

Canal de Retorno para TV Digital com Interatividade Condicionada por Mecanismo de Sinalização Contínua e Provisionamento de Banda Orientado a QoS

M. Margalho, R. Francês e J. C. W. A. Costa

Resumo- Em regiões com pouca infra-estrutura de telecomunicações, a escassez de tecnologias de acesso na última milha acaba gerando altos níveis de exclusão tecnológica (*digital divide*). Isso compromete metas governamentais de inclusão digital e isola, tecnologicamente, grande parte da população. A investigação de tecnologias alternativas de acesso nesses cenários pode viabilizar o uso de sistemas emergentes, como o de TV Digital, como instrumento no processo de inclusão tecnológica. Este artigo propõe o uso de um *framework* flexível, capaz de viabilizar o processo interativo através de um mecanismo distribuído de interatividade. Como estudo de caso, será apresentando um experimento focado nas populações ribeirinhas da Amazônia, que, mesmo em condições mínimas de infra-estrutura, mantêm, em suas residências, um aparelho receptor de TV alimentado por baterias recarregáveis. Para consolidar o experimento, utilizou-se uma aplicação de governo eletrônico (*e-gov*) com informações pertinentes ao processo de vacinação infantil.

Palavras-chave—Inclusão Digital, Interatividade, Redes sem Fio, TV Digital.

I. INTRODUÇÃO

A Televisão (TV) já pode ser considerada um bem público de interesse geral da sociedade, principalmente em países subdesenvolvidos ou em processo de desenvolvimento. No Brasil, por exemplo, são mais de 65 milhões de aparelhos receptores, presentes em 90% dos lares. Desse montante, cerca de 80% recebem apenas o sinal da TV aberta [15]. Esse dado acabou por chamar a atenção do governo federal para o possível uso do aparelho receptor de TV como instrumento no processo de inclusão digital.

Trata-se de veículo que atinge a totalidade das classes sociais em todas as regiões do país.

Na Amazônia, por exemplo, é comum a presença de um receptor de TV, mesmo em vilarejos remotos, tanto na área

O suporte de financiamento para este projeto foi obtido com recursos do CNPq e SECTAM.

Mauro Margalho Coutinho é professor Dr. titular da Universidade da Amazônia. CCET. Av. Alcindo Cacela, 287 CEP: 66060-902, Belém, PA, Brasil (e-mail: margalho@unama.br).

Carlos Renato Francês e João Crisóstomo Weyl são professores Drs. da Universidade Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa nº 1 Caixa Postal: 8619, CEP: 66075-900, Belém, PA, Brasil. (e-mail: rfrances,jweyl@ufpa.br).

rural quanto às margens dos milhares de afluentes do rio Amazonas. Mesmo desprovidos de qualquer infra-estrutura, os moradores desses vilarejos não abrem mão desse recurso de entretenimento, chegando a se deslocar por vários quilômetros em busca de postos de recarga para a manutenção das baterias de seus televisores. Nesse contexto, há de se ponderar a hipótese de que soluções para TV Digital (TVD) interativa sejam heterogêneas e aplicadas de acordo com as especificidades de cada região. A adoção de um padrão inflexível pode causar altos níveis de exclusão tecnológica na população mais pobre. O termo original “digital divide” (exclusão tecnológica) surgiu em 1990 para descrever o crescimento da lacuna entre aqueles que têm acesso às tecnologias de comunicação e informação e os que, por motivos socioeconômicos ou razões geográficas, não o têm [21]. Já o termo inclusão digital se refere ao domínio de habilidades básicas para o uso de computadores e da Internet e também à capacitação para utilização dessas mídias, em favor dos interesses e necessidades individuais e comunitários, com responsabilidade e senso de cidadania [3] [17].

Este artigo propõe e avalia o desempenho de um modelo de rede interativa capaz de se adequar às limitações tecnológicas do usuário.

II. TV DIGITAL INTERATIVA

A busca por soluções que atendam aos anseios da maioria dos usuários tem levado diferentes países a adotarem diferentes sistemas de TVD.

Nos Estados Unidos, priorizou-se a qualidade da imagem e do som com a adoção do padrão ATSC (*Advanced Television Systems Committee*). No Japão, o requisito mais importante foi a mobilidade e o padrão adotado foi o ISDB (*Integrated Services Digital Broadcast*). Já na Europa o cerne das atenções ficou com a interatividade, explorada pela plataforma MHP (*Multimedia Home Platform*) do sistema DVB (*Digital Video BroadCasting*) [16].

