

PROPOSTA DE CANAL DE RETORNO PARA TVD BRASILEIRA EM UM CENÁRIO TÍPICO DA REGIÃO AMAZÔNICA

Mauro Margalho, Keller Nascimento, Diego L. Cardoso, R. Francês, J.C.W.A.Costa

Resumo - No decorrer dos anos, diversas propostas de padronização de TV Digital têm sido apresentadas e testadas com base em diferentes tecnologias. Dentre outras, destacam-se a americana Advanced Television System Comitee (ATSC), a européia Digital Video Broadcasting (DVB-T) e a japonesa Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T) [1]. Na busca por alternativas de promover a inclusão digital, o governo brasileiro tem investido no desenvolvimento de um padrão nacional que mantenha ativo o parque de televisores já em uso no país e, ao mesmo tempo, agregue as funcionalidades da TV Digital. Neste artigo apresentar-se-á um estudo baseado em uma dessas funcionalidades: a interatividade. Os resultados analisados consistem uma proposta envolvendo o canal de retorno baseado no padrão IEEE 802.11 como alternativa para regiões que não disponham de redes cabeadas, como é o caso de diversas localidades da Região Amazônica. Foram investigados, através de simulação, parâmetros como vazão, atraso, jitter e probabilidade de bloqueio, em um cenário composto por 16 residências e 1 nó móvel, distribuídas ao longo de uma área de 250.000 m².¹

Palavras-Chave - Avaliação de desempenho, TV Digital, redes sem fio.

Abstract - Through the years, many proposals for standardization of the Digital Television have been presented and tested based on different technologies. The Brazilian Government is investing in the development of a national standard in order to find alternatives to promote the Digital Television inclusion and to add functionalities of the Digital Television technologies to the country current technology. This paper presents a research based on one of those functionalities: the interactivity. It will be shown a proposition that uses the return channel in an IEEE 802.11 wireless network, as an alternative to areas without wired infrastructures, such as in a typical Amazon scenario.

Index terms - Performance evaluation, Digital Television, wireless network.

Mauro Margalho Coutinho, Universidade da Amazônia – UNAMA, Av. Alcindo Cacela, 287 - 66060-902 Email: margalho@unama.br.

Keller Nascimento, Diego Cardoso, Renato Francês, João Weyl Costa, Universidade Federal do Pará Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica - Rua Augusto Corrêa, nº 1, Guamá, CP 8619, CEP 66075-900 Email: knascimento@timbrasil.com.br, diego@nautilus.com.br, rfrances@ufpa.br, jweyl@ufpa.br

¹ Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq

I. INTRODUÇÃO

O cerne que norteia a proposta da TV Digital brasileira divide-se, basicamente, em dois segmentos: o primeiro consiste na digitalização e compactação de sinais de áudio e vídeo provendo alta qualidade de som e imagem na recepção. Nesse contexto, um forte candidato é o padrão ISO/IEC conhecido como MPEG-4 (Moving Picture Experts Group) [2], embora a maior capacidade de processamento requerida nos receptores para esse padrão leve alguns especialistas a sugerirem o uso do padrão MPEG-2. O segundo envolve a interatividade e todos os benefícios e aplicações que dela decorrem, incluindo educação à distância (EAD), comércio eletrônico, vídeo sob demanda (VoD), etc.

A interatividade pode ocorrer em diferentes níveis. Na interatividade local, o conteúdo é transmitido para o usuário unilateralmente de uma só vez. A partir daí, o usuário pode interagir livremente com os dados que ficam armazenados no seu receptor. Um novo fluxo de informações é recebido apenas quando for solicitada uma atualização ou uma nova área do serviço for acessada. Na Interatividade com canal de retorno não-dedicado, o *upload* é estabelecido a partir da troca de informações por uma rede não-específica, à parte do sistema de televisão, como uma linha telefônica, por exemplo. O recebimento das informações ocorre pela rede de TV (sinal de radiofrequência pelo ar), mas o retorno à central de transmissão se dá pela rede telefônica cabeada. Já na interatividade com canal de retorno dedicado, o usuário necessita de um sistema de transmissão com capacidade de transportar os sinais até o provedor de TV Digital. Nesse caso, a interatividade requer um canal de retorno dedicado [1].

Pesquisas de opinião, preenchimento de formulários e troca de mensagens curtas são exemplos de aplicações que rapidamente podem se disseminar em um ambiente de TVD. Em geral, essas aplicações para a TVD interativa requerem uma baixa taxa de transmissão de dados no canal de retorno [3].

