a oferecer diferentes classes de QoS por diferentes custos para seus usuários.

Para a marcação dos pacotes o chamado DS byte (byte de Serviços Diferenciados) é usado no cabeçalho de cada pacote IP. No IPv4 há um mapeamento do octeto Type of Service (ToS) e no IPv6 do Traffic Class (TC). Seis bits desse byte, chamados Codepoint, são combinados para definir o comportamento do pacote por salto ou PHB (Per Hop Behavior) que é analisado em cada roteador no despacho do pacote. Os outros dois bits foram preservados para uso em futuras propostas. São os chamados CU (Current Unused). [Fen99]

Duas propostas de serviços de encaminhamento nos roteadores merecem destaque. São elas: Serviço Assegurado ou AF (Assured Forwarding) e Serviço Expresso ou EF (Expedited Forwarding), também conhecido como serviço Premium.

A princípio o serviço Premium [RFC2598] poderia ser usado para transportar fluxos *multicast* conforme proposta apresentada em [Bless99] que também sugere um modelo para resolver o problema do uso indevido de privilégios que cabem a outros membros do grupo. A questão em se usar *multicast* com diffserv reside no fato de esta arquitetura requerer um provisionamento eficiente na rede. Caso contrário, as replicações geradas pela junção de novos membros em diferentes árvores *multicast* poderão implicar em resultados não desejados que afetem outros níveis de QoS.

## 4 SOLUÇÃO REMBAM

### 4.1 MOTIVAÇÃO

A motivação básica para apresentarmos uma proposta alternativa de qualidade de serviço voltada para grupos *Multicast* surgiu a partir da constatação de que os atuais mecanismos que oferecem suporte a esse tipo de transmissão têm sérios problemas, seja de escalabilidade, seja de garantia. Isso os torna vulneráveis em redes de computadores de abrangência mundial (WANs), como é o caso da Internet. A solução ora apresentada busca reduzir, substancialmente, o impacto causado pelo crescimento do número de participantes nesse tipo de transmissão. Além disso, há uma preocupação em maximizar o uso das reservas de forma inteligente fazendo com que apenas os fluxos que possuem pré-requisito de tempo real façam uso das mesmas.

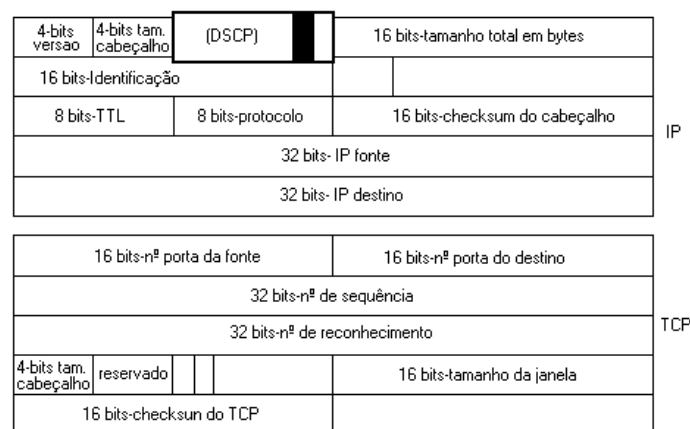
### 4.2 RESERVAS

O processo de reserva de recursos REMBAM se inicia com uma sinalização tipo *handshake* iniciada pelo transmissor.

Tal qual ocorre com RSVP, os nós ao longo do caminho são consultados sobre suas disponibilidades em prover as reservas anunciadas. As reservas REMBAM também são mantidas em tabelas nos roteadores e *hosts* ao longo do caminho, entretanto, ao invés de manterem um controle baseado em fluxos, o fazem com base no endereço *multicast* (Classe D) [Tan96] do grupo. Com isso, se mil fluxos estiverem sendo enviados para um mesmo grupo, apenas uma linha de controle será mantida contendo IP fonte, IP *multicast* e a reserva requerida. Já no RSVP seriam necessárias mil entradas na tabela, uma para cada fluxo. Manter o modelo escalar foi um dos principais objetivos da proposta.