No Brasil, diversos estudos foram realizados para se definir o padrão mais adequado à realidade do país. Patrocinador desse processo, o governo federal incentivou a criação de grupos nas comunidades acadêmicas e técnica, envolvendo um total de 79 instituições de pesquisa, com vistas

à definição e testes de um padrão baseado em ampla discussão com a sociedade [15]. A definição foi oficializada em junho de 2006 e adotou como base o padrão ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial), incorporando as inovações tecnológicas aprovadas por um Comitê de Desenvolvimento [8].

A. Canal de Retorno

A perspectiva de retroalimentação em programas televisivos muda consideravelmente as características da relação entre o telespectador e as emissoras de TV na forma em que a conhecemos [18]. O modelo tradicional, caracterizado pelo formato unidirecional, cede lugar a um modelo interativo, capaz de promover a inclusão digital do usuário através de uma gama de novos serviços, entre os quais, o comércio eletrônico, o governo eletrônico, a educação à distância e os jogos interativos [9].

Todavia, por uma questão de justiça social, faz-se necessário que as oportunidades sejam garantidas a todos. Toma-se como exemplo as comunidades rurais e ribeirinhas da Amazônia. Muitas delas não têm energia elétrica ou linha telefônica, e o saneamento básico, quando existe, é precário. O perfil dessas comunidades não atrai as operadoras de telefonia fixa nem tampouco de telefonia móvel em função do alto custo da instalação e manutenção dos equipamentos e da falta de perspectivas na obtenção de retorno do investimento com o serviço oferecido. Usar a própria faixa do espectro de TVD é uma opção, mas implica acomodar a demanda dentro de um espectro de frequência já congestionado [5].

O modelo de proposto na seção III oferece uma série de alternativas que viabilizam os serviços interativos de TVD, mesmo em situações adversas.

III. FRAMEWORK CARIMBÓ

Disponibilizar um modelo que viabilize aplicações interativas implica uma carga de responsabilidade social muito grande. Isso porque a falta de planejamento pode acarretar altos níveis de exclusão tecnológica. As oportunidades precisam chegar a todos, o que só pode ser garantido com mecanismos de proteção para os subsistemas menos favorecidos.

A busca por um modelo que garanta essa relação de forma mais equilibrada levou à concepção de um *framework* chamado CARIMBÓ (acrônimo de Canal de Retorno com Interatividade Condicionada por Mecanismo de Sinalização Contínua e Provisionamento de Banda Orientado a QoS). A estrutura desse modelo, ilustrado na Fig. 1, prioriza a interatividade distribuída e provê um mecanismo de admissão confiável na rede interativa, viabilizando o uso de aplicações com restrições de QoS em larga escala. São componentes do *framework* CARIMBÓ os itens adiante descritos:

A. Provedor de TVD

Cabe ao Provedor de TV Digital (PTVD) a geração de toda a programação que será distribuída aos usuários em forma de difusão. Uma vez que a grade de informações sobre a

programação a ser transmitida será enviada através de um sistema de *datacasting*, conhecido como carrossel de dados [9], propõe-se que seja adicionado a esses dados um conjunto de requisitos de interatividade associados à programação corrente. Esses requisitos devem ser especificados pelo PTVD na forma de restrições de QoS (sensibilidade a atraso, largura de banda, *jitter*, probabilidade de bloqueio etc.). Os resultados obtidos, em conformidade com os padrões mínimos de QoS fornecidos pelo PTVD, habilitam o usuário a participar da programação interativa corrente. Esses valores formam a base de um sistema de admissão confiável, no qual o PTVD poderá mapear a relação de possíveis e/ou pretensos participantes e, a partir daí, provisionar recursos para atender à demanda esperada.

B. Terminal Interativo

O Terminal Interativo (TI) compreende a parte do sistema localizada na residência do usuário. Na fase de transição entre os sistemas analógico e digital, o terminal interativo será representado por um equipamento conhecido como *set-top-box*. As principais funções do *set-top-box* são a decodificação, a descompressão e a conversão do sinal, o que permitirá o aproveitamento do parque de televisores em uso no país durante a fase inicial de migração dos sistemas. Todavia, como se trata de um equipamento com processador e memória [15], alguns serviços adicionais podem vir a ser agregados.

