



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Brasil

Pereira de Siqueira Campos, Antonio Luiz; de Oliveira Moreira, Ricardo César; Machado  
de Araújo, Lincoln

ANÁLISE DE DESEMPENHO DA TECNOLOGIA HOMEPLUG 1.0 EM AMBIENTES  
DOMÉSTICOS E NÃO DOMÉSTICOS

HOLOS, vol. 2, 2007, pp. 42-51

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549273003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## **ANÁLISE DE DESEMPENHO DA TECNOLOGIA HOMEPLUG 1.0 EM AMBIENTES DOMÉSTICOS E NÃO DOMÉSTICOS**

**Antonio Luiz Pereira de Siqueira Campos**

Professor do CEFET-RN. Doutor em Engenharia Elétrica.

[antonioluiz@cefetrn.br](mailto:antonioluiz@cefetrn.br)

**Ricardo César de Oliveira Moreira**

Engenheiro de Computação.

[rilco.eng@gmail.com](mailto:rilco.eng@gmail.com)

**Lincoln Machado de Araújo**

Engenheiro de Computação.

[preslincoln@gmail.com](mailto:preslincoln@gmail.com)

---

### **RESUMO**

Na literatura, podem ser encontrados vários artigos que analisam as características das redes elétricas para transmissão de dados bem como as técnicas de comunicação empregadas para essa finalidade. Quase todos os artigos que estudam o padrão HomePlug fazem testes de desempenho protocolo. Alguns desses artigos fazem testes comparativos entre a sub-camada MAC do HomePlug e do IEEE 802.11. Este trabalho complementa as avaliações encontradas na literatura e tem por objetivo o estudo do padrão HomePlug 1.0, em relação ao seu desempenho em ambientes domésticos e não-domésticos. A vazão da rede Homeplug foi analisada, considerando-se vários fatores, como o tamanho dos arquivos enviados, efeito de cargas elétricas e número de nós ativos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Homeplug 1.0, Taxa de transmissão, Rede de Computadores, Desempenho.

### **PERFORMANCE ANALYSIS OF THE HOMEPLUG 1.0 STANDARD IN DOMESTIC AND NON-DOMESTIC ENVIRONMENTS**

### **ABSTRACT**

In literature we can find several papers that analyze the characteristics of the power lines to data transmission, noises, and employed techniques in communication by power lines. Almost all the papers that study the HomePlug standard make tests of protocol performance. Some of those papers make comparative tests between the medium access control sub layer (MAC) of the HomePlug and the IEEE 802.11 MAC. This work complements the evaluations found in literature, having as its aim the study of HomePlug 1.0 standard, in respect of its performance in domestic and non-domestic environments. The Homeplug network throughput was analyzed, by considering several factors, as the size of the transmitted files, electrical loads, and number of active nodes, amongst others.

**KEY-WORDS:** Homeplug 1.0, Throughput, Computer network, Performance.

## ANÁLISE DE DESEMPENHO DA TECNOLOGIA HOMEPLUG 1.0 EM AMBIENTES DOMÉSTICOS E NÃO DOMÉSTICOS

### INTRODUÇÃO

Um aumento na demanda por conexão em ambientes domésticos aconteceu devido à necessidade de compartilhar recursos e acesso à Internet em banda larga. Assim, o paradigma de redes de computadores residenciais foi criado reforçando características importantes como a presença de pontos de acesso à rede em todas os cômodos da residência. O grande mercado nos próximos anos em redes residenciais é a interconexão, em rede e com a qualidade de serviço, de equipamentos de áudio e vídeo.

O custo é um fator importante em redes residenciais, consequentemente, a realização de obras civis para instalação de novos enlaces de comunicação pode ser determinante na escolha da tecnologia adotada. Existe hoje em dia uma grande oferta de produtos de diferentes tecnologias que implementam redes locais residenciais e compartilham o acesso à Internet de alta velocidade (banda larga).