Este artigo propõe o estabelecimento do canal de retorno, via redes sem fio, baseado no padrão IEEE 802.11 como alternativa às regiões onde não há infra-estrutura cabeada, como é caso de grande parte da região amazônica. O desempenho da proposta é validado através do simulador de redes NS-2 (Network Simulator).

II. REDES SEM FIO

As redes sem fio podem ser classificadas, quanto à sua infra-estrutura, como sendo independentes ou *ad-hoc* e infra-estruturadas [4]. Em redes infra-estruturadas, a área de cobertura é dividida em regiões menores que possuem pontos de acesso (*access points*). Nesse caso, mesmo dois nós, estando localizados a uma distância mínima um do outro, a transmissão entre ambos sempre se dará através do ponto de acesso. Geralmente os pontos de acesso são conectados por um *backbone* de alta velocidade. Como exemplo, pode-se citar a rede da telefonia celular, com as Estações Rádio Base ou ERBs. Já em redes *ad-hoc*, também referenciadas pelo IEEE como MANET (*Mobile Ad-hoc NETWORK*), nenhuma infra-estrutura é requerida [5]. Uma vez que todos os nós movem-se livremente, existe a necessidade de um trabalho colaborativo para que as transmissões cheguem além dos limites impostos pelos dispositivos de *hardware* e modelos de propagação. Nesse caso, ora um nó pode atuar como sendo um transmissor, ora como um receptor, ora como um roteador.

2.1 Padrão IEEE 802.11

Uma vez que o padrão que impera em redes locais cabeadas é o da família IEEE 802, a extensão desse modelo a redes sem fio foi uma tendência natural e consolidou-se em 1999 com o surgimento do padrão conhecido como IEEE 802.11 [6]. Foram especificadas as camadas Wireless LAN Medium Access Control (MAC), que padronizou o acesso ao meio através do protocolo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), e a Physical Layer (PHY), que proveu suporte aos modelos FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) e infravermelho. [7] A partir desse padrão, novas variantes foram criadas, conforme mostrado na tabela 1 [6].

Tabela 1 - Padrões da Família IEEE 802.11

Padrão	Frequência	Velocidade
802.11	914 MHz	5 Mbps
802.11a	5 GHz	54 Mbps
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps

III. PROPOSTA DE CANAL DE RETORNO

Considerando as dimensões do território brasileiro e as especificidades de cada região, há de se ponderar a hipótese de que as soluções de TVD no Brasil sejam heterogêneas e aplicadas de acordo com as peculiaridades de cada região. A figura 1 mostra algumas alternativas para canal de retorno, dentre as quais destacam-se a linha telefônica e duas novas propostas apresentadas neste artigo: o uso de recursos de telefonia celular como *General Packet Radio Service* (GPRS), a ser explorado em trabalhos futuros e o uso de redes sem fio padrão IEEE 802.11. No norte do país, onde praticamente não há infra-estrutura de TV a cabo e a linha telefônica não é um

recurso comumente encontrado, uma proposta atrativa seria prover alternativas via redes sem fio.

A proposta apresentada neste artigo faz uso da infra-estrutura de telefonia celular já disponível em praticamente todos os grandes centros urbanos brasileiros. Para tanto, as antenas instaladas nas ERBs deveriam ser do tipo *dual band*, recebendo tanto as frequências da operadora, quanto a definida para o canal de retorno da TV Digital, sem que haja a necessidade da instalação de novos cabos. Os sinais seriam diferenciados utilizando-se um filtro duplexador, antes de serem entregues ao equipamento controlador da ERB, adaptado para processar ambos os sinais e enviá-los a CCC (Central de Comutação e Controle). Uma vez que já existe uma convergência de enlaces das ERBs para a CCC, haveria somente a necessidade de instalação de um enlace adicional entre a CCC e o provedor de TV Digital, responsável pelo processamento dos dados, para que o canal de retorno fosse estabelecido.

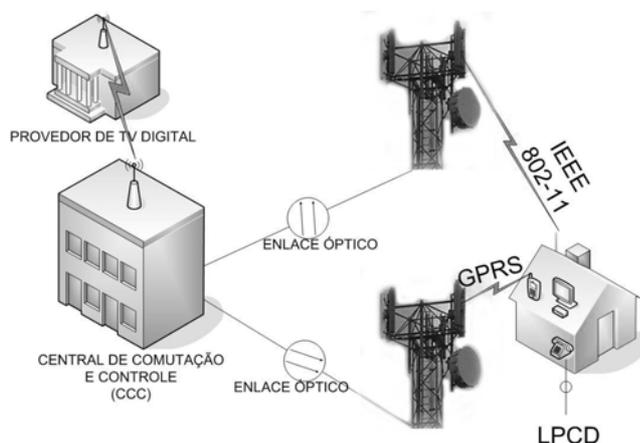


Figura 1. Alternativas para canal de retorno.