Uma das propostas do *framework* CARIMBÓ consiste em adaptar um módulo ao *firmware* do *set-top-box* chamado Seletor de Infra-estrutura de Mídia (SIM). Esse módulo será responsável pela realização periódica de testes de desempenho com o canal de retorno. O resultado desses testes refletirá as condições do canal de retorno em termos de requisitos de QoS. Tais dados serão usados no processo comparativo com os requisitos mínimos de interatividade enviados pelo PTVD através do sistema de carrossel de dados. Sob esse prisma, o modelo atua realmente como um mecanismo de admissão, permitindo apenas a adição daqueles usuários em condições técnicas de participação do processo interativo. Além disso, torna-se possível disponibilizar recursos de suporte para o uso de ferramentas administrativas que mapeiem o público-alvo interativo.

C. Provedor de Canal de Retorno

Como uma das grandes metas é conceber um modelo de interatividade que crie oportunidades, mesmo para as classes sociais menos favorecidas, propõe-se no *framework* CARIMBÓ a aproximação do usuário através dos Provedores de Canal de Retorno (PCR). Um PCR atua dentro da região do usuário e, portanto, opera com recursos condizentes com a infra-estrutura local e com os requisitos e necessidades de seus clientes. Dessa forma, diversos PCR podem coexistir.

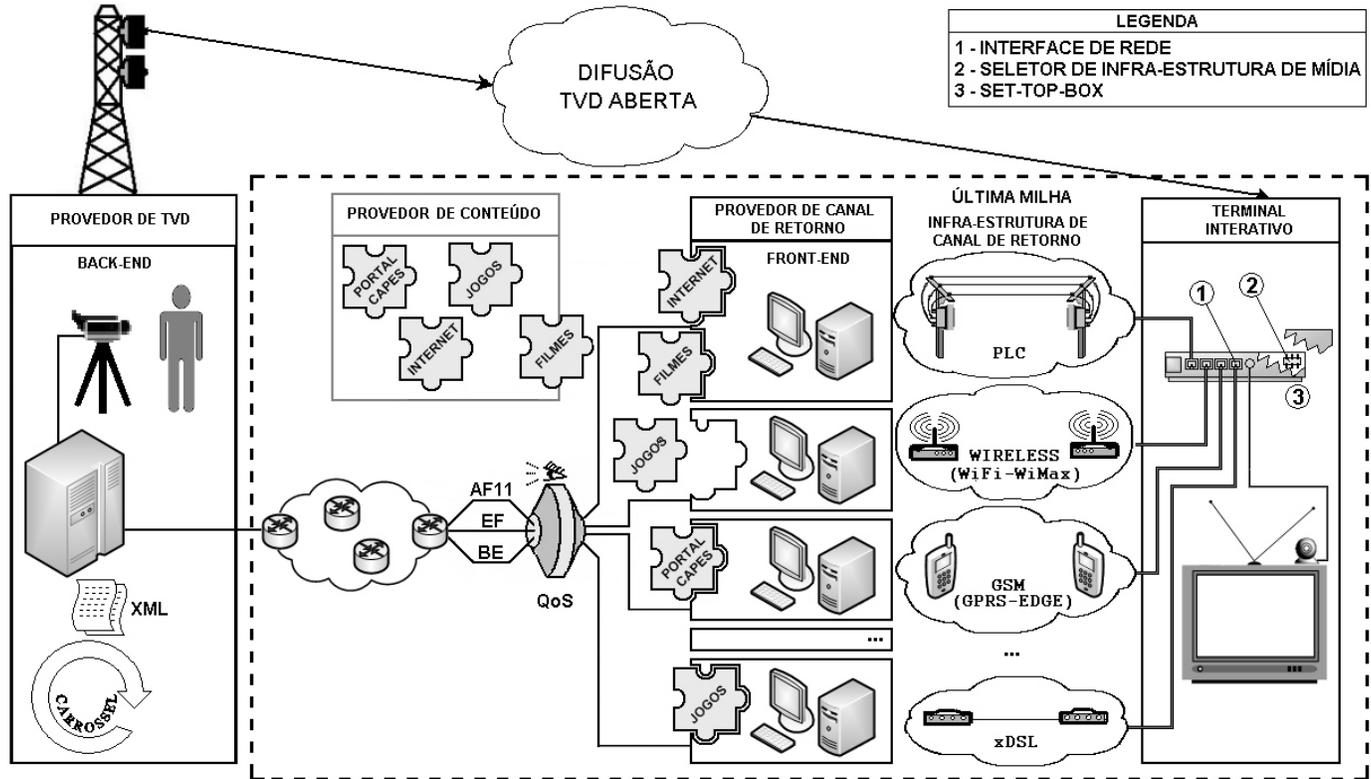


Fig. 1. Framework CARIMBÓ

em uma mesma área, focando, porém, públicos diferenciados. Isso permite que diferentes arranjos (*bouquet* de serviços interativos) sejam ofertados. Sob a responsabilidade do PCR estará a operacionalização da tecnologia de acesso a ser usada na última milha para o canal de retorno.