### 4.3 MARCAÇÃO DOS PACOTES

O fato de se manter reserva para o grupo, por si só, não torna eficiente o modelo, uma vez que diversos fluxos que não requererem reserva, como por exemplo os de correio eletrônico e FTP, acabariam por usá-la desnecessariamente. Para evitar isso, a proposta REMBAM adota uma marcação realizada nos nós de borda identificando os pacotes provenientes de fluxos de tempo-real. Essa marcação ocorre no cabeçalho dos pacotes IP, mais especificamente no sétimo bit do *DS-FIELD* (Fig. 1).



**Fig. 1** - Marcação REMBAM

O assinalamento desse bit para 1 indica a presença de um pacote de fluxo que requer reserva.

#### 4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS PACOTES

O mecanismo de classificação REMBAM considera, basicamente, dois parâmetros para encaminhar o pacote para uma fila com privilégio:

- a) a presença do par IP fonte e IP multicast, trazidos pelo pacote, na tabela de reserva mantida nos roteadores e;
- b) a marcação do bit de tempo-real para o valor 1.

Satisfeitos ambos os requisitos, o fluxo passa a ter garantia ao longo do caminho. O processo descrito nas seções anteriores pode ser visualizado através de uma animação gráfica disponibilizada para *download* em <http://www.mauro.margalho.nom.br/artigos/rembam.exe>

#### 4.5 ESCALONAMENTO

O escalonamento de pacotes pode ser feito com base em uma política de filas que assegure um uso eficiente dos *buffers*, evitando *starvation*, como por exemplo, WFQ (Weighted Fair Queueing) [Fer98].

#### 4.6 CONTROLE DE ADMISSÃO

No processo de negociação de reserva o transmissor informa, através de sinalização, os requisitos de QoS que deseja para o grupo. Esses requisitos são a referência para o controle de admissão aceitar ou não novas reservas.

Deve-se considerar que, mesmo subutilizando a reserva solicitada em determinado momento, é importante garantir ao grupo a condição retomada dos níveis acordados anteriormente.

Alguns Domínios usam como política a restrição de reservas a um certo percentual em seus backbones. Neste caso, poder-se-ia usar o critério abaixo para admissão de novos fluxos:

Se  $reserva\_solicitada < (\text{percentual disponível para reservas} - \Sigma \text{reservas\_já\_concedidas})$

Então

Admitir o fluxo

Senão

Rejeitar o fluxo

#### 4.7 RESERVA FLUTUANTE

Os mecanismos utilizados pela proposta REMBAM acabam por gerar uma reserva flutuante, onde os níveis oscilam entre zero e o limite acertado na negociação inicial. Quando o uso da reserva encontra-se abaixo do solicitado, o tráfego de melhor esforço, automaticamente, ocupa esse espaço.

Outra reserva, entretanto, não pode fazer uso dele, uma vez que a qualquer momento o grupo pode aumentar novamente os níveis de uso.