O usuário precisaria de um dispositivo equipado com um rádio transmissor, acoplado a um cartão PCMCIA, e uma antena externa, o que viabilizaria o envio dos dados de retorno a antena ERB.

Para a simulação desta proposta, utilizou-se a frequência de 2.4 GHz, atualmente liberada pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) [8] sem necessidade de licenciamento para o uso em banda ISM (Industrial Scientific and Medical). No caso da adoção em larga escala cabe um estudo para análise do impacto dessa frequência em redes privadas.

3.1 Set Top Box

Há de se considerar que a quase totalidade dos televisores brasileiros são analógicos e, portanto, qualquer proposta que venha a ser apresentada deve considerar esse aspecto. Uma forma de conciliar o uso dos atuais equipamentos com a funcionalidade da TV Digital é através da utilização um adaptador chamado Set-Top-Box.

O Set-Top-Box, necessário para viabilizar a proposta deste artigo, deve ser equipado com um rádio transmissor

padrão IEEE 802.11, conectado a uma antena externa fixada de modo a permitir que os dados da interatividade sejam transmitidos, caracterizando assim o canal de retorno. Uma vez que a proposta do governo brasileiro é atingir uma grande massa de usuários, especialmente das classes econômicas menos privilegiadas, há de se esperar certo subsídio na aquisição deste equipamento.

IV. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A opção pelo uso de simulação no processo de avaliação de desempenho deu-se principalmente em função de dois aspectos: as dificuldades de testes na infra-estrutura celular para um conjunto de aferições *in loco* e a disponibilidade de um simulador bastante conceituado no meio acadêmico, com suporte a redes sem fio, o *Network Simulator* (NS).

4.1 O simulador NS

Desenvolvido a partir do projeto VINT (*Virtual InterNetwork Testbed*), o NS-2 é um simulador discreto, orientado a eventos [9], com suporte a uma ampla variedade de pesquisas que abrangem, dentre outros, a pilha de protocolos TCP-IP, redes locais, redes de grande abrangência (WANs) e redes baseadas em satélite. O fato de todo o código fonte ser aberto e gratuito tem atraído diversos pesquisadores que, com suas contribuições, têm tornado o simulador mais robusto e confiável. Uma dessas contribuições, feita pelo grupo Monarch da universidade de Carnegie Mellon [10], foi responsável pela incorporação do módulo de redes sem fio no NS-2. Uma ferramenta de apoio denominada NAM (*Network Animator*) permite o acompanhamento da simulação através de uma interface gráfica. A avaliação dos resultados ocorre a partir de uma análise em um arquivo de *trace* gerado no decorrer do processo de simulação.

A versão utilizada para a obtenção dos resultados deste trabalho foi a 2.27, disponibilizada em 2004. Como sistema operacional utilizou-se o Conectiva Linux versão 8.0 instalado com *kernel* versão 2.4.

4.2 Cenário

Para viabilizar o processo de simulação do canal de retorno, especificou-se um cenário que caracteriza um área residencial composta por 16 casas, cada uma com 15.625 m² (125x125), distribuídas ao longo de uma área de 250.000 m² para caracterizar regiões pouco povoadas, conforme mostrado na figura 2. No centro dessa área encontra-se um ponto de acesso (*access points*) instalado em uma ERB. Considerou-se que cada residência está equipada com um set-top-box, conforme descrito no item 3.1, ligado a uma antena externa fixada a uma altura de 1 metro.

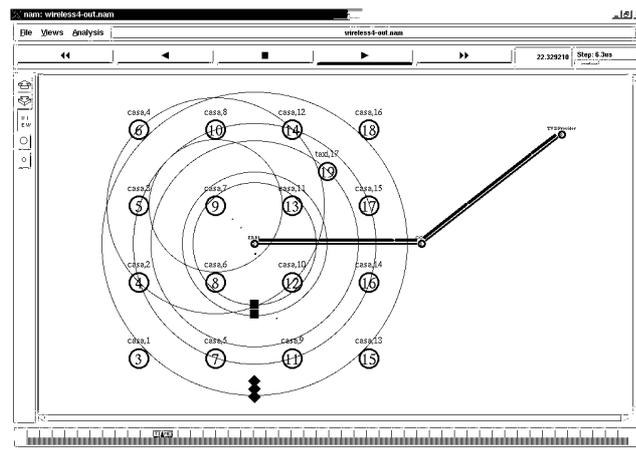


Figura 2. Cenário gerado pelo Network Animator.