Sendo assim, usuários interessados em jogos interativos na TVD irão se associar a provedores que ofereçam tais serviços em seu *bouquet* e que deverão garantir tecnologias em conformidade com os requisitos das aplicações que provêm. Em regiões que não ofereçam perspectiva de retorno financeiro, caberá ao governo a iniciativa pelo provimento do *bouquet* de serviços básicos. Nesse caso, soluções de baixo custo e sem tarifação periódica devem ser buscadas. O uso de tecnologias emergentes, como as IEEE802.16 e IEEE802.11, tende a ser bastante promissor na última milha do canal de retorno. Um estudo de caso, apresentado na seção IV, será objeto de pesquisa utilizando-se redes *Wireless Local Area Network* (WLAN) na última milha em função do baixo custo.

D. Provedor de Conteúdo (PC)

No *framework* CARIMBÓ, parte dos serviços oferecidos pelos PCRs é resultado de uma composição de serviços especializados proporcionados pelos chamados Provedores de Conteúdo (PC). Diferentes PCRs poderão oferecer serviços em comum contratados a partir de um mesmo PC, bastando, para isso, que a tecnologia de acesso adotada suporte os requisitos impostos pelas aplicações. Os PCs, portanto, são concebidos com fins específicos. Sendo assim, pesquisadores provavelmente se associariam a um PCR que disponibilizasse acesso aos periódicos eletrônicos da IEEE, adolescentes

buscariam um PCR que oferecesse jogos interativos e assim por diante. Como diversos serviços de conteúdo podem ser agregados em um PCR, o usuário fará uso daquele com melhor custo-benefício.

E. Provisionamento de Recursos

Tão importante quanto prover o canal de retorno no sistema de TVD é provisionar recursos para viabilizá-lo. Propõe-se no *framework* CARIMBÓ o uso de um mecanismo de serviços diferenciados [7] para garantir prioridade de tráfego entre os PCR e o PTVD, com base em perfis de aplicações interativas sensíveis a atraso, *jitter*, recursos de banda e probabilidade de bloqueio [14].

IV. ESTUDO DE CASO

Um cenário bastante comum na região amazônica é representado pelas populações ribeirinhas e rurais. Muitas dessas comunidades se fixam em áreas cobertas pelo sinal de TV aberta e têm, nessa mídia, o único elo audiovisual com o mundo exterior. O acesso à escola é precário e os serviços médicos básicos só chegam quando há iniciativa do governo. Focando nesse cenário, foram realizados experimentos, descritos na sessão A, com base no uso do *framework* CARIMBÓ.

A. Aplicação

Para realizar o teste de desempenho que envolvesse a proposta de flexibilidade apresentada no *framework* CARIMBÓ, considerou-se uma aplicação hipotética de governo eletrônico (*e-gov*) caracterizada como G2C

(*Government to Consumer*), com o objetivo de acompanhar e prover orientações essenciais sobre o processo de vacinação infantil das comunidades ribeirinhas da Amazônia. Uma vez que a plataforma Java impera entre os *middlewares* utilizados no mercado, adotou-se a solução Xlet no desenvolvimento da aplicação piloto [6]. Em um cenário de TVD interativa, alguns dos benefícios trazidos por esse serviço à população seriam:

- Informações sobre datas, locais e procedimentos acerca das campanhas públicas de vacinação promovidas pelo governo, através de unidades móveis de atendimento;

- Informações específicas sobre o histórico de vacinação de cada criança, permitindo um acompanhamento individualizado, possível através da associação entre o código de cadastramento da criança (número único contido no cartão de vacinação) e o identificador de cada *set-top-box*.

- Acompanhamento, pelos pais e pelo próprio governo, da curva de crescimento da criança, estabelecendo um parâmetro comparativo em relação ao padrão de uma criança saudável e desencadeando, quando necessário, ações no sentido de reduzir os índices de mortalidade infantil.