As tecnologias de redes que são usadas em residências são classificadas como: cabeadas, sem fio e sem novos fios. Nos últimos anos, a solução “sem novos fios” recebeu uma atenção especial. A idéia básica é usar fios de uma infra-estrutura já existente. Redes residenciais através da rede elétricas (PLC - *Power Line Communications*) são uma excelente alternativa, porque dispensam gastos com cabeamento (CAMPISTA, 2004).

A transmissão de dados através da rede elétrica é possível com a instalação de dispositivos PLC. Atualmente existem várias normas ou especificações considerando a camada física e de enlace para comunicação PLC, mas desde o ano 2000 a *Homeplug Powerline Alliance Inc.* está desenvolvendo tecnologias para comunicação através da rede elétrica e certificando produtos. Um dos mais importantes padrões é o Homeplug 1.0.

De acordo com (PAVLIDOU, 2003), a rede elétrica tende a ser pior que o padrão de rede sem fio 802.11b em termos de atenuação e ruído, mas outras obras como (BAIG, 2003) e (BIGLIERI, 2003) estudaram as características da rede elétrica para a transmissão de dados, ruídos e técnicas utilizadas na comunicação através da rede elétrica e foi mostrado que isso não é realmente uma verdade. Algumas destas obras fazem testes comparativos entre a camada MAC dos padrões HomePlug e IEEE 802.11b. Em (LIN, 2003) foram apresentadas as especificações, dando ênfase ao HomePlug, e comparando-os em termos de vazão e conectividade, como função da distância do enlace em um ambiente doméstico. Em (LEE, 2002) foi feita a mesma análise em outro ambiente doméstico. Ambos os artigos apontam para um melhor desempenho do HomePlug, principalmente no que diz respeito a ambientes ruidosos.

A maioria dos artigos que abordam o padrão HomePlug se limitam a testar o desempenho do protocolo. Um estudo recente apresentado em (CARVALHO, 2006) analisa a possibilidade da utilização do canal PLC para ser utilizado como canal de retorno da HDTV brasileira. Em (MARKARIAN, 2005) também foram testados dispositivos Homeplug de 14Mbps para transmitir vídeo. Em ambos os casos, os autores consideraram apenas a distância e os ruídos elétricos. Nenhum deles considerou transmissões simultâneas.

Este trabalho complementa as avaliações encontradas na literatura, objetivando o estudo de redes HomePlug no que diz respeito ao seu desempenho em ambientes domésticos e não-domésticos. A vazão da rede Homeplug foi analisada em função de diversos fatores, tais como: o tamanho dos arquivos transmitidos, efeito de cargas elétricas e número de nós ativos. A partir das medições obtidas é possível analisar a eficiência da tecnologia HomePlug 1.0. A descrição do protocolo foi apresentada em CAMPOS (2006).

## **METODOLOGIA DOS TESTES**

Esta Seção descreve detalhadamente a metodologia utilizada na obtenção dos resultados. Serão descritas as configurações das máquinas utilizadas, a rede montada, algumas cargas analisadas e o programa computacional utilizado nas medições.

Para analisar o desempenho de uma rede de computadores HomePlug 1.0 foram realizados testes de vazão em três ambientes diferentes. Esses ambientes foram escolhidos de forma a mostrar o desempenho da tecnologia quando funcionando em cenários totalmente diferentes, no que diz respeito à rede elétrica.

O primeiro cenário chamado de Residência 01 é uma residência monofásica. O tamanho dos arquivos transmitidos variou entre 800, 1600, 2400, 3200, 4000, 4800, 5600, 6400 e 7200 KB, sendo realizados 90 transmissões para cada arquivo, totalizando 810 transmissões, referentes à 30 dias de teste. Para manter a coerência, em todos os testes, a distância entre os dois pontos se manteve igual a um metro.