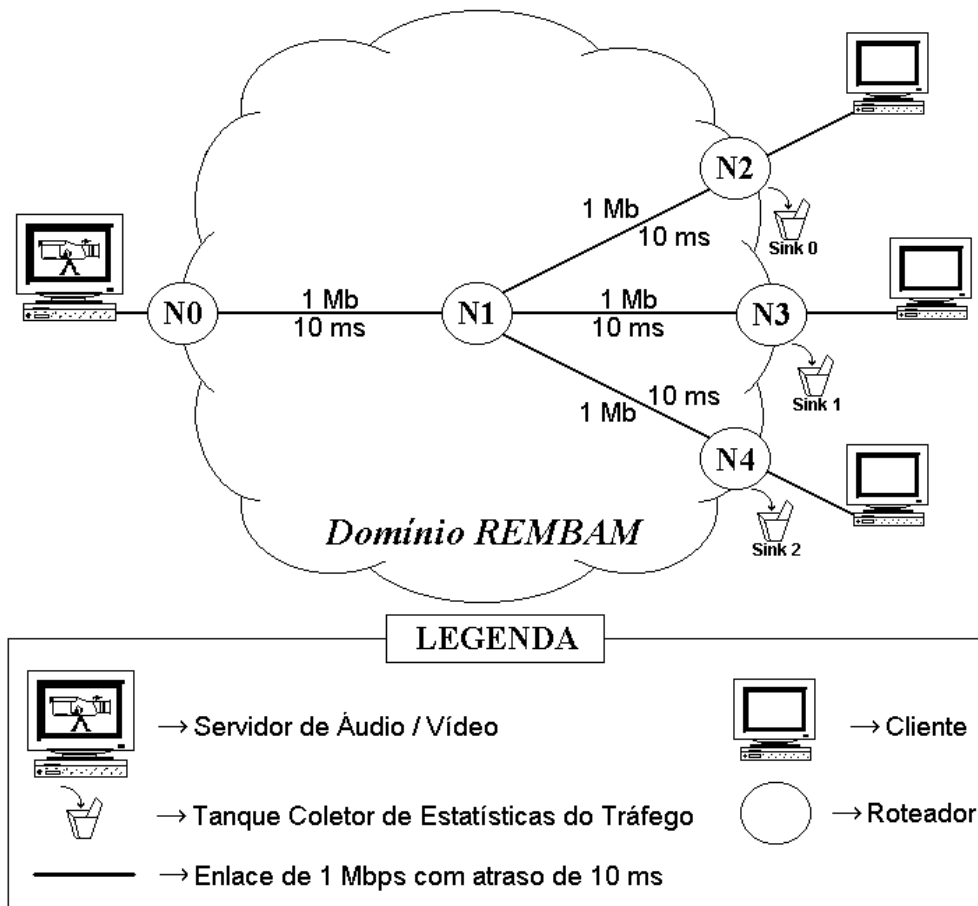
O tráfego de melhor esforço é bem vindo desde que sua ocupação seja vinculada a condição de ceder espaço tão logo seja requerido pelo grupo proprietário da reserva.

## 4.8 RESERVA BIDIRECIONAL

Algumas aplicações que requerem reserva bidirecional, como por exemplo educação a distância, podem fazer uso de uma extensão do modelo REMBAM que forneça suporte a este tipo de reserva. Os mecanismos básicos dessa extensão são semelhantes aos descritos em [Boom99].

## 4.9 SIMULANDO O REMBAM COM O NETWORK SIMULATOR

A topologia utilizada é composta de 5 nós (n0, ..., n4) com links de 1Mb e atraso de 10ms conforme mostra a Fig. 2.

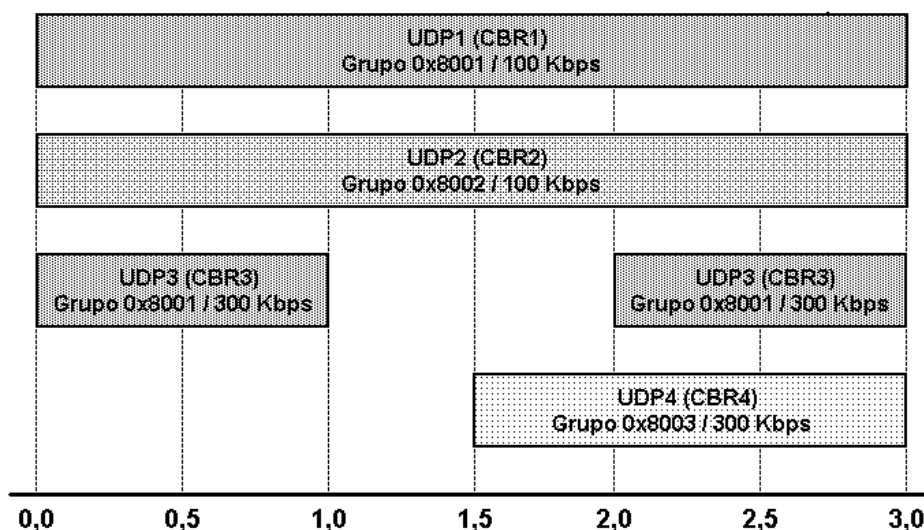


**Fig. 2** - Topologia utilizada na simulação

O tráfego utilizado pelos grupos com reserva procura refletir um cenário de ensino a distância onde vídeo e áudio são bastante explorados. Na faixa de Melhor Esforço (fluxos BE) utilizou-se TCP e UDP. Já na área de reserva apenas UDP foi utilizado uma vez que é o protocolo mais indicado para esse tipo de tráfego.