4.3 Simulação

Considerou-se que os nós são compostos por uma placa wireless incorporada ao Set-Top-Box e, portanto, funcionam sem problemas de limitação de consumo de energia.

Para efeito de simulação considerou-se dois tipos de aplicação: uma, envolvendo a transmissão de formulários preenchidos a partir das 16 casas, compôs perguntas e respostas de múltipla escolha, anexada aos dados do usuário, o que consome uma banda estreita no canal de retorno, definida em 9Kbps e representada por uma distribuição estatística que caracteriza rajadas (pareto), outra envolvendo retorno de vídeo e áudio, para aplicações com maior grau de interatividade como vídeo conferência, a uma taxa média de 192Kbps, representadas por fluxos do tipo *Constant Bit Rate* (CBR). Também foi testado o desempenho de um nó móvel deslocando-se na área de simulação a uma velocidade média de 30 m/s. Para tornar o processo mais próximo de uma especificação real, configurou-se o simulador com os dados de um ponto de acesso da Proxim (*Wireless Access Point AP-2000*) que suporta conexões simultâneas e cobre uma área de 550 metros suportando uma vazão unidirecional de até 11 Mbps (802.11b) [11]. Os parâmetros utilizados são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2. Parâmetros utilizados na simulação.

Parâmetro	Valor
Ganho da antena	1.0
Taxa	11 Mpbs
Frequência	2.4 GHz
Desvio Padrão	3.0
Coefficiente de atenuação (ambiente com obstruções)	4

O processo de avaliação ocorre em um período de 100 unidades de simulação, onde, para efeitos didáticos, uma unidade de simulação é considerada como sendo um

segundo. Não foram considerados os dados transmitidos no período de *warm-up* (10% do tempo de simulação) para que a atualização inicial das tabelas de roteamento não comprometesse os resultados [12][14]. Foram monitoradas interações em todos os 17 nós, incluindo o nó móvel (táxi com TV) que se desloca entre os extremos da área simulada, saindo das coordenadas $x=0;y=1$ em direção às coordenadas $x=490;y=490$.

Considerou-se os enlace entre a **ERB** e a **CCC** e entre a **CCC** e o **Provedor de TV Digital** de 384 Kbps. Esse valor foi utilizado para provocar congestionamento na rede e medir o desempenho em situações críticas, uma vez que vários fluxos de 192 Kbps foram transmitidos simultaneamente. Foram adotadas políticas de filas do tipo *first-in-first-out (FIFO)* e *stochastic fair queueing (SFQ)*.

Considerou-se também que o set-top-box está equipado com um adaptador Lucent WaveLan (Orinoco) com uma antena externa a uma altura de 1m [13].

V. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Foram avaliados os parâmetros vazão, atraso, jitter e probabilidade de bloqueio a partir de transmissões baseadas na distribuição de Pareto e em fluxos do tipo CBR, que caracterizam vídeo. O modelo de propagação utilizado foi o de sombreamento.

O gráfico da figura 3 apresenta a média das vazões obtida a partir do monitoramento de 14 fluxos (casas) cuja transmissão se baseou na distribuição de Pareto. Pode-se verificar que, mesmo em situações de congestionamento, a média oscila em torno de 7Kbps, próxima a taxa estabelecida de 9Kbps e suficiente para a transmissão dos dados do usuário.

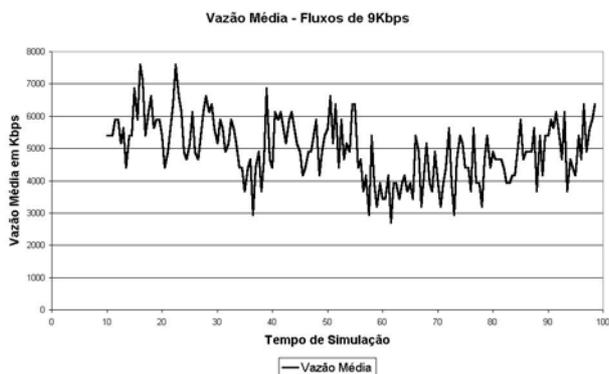


Figura 3. Vazão Média para fluxos de 9Kbps.