O modelo de interface homem/máquina (HCI) requereu a aplicação de técnicas de usabilidade [19] [10].

B. Metodologia

O objetivo do experimento foi simular o uso de um sistema interativo utilizando a aplicação de *e-gov* descrita na sessão A. A metodologia empregada compreendeu a estimativa da taxa de transmissão, requerida para a utilização do sistema (definida em 5KBps), e uma série de aferições realizadas a partir da transferência de formulários com os dados do sistema em uma rede sem fio, *outdoor*, para a obtenção de valores a serem configurados no simulador Network Simulator (NS-2) v 2.29 e testados em escala maior [20]. Os níveis de atraso foram obtidos utilizando-se o software Iperf v 2.0.2. [13]. Como a aplicação não requer altos níveis de interatividade, havendo apenas a troca de dados em operações de consulta, a largura de banda não constitui um fator de limitação.

As medições foram realizadas em uma rede de testes sem fio, *outdoor*, mantida pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (Projeto WLACA).

C. Cenário I

O cenário apresentado na Fig. 2 caracteriza um pequeno vilarejo de moradores ribeirinhos, com oito residências, conectadas ao PCR via enlace de rádio padrão IEEE 802.11b para estabelecimento do canal de retorno [12]. Nesse contexto, a interação ocorre entre os usuários e o PC {E-GOV}, mantido pelo governo.

No procedimento de aferição, duas etapas de caracterização do tráfego podem ser destacadas.

A primeira delas compõe o *download* da aplicação do PTVD para o *set-top-box* do usuário. A leitura média estimada nesse processo foi de 16 KBps. Todavia, a aplicação pode ser transferida gradativamente e sob demanda, não havendo a necessidade de manutenção de parâmetros rígidos de QoS, uma vez que o processo pode ser interrompido e reiniciado a qualquer instante sem prejuízo ao usuário.

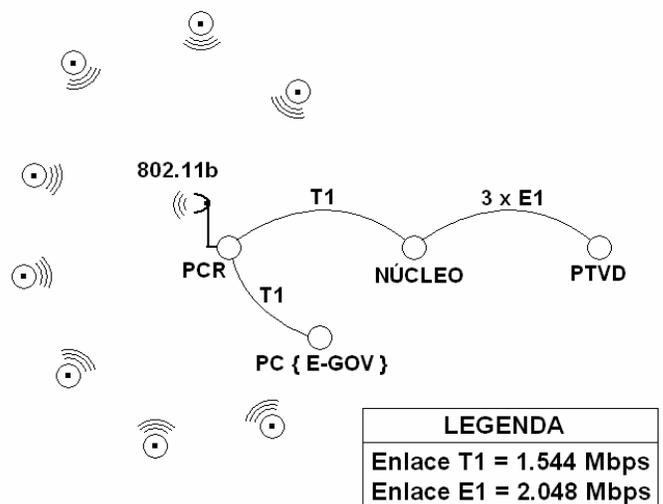


Fig. 2. Cenário

A segunda caracteriza interação com o sistema. Nesse caso, por se tratar de um sistema cliente-servidor, o tráfego na rede foi relativamente baixo, ficando a média em torno de 5 KBps ou 40 Kbps, quando utilizadas as operações de consulta. Para tornar a simulação em larga escala o mais autêntica possível, configurou-se o simulador NS-2 com os mesmos parâmetros da rede experimental WLACA. A tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados na configuração do simulador.

Tabela 1. Parametrização do Network Simulator

Descrição	Valor
Área (Flat Grid)	500x500 m ²
Número de Nós	8, 10, 20, 30, 40, 50
Ganho das Antenas	18 dBi
Padrão Adotado	IEEE 802.11b
Expoente de Perdas	2.7
Desvio Padrão	5.0
Potência de Transmissão	100 mW
Taxa de Transmissão	5 KBps
Tamanho do Pacote	224 bits

D. Resultados

Uma das preocupações no uso de uma infra-estrutura sem fio foi testar a escalabilidade do sistema. O gráfico da Fig. 3 apresenta a evolução da escalabilidade frente ao aumento do número de usuários.

O resultado apresenta uma clara tendência de queda de desempenho quando o número de usuários ultrapassa 20. Nesse caso, se o número de usuários de uma comunidade for superior, pode-se fazer uso de pontos de acesso adicionais que possuam o recurso de balanceamento de carga.