Também utilizou-se uma restrição do administrador que delimita uma faixa do link para ser usada por reservas. Tal parâmetro foi configurado para 50%.

A Fig. 3 mostra os três grupos (0x8001, 0x8002 e 0x8003) e quatro fluxos (CBR1, CBR2, CBR3 e CBR4) usados na simulação e os respectivos momentos de início e interrupção de cada um.



**Fig. 3** - Momento de início e término de cada fluxo

A Fig. 3 apresenta três grupos com reserva. Um deles (0x8001) composto por dois fluxos sendo o primeiro de 100kbps e o segundo de 300kbps. A particularidade neste grupo é que o segundo fluxo do grupo (300kbps) é descontinuado no momento 1,0 e volta a ser transmitido no momento 2,0. Nesse ínterim a utilização da banda, que era de 500kbps (máximo permitido pelo administrador para reservas) cai para 200kbps. No momento 1,5 um novo grupo (0x8003) requisita reserva ao controle de admissão. O comportamento do controle de admissão é um dos itens avaliados na simulação.

Pode-se observar no gráfico da Fig. 4 que no modelo IntServ, como o controle é feito por fluxos, o terceiro grupo (0x8003) consegue ser admitido no momento 1,5. Entretanto, isso impossibilita que qualquer outro fluxo, inclusive do grupo que já obteve reserva (0x8001), venha a ser aceito com reserva, uma vez que o limite imposto pelo administrados (500kbps) foi totalmente preenchido.

O gráfico abaixo mostra, que, ao baixar o uso da banda, um grupo corre o risco de não conseguir retomá-lo novamente, mesmo tendo feito reserva para isso.

Como no momento 1,5 havia recursos para aceitar o pedido de reserva do grupo 0x8003, o controle de admissão permitiu a entrada desse grupo sem se preocupar se isso iria implicar falta de banda reservada para outro grupo que já tivesse sido admitido. Como consequência da admissão do grupo 0x8003 todos os demais fluxos do grupo 0x8001 que requeressem reserva seriam rejeitados.

Já na solução REMBAM, é feita uma verificação nas reservas requeridas pelos diversos grupos. As solicitações iniciais foram as seguintes:

```
ADC/MS set resv8x001_ 400000; #reserva em bytes para o grupo1
ADC/MS set resv8x002_ 100000; #reserva em bytes para o grupo2
ADC/MS set resv8x003_ 200000; #reserva em bytes para o grupo3
```

Isso garante que um novo grupo só poderá ser admitido caso não venha a comprometer as reservas já concedidas.