O gráfico da figura 4 apresenta a vazão dos fluxos que transmitem áudio e vídeo a uma taxa de 192 Kbps, onde a média oscila em torno de 160 Kbps, taxa que viabiliza esse tipo de aplicação.

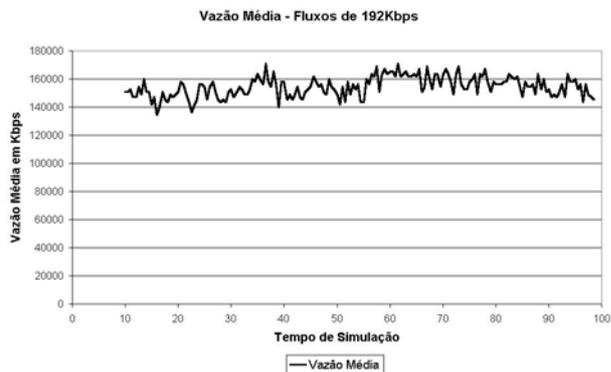


Figura 4. Vazão Média para fluxos de 192Kbps.

A viabilidade técnica de uma transmissão de vídeo depende de uma combinação de fatores. Além da vazão, o atraso máximo normalmente suportado em aplicações de multimídia está em torno de 300 milissegundos. O gráfico da figura 5 mostra que os fluxos que transmitem as aplicações CBR mantém seus atrasos médios bem abaixo desse limiar.

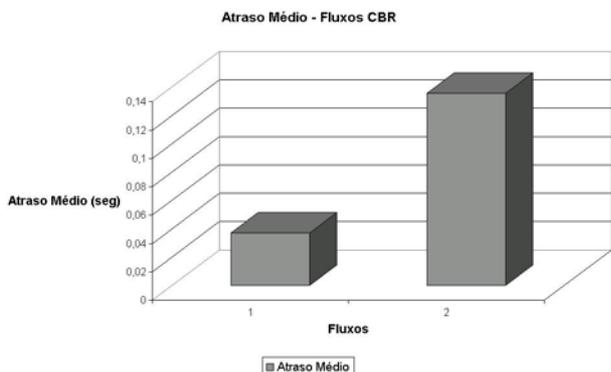


Figura 5. Atraso Médio para fluxos de 192Kbps.

Outro parâmetro que influencia sobremaneira as transmissões de multimídia é o *jitter* que se constitui na variação estatística do atraso. Essa variação não pode ser muito grande sob pena de comprometer o processo de bufferização na recepção. O gráfico da figura 6 mostra o comportamento do *jitter* ao longo da simulação para os fluxos que transmitem vídeo e áudio. Pode-se observar que a variação ocorre em torno de ± 20 milissegundos.

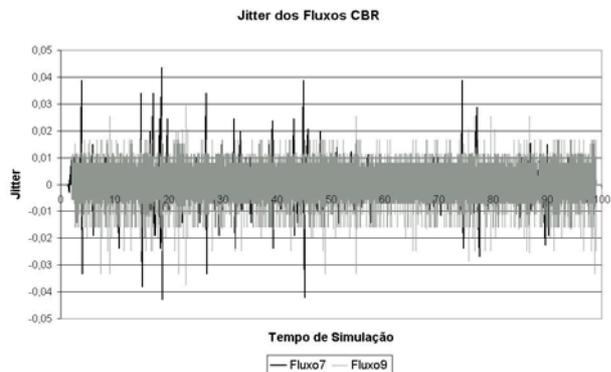


Figura 6. Jitter - Variação estatística do atraso.

O gráfico da figura 7 apresenta o atraso médio para os demais fluxos com taxa de 9Kbps.

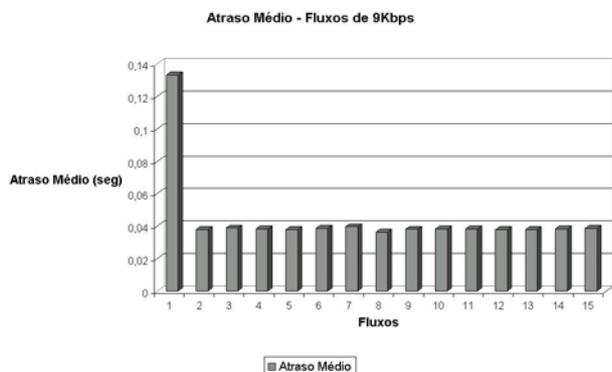


Figura 7. Atraso Médio para fluxos de 9Kbps.