O gráfico da Fig. 4 apresenta o impacto do aumento do número de usuários no atraso fim-a-fim. Novamente, o limiar de 20 usuários se apresenta como ponto de inflexão no gráfico de desempenho.

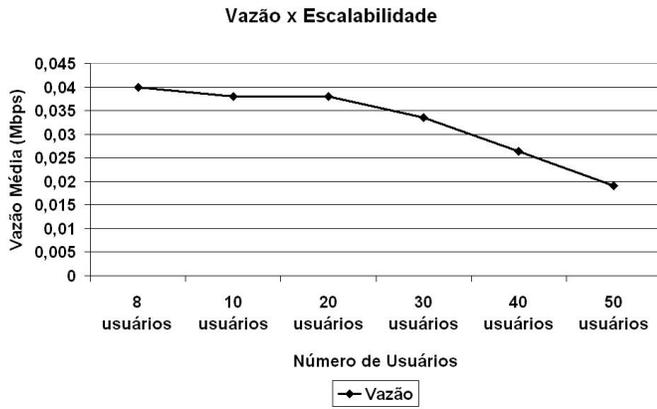


Fig. 3. Escalabilidade de uma WLAN frente à vazão

Uma grande vantagem no uso de redes sem fio em cenários como os apresentados na seção C é o baixo custo. No PCR, a estrutura de recepção pode ser montada inclusive em bases móveis (barcos, por exemplo). Além disso, sistemas conhecidos como WDS (*Wireless Distribution System*) podem aumentar consideravelmente a área de cobertura estendendo o benefício a um número maior de usuários.

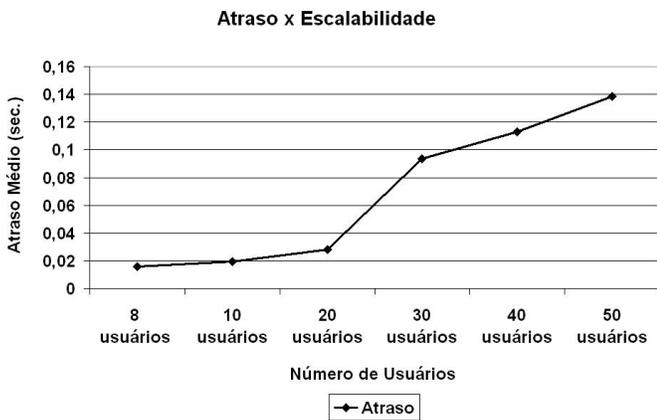


Fig. 4. Escalabilidade de uma WLAN frente ao atraso

Para testar o mecanismo de QoS proposto no *framework* CARIMBÓ, um segundo cenário, apresentado na Fig. 5, foi idealizado. Para tanto, foram considerados 8 PCRs que operam com linhas telefônicas discadas e interagem com o PTVD. Cada PCR possui 267 usuários e o tráfego agregado converge para o *backbone* de 6.144 Kbps, que equivale a uma composição de três enlaces E1. A estimativa do número de usuários foi baseada em projeções do IBGE para cidades típicas da região amazônica [11].

Considerou-se que o PCR1 requereu provisionamento de 20% da banda, o que equivale a 1.228,8 Kbps, em função dos requisitos de suas aplicações interativas, e que 10% dos usuários de todos os PCRs encontravam-se conectados simultaneamente transmitindo fluxos CBR a uma taxa de aproximadamente 56 Kbps. Com isso, cada PCR preencheu quase integralmente sua capacidade de vazão, definida por um enlace T1 de 1.544 Mbps. Quando agregados no núcleo,

criou-se um ponto de gargalo onde, efetivamente, as políticas de QoS surtiram efeito.