## Reservas IntServ / BE

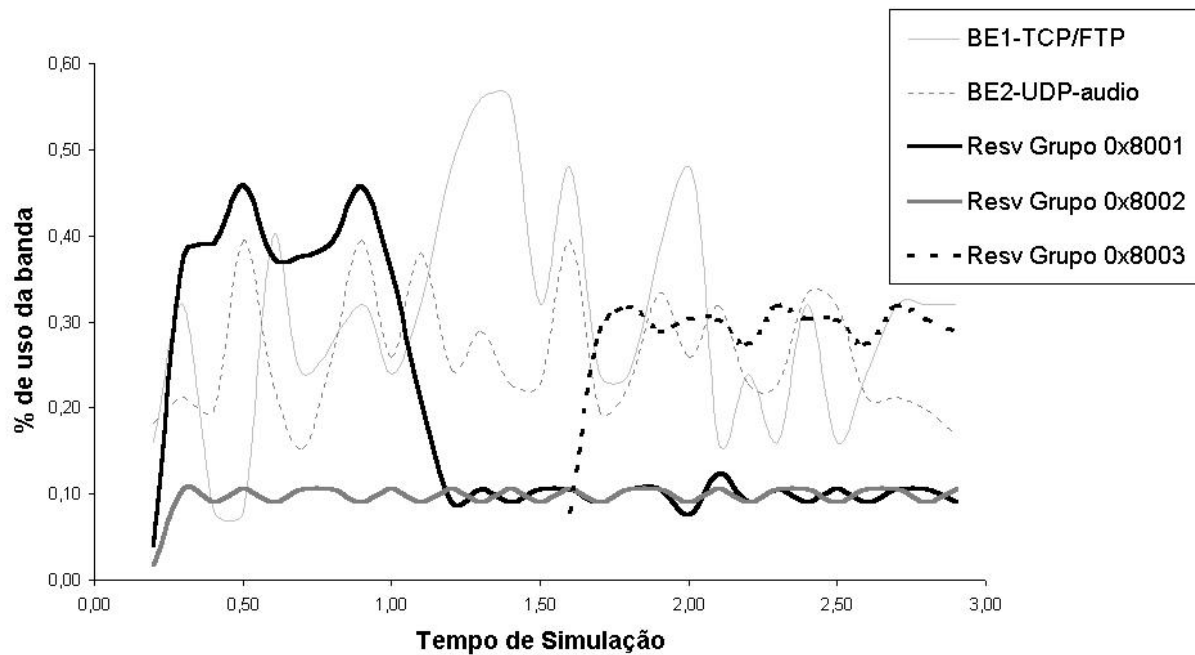


Fig. 4 - Reservas IntServ

Na situação anterior, portanto, a solicitação de reserva do grupo 0x8003 seria rejeitada uma vez que comprometeria as do grupo 0x8001. Esta situação pode ser observada no gráfico da Fig. 5, onde o grupo 0x8001 consegue flutuar sua reserva sem correr o risco de não retomá-la como ocorreu quando a reserva foi feita por fluxo.

## Reservas REMBAM / BE

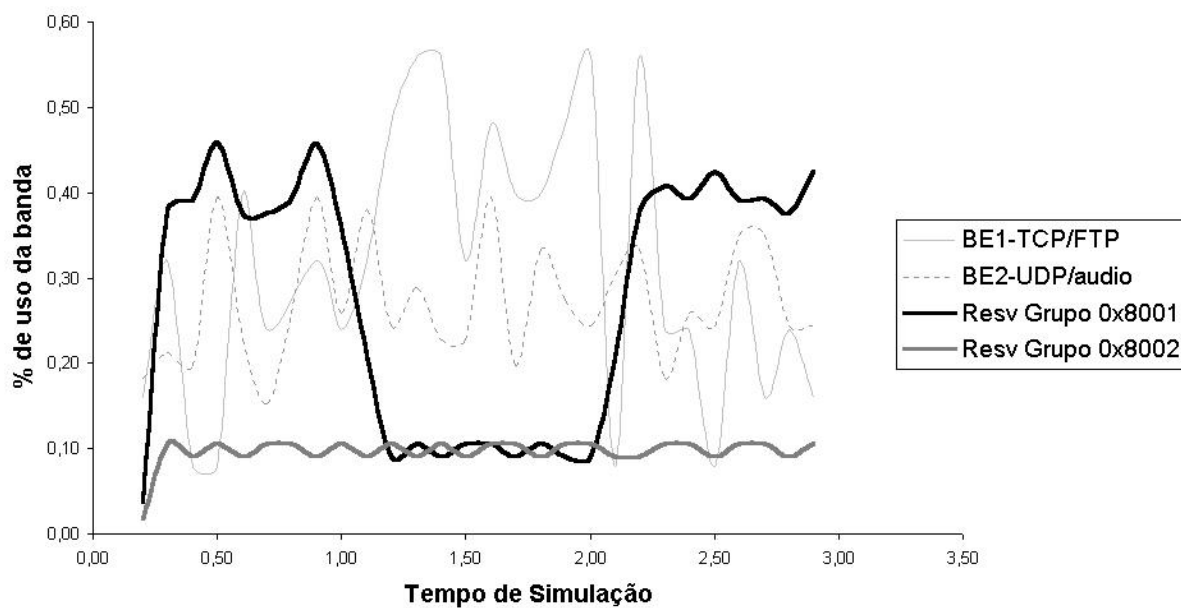


Fig. 5 - Reservas REMBAM

Os *patches* necessários à reprodução do experimento REMBAM no NS podem ser obtidos em <http://www.mauro.margalho.nom.br>.