No segundo cenário, Apartamento 01, os testes foram realizados em um apartamento localizado em um prédio de três andares, com quatro apartamentos por andar. Nesse cenário foram realizadas o mesmo número de transmissões que na Residência 01. O objetivo foi observar claramente o desempenho da tecnologia HomePlug frente a dois ambientes bem diferentes, uma vez que os ruídos se propagam mais facilmente devido à proximidade entre os apartamentos do que em relação às casas.

O terceiro cenário chamado de Apartamento 02 é outro apartamento localizado em um prédio de quatro andares e quatro apartamentos por andar, onde foram realizadas 169 transmissões. Para esse cenário transmitiu-se apenas arquivos de 6400 KB, variando apenas o número de computadores que transmitiam ao mesmo tempo. O objetivo foi verificar a taxa de transmissão frente a um número de “colisões” crescente. Os computadores que transmitiam simultaneamente os arquivos foram simulados através do programa PLC Test. Através desse programa simularam-se um, dois, três e quatro transmissões simultâneas, realizando-se 33 transmissões para cada situação.

Os equipamentos utilizados nos testes foram:

- PC1 - Transmissor: Processador AMD Athlon XP 3000+ de 1,8 GHz, 1GB de memória RAM, HD serial ATA Seagate 1 de 250GB e Sistema Operacional Windows XP Profissional SP2.
- PC2 – Receptor: Processador Sempron 3000+ de 1,8GHz, 768MB de memória RAM, HD IDE ATA Samsung 40GB e Sistema Operacional Windows XP Profissional SP2.

- PC3 - Transmissor: Processador Intel Pentium 3,0 GHz, 1GB de memória RAM, HD IDE ATA Samsung 80GB e Sistema Operacional Windows XP Profissional SP2.
- PC4 – Receptor: Processador AMD Turion 64 bits de 2.0GHz, 1GB de memória RAM, HD IDE ATA Samsung 80GB e Sistema Operacional Windows XP Profissional SP2.
- Dois Adaptadores Homeplug USB da IOGEAR, com taxa de transmissão superior a 12 Mbps e criptografia DES de 56 bits.

Após a implementação das redes nos cenários descritos anteriormente, foram realizadas sucessivas medições de vazão para as transmissões realizadas. Em todos os testes realizados, para medir a vazão de dados na camada de aplicação, foi utilizado um *software* gratuito o PLCTest. Através dele foi possível variar o tamanho dos arquivos transmitidos e efetuar transmissões simultâneas de quatro nós ativos.

Os testes foram realizados em diferentes turnos do dia e não houve nenhum controle sobre as cargas que eram adicionadas ou retiradas da rede (liquidificador, ar condicionado, ventiladores e outros). O objetivo foi avaliar o desempenho da rede a qualquer hora do dia.

## RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos são apresentados na forma de tabelas e gráficos. Os parâmetros estatísticos utilizados na análise foram a média e o desvio padrão da vazão, possibilitando uma melhor visualização dos resultados em cada cenário.

A Tabela 1 ilustra a média e o desvio padrão da vazão em todos os cenários para a transmissão de um arquivo padrão de 6400 KB. Como pode ser visto, a vazão média na Residência 01 se mostrou superior à média dos apartamentos. Esse resultado já era esperado, uma vez que a maior proximidade entre os apartamentos propicia um maior nível de ruído. Apesar da maior média, pode-se observar que houve uma maior variação da vazão conforme mostra o desvio padrão. O Apartamento 02 apresentou uma menor média, mas um desvio padrão menor.

**Tabela 1 – Vazão média e desvio padrão nos três cenários.**

CENÁRIO	VAZÃO MÉDIA(MBPS)	DESVIO PADRÃO
Residência 01	4,8494	0,5947
Apartamento 01	4,0044	0,2576
Apartamento 02	3,8943	0,0511

A Tabela 2 mostra a média e o desvio padrão no cenário Apartamento 02, onde foi enviado um pacote de tamanho padrão e