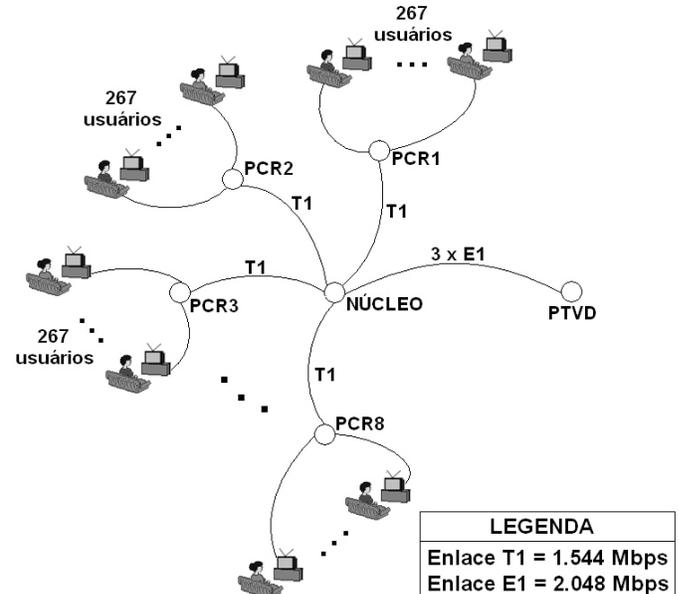


Fig. 5. Cenário da rede de interatividade em larga escala

O gráfico da Fig. 6 mostra que o fluxo proveniente do PCR1 foi protegido, tendo ocupado a área da banda reservada pelo administrador do sistema. Os demais fluxos concorreram pelos 80% restantes da banda.

Serviços como esses permitem ao PTVD criar políticas diferenciadas protegendo aplicações, regiões, serviços etc.

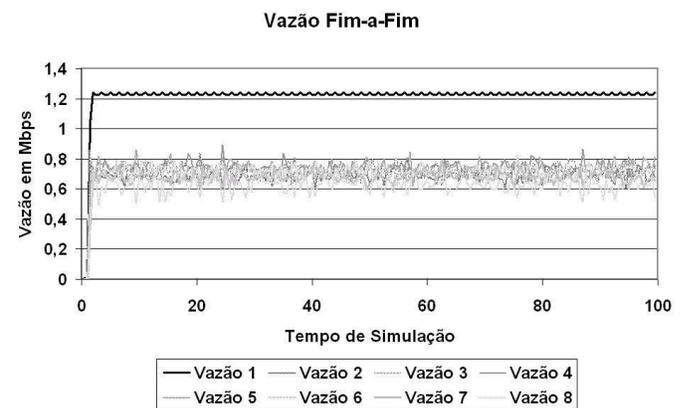


Fig. 6. Vazão com provisionamento de 20% da banda para o PCR1

O gráfico da Fig. 7 mostra a probabilidade de bloqueio, ou seja, a relação entre o número de pacotes descartados e o número de pacotes enviados. Nesse caso, também se pode constatar que a reserva do recurso foi mantida para o fluxo proveniente do PCR1. A probabilidade de bloqueio ficou em torno de 20%, enquanto a dos demais fluxos superou os 50%. Vale ressaltar que quaisquer ajustes nesses parâmetros podem vir a ser configurados de acordo com a necessidade pelo administrador da rede de retorno.

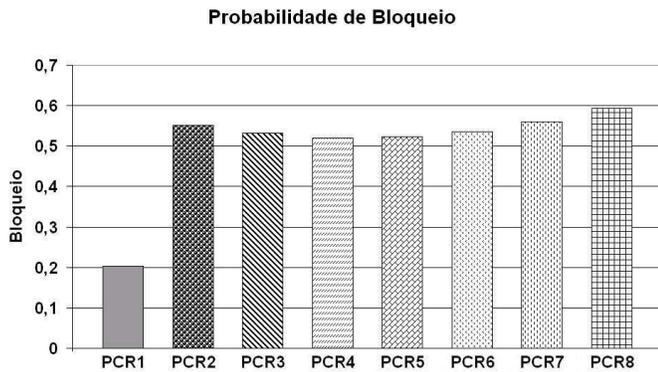


Fig. 7. Probabilidade de bloqueio

Existem diversas propostas para aumentar a capilaridade do canal de retorno em TVD que variam desde o uso de redes sem fio Ad-Hoc [1] [2] até o uso da infra-estrutura de energia elétrica (*Power Line Communication*) [4]. Todavia, é importante que o fator interoperabilidade não seja excluído do foco de discussões, pois apenas com a composição de diferentes tecnologias de acesso, serviços de qualidade e preços acessíveis podem-se consolidar as metas de integração de qualquer governo.

V. CONCLUSÃO

Independentemente do padrão adotado, a flexibilidade é um fator essencial, uma vez que torna possível a adaptação dos serviços às peculiaridades regionais. A aproximação do usuário, através dos Provedores de Canal de Retorno, permite que soluções compatíveis com a infra-estrutura local e com a situação socioeconômica dos usuários sejam adotadas.