Como foi forçada uma situação de congestionamento na rede, um parâmetro adicional que pode ser avaliado é a probabilidade de bloqueio que é composta pela razão entre os pacotes descartados e os pacotes enviados. O gráfico da figura 8 apresenta a probabilidade de bloqueio para todos os 17 fluxos. Aqueles com pior rendimento tiveram a seus valores fixados em torno de 26%.

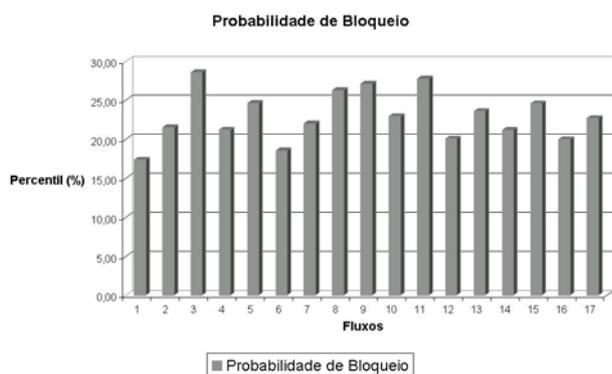


Figura 8. Probabilidade de Bloqueio.

VI. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a avaliação de desempenho de uma proposta alternativa do canal de retorno para a TV digital brasileira utilizando o padrão de redes sem fio 802.11. Os dados resultantes da simulação apresentam um claro indicativo de viabilidade da proposta, inclusive para aplicações que requerem banda larga. Como a maioria das aplicações para a TVD brasileira requerem somente uma baixa taxa de transmissão de dados no canal de retorno, o padrão proposto mostra-se conveniente para a aplicação em regiões como a Amazônia que carecem de infraestrutura cabeada. Todavia o padrão 802.11g oferece suporte a uso de taxas bem maiores (54 Mbps), o que pode incentivar, em um futuro próximo, o uso de aplicações mais robustas, inclusive vídeo conferências, o que traria uma contribuição ímpar aos mecanismos já existentes de Educação à Distância (EAD). Pode-se também gerenciar

mais eficientemente o tráfego incorporando recursos de QoS (Qualidade de Serviço) a esse padrão. A investigação de novas propostas, tanto de hardware, quanto de software, para o set-top-box brasileiro deverá contribuir para que uma gama cada vez mais variada de aplicações possa ser testada e simulada em futuras pesquisas.

Os códigos utilizados na simulação desta proposta poderão ser obtidos para que outros dêem continuidade à mesma no site www.deec.ufpa.br/~margallo.

VII. REFERÊNCIAS

- [1] Instituto de Estudos e Pesquisas em Comunicação (EPCOM). "Relatório TV Digital". IV Plenária do Fórum. 14 a 16/06/2002. Rio de Janeiro.
- [2] MPEG Pointers and Resources. <http://www.mpeg.org>. Data: 12/03/2004
- [3] Instituto de estudos e pesquisas em comunicação – CPqD, "Relatório integrador dos aspectos técnicos e mercadológicos da televisão digital". São Paulo, CPqD, 23 mar. 2001. 169 p
- [4] Lough, Daniel; Blankenship, Keith; Krizman, Kevin; "A Short Tutorial on Wireless LANs and IEEE 802.11". The Bradley Department of Electrical and Computer Engineering & Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.
- [5] MANET Group, "Mobile Ad Hoc Networks (MANET)", <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [6] IEEE Standard 802.11a; "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) Specifications"; 1999
- [7] Tanenbaum, A. S.; "Computer Network", Prentice Hall PTR, 3rd edition. ISBN: 0-13-349945-6.
- [8] Anatel; "Agencia Nacional de Telecomunicações; 2004; <http://www.anatel.gov.br>
- [9] Fall, K.; Varadhan, K.; "The NS Manual"; Network Simulator 2.1b9a, VINT Project; 2002 <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [10] Monarch Project, Mobile Networking Architectures, <http://www.monarch.cs.cmu.edu/>
- [11] Orinoco AP-2000 Access Point Specification. http://www.directnetserv.com/specs/AP-2000_us.pdf. Data= 16/03/2004.
- [12] MacDougall, M. H.; "Simulating Computer System Techniques and Tool", The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1987.
- [13] WaveLAN, ORiNOCO Products, <http://www.wavelan.com>
- [14] Jain, Raj, "Theart of computer systems performance analysis", John Wiley&Sons, Inc. New York, 1991. <http://www.m4if.org/mpeg4/>