## 5 CONCLUSÃO

Tão importante quanto conceder reservas é manter as suas garantias de utilização. Um dos pontos vantajosos da proposta REMBAM é justamente a manutenção dessa garantia. Outro fator de fundamental importância é a escalabilidade, uma vez que poucas referências serão mantidas nas tabelas dos *hosts* e roteadores da rede. Em um cenário de ensino a distância, dentre outros, o modelo pode trazer inúmeras vantagens em relação aos demais como mostrado na simulação feita com o NS. Acreditamos que esta contribuição pode vir a ser otimizada com trabalhos futuros, tornando a perspectiva de uso de Multicast com QoS mais próxima da realidade.

## 6 REFERÊNCIAS

[Alis99]	Croll, A.; Packman, E.; "Managing Bandwidth - Deploying QoS in Enterprise Networks", Prentice Hall, ISBN: 0-13-011391-3, <a href="http://www.phptr.com">http://www.phptr.com</a> , 1999
[Bles99]	Bless, R.; Wehrle, K.; "IP Multicast in Differentiated Services Networks"; September 1999, <a href="http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-bless-diffserv-multicast-00.txt">http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-bless-diffserv-multicast-00.txt</a>
[Boom99]	Ahlard, D.; Bergkvist, J.; Cselenyi, I.; Engborg, T.; "Boomerang - A Simple Resource Reservation Framework for IP"; 1999 <a href="http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ahlard-boomerang-framework-00.txt">http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ahlard-boomerang-framework-00.txt</a>
[Fen99]	Feng, Wu-chang; "Improving Internet Congestion Control and Queue Management Algorithms"; Dissertation of PHD in the University of Michigan, 1999.
[Fer98]	Ferguson, P.; Huston, G.; "Quality of Service - Delivering QoS on the Internet and in Corporate Networks", Wiley Computer Publishing, ISBN: 0-471-24358-2, 1998.
[Hus98]	Ferguson, P.; Huston, G.; "Quality of Service in the Internet: Fact, Fiction or Compromise?"; July 1998, presented at INET'98, Geneva, Switzerland.
[I2]	UCAID, Internet2 Project, <a href="http://www.internet2.edu">http://www.internet2.edu</a>
[NS-2]	Fall, K.; Varan, dhaK.; "ns Notes and Documentation", April 1998, " <a href="http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns">http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns</a> "
[RFC1633]	Braden, R.; Clark, D.; Shenker, S.; "Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview", RFC 1633, June 1994
[RFC2205]	Braden, R.; Zhang, L.; Berson, S.; Herzog, S.; Jamin, S.; "Resource Reservation Protocol", RCF 2205, September 1997
[RFC2475]	Blake, S.; Black, D.; Carlson, M.; Davies, E.; Wang, Z.; Weiss, W.; "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, December 1998
[RFC2598]	Jacobson, V.; Nichols, K.; Poduri, K.; "An Expedited Forwarding PHB", RFC 2598, June 1999.
[RSVP98]	Nortel Micom; "RSVP Ressource Reservation Protocol"; <a href="http://www.micom.com/WhitePapers/rsvp">www.micom.com/WhitePapers/rsvp</a> ; January 1998
[Tan96]	Tanenbaum, Andrew S.; "Computer Networks", Third Edition, Prentice Hall, ISBN: 0-13-349945-6, 1996
[Xia99]	Xiao, X.; Ni, L.M.; "Internet QoS: A Big Picture, IEEE Network, Março/Abril 1999