O teste de desempenho realizado no *framework* CARIMBÓ mostrou que é possível a proteção de aplicações mais sensíveis através do provisionamento de recursos. Pode-se ainda contar com um mecanismo que permite dimensionar a demanda e planejar mais eficientemente a distribuição dos recursos, mesmo em situações adversas. A aproximação da gestão de serviços do usuário, através do PCR e do PC, permite que aplicações direcionadas sejam viabilizadas, possibilitando ao governo desenvolver estratégias focadas em problemas regionais muito mais eficientemente.

Certamente, ainda existe um desafio a ser vencido: a efetiva participação do usuário no processo. Espera-se que as técnicas de usabilidade aliadas à diversidade de serviços oferecidos tragam uma contribuição ímpar nessa empreitada.

Assim, entende-se que a proposta é inovadora, sob vários pontos de vista, realística e factível e que, portanto, pode realmente contribuir com o processo de inclusão digital, muito necessário para a região amazônica.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] Amodei A., Moraes I., Cunha D., Campista M., Espósito P., Costa L., Duarte O., *Uma Análise de Conectividade do Canal de Interatividade Ad Hoc para TV Digital*, 2005 SBRT XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações.
- [2] Barbosa L., Gonçalves J., Morais E., Moreira R., Sonntag R., Meloni L., *Uma proposta de Canal de Interatividade para o SBTVD através de comunicação sem fio em RF intrabanda*, 2005 SBRT XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações.
- [3] Buzato, Marcelo E.K., *Letramento digital abre portas para o conhecimento*. EducaRede, 11 de março de 2003. Disponível em: http://www.educarede.org.br/educa/html/index_busca.cfm. 15/06/2006.
- [4] Carvalho S., Castro E., Braz E., Alencar M., *Avaliação da Qualidade da Transmissão para o Canal de Interatividade da TV Digital utilizando Power Line Communications*, 2005 SBRT XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações.
- [5] Claudy L., *The Dawn of Digital TV*, *IEEE Spectrum*, vol. 42, pp. 18-23, Oct. 2005.
- [6] Clua J., "MHP e JavaTV como plataformas de desenvolvimento de conteúdo para Televisão Digital Interativa" 2005 SIBGRAPI XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing.
- [7] Croll A., Packman E., "Managing Bandwidth – Deploying QoS in Enterprise Networks" Prentice Hall, 1999.
- [8] Decreto Número 5.820, de 29 de junho de 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5820.htm. 15/09/2006
- [9] Fernandes J., Lemos G., Elias G., *Introdução à Televisão Digital Interativa" Arquiteturas, Protocolos, Padrões e Práticas*, JAI-SBC, 2004.
- [10] Furtado E., Carvalho F., Schilling A., Falcão D, Souza K., Fava F., *Projeto de Interfaces de Usuário para a Televisão Digital Brasileira 2005 SIBGRAPI XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*.
- [11] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Disponível em: <http://www.ibge.gov> em 20/03/2006.
- [12] IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Disponível em: <http://standards.ieee.org/>. 20/03/2006
- [13] Iperf v 2.0.2, Distributed Application Support Team, University of Illinois. Disponível em: <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>. 22/03/2006.
- [14] Law, A.M.; Kelton, W.D. *Simulation Modeling and Analysis*. Third Edition, McGraw-Hill, 2000.
- [15] Montez C., Becker V., *TV Digital Interativa – Conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil*, 2a. ed. Florianópolis: Editora da UFSC.
- [16] Pagani, M., *Multimedia and Interactive Digital TV: Managing the Opportunities Created by Digital Convergence*, IRM Press, 2003.
- [17] Silva H., Jambeiro O., Lima J., Brandão M., *Inclusão Digital e Educação para a Competência Informacional: uma questão de ética e cidadania*. Ci. Inf., Brasília, v.34, n. 1, p.28-36, jan/abr 2005.
- [18] Souza C., Oliveira C., *Especificação de Canal de Retorno em Aplicações para TV Digital Interativa*, 2005 SBRT XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações.
- [19] Valdestilhas A., Almeida F., *A usabilidade no desenvolvimento de aplicações para TV interativa*, 2005 SIBGRAPI XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing.
- [20] VINT Project, *Virtual Internetwork Testbed*. Disponível em: <http://www.isi.edu/nsnam/vint>. 20/03/2006.
- [21] World Economic Forum. Disponível em: <http://www.weforum.org>. 15/09/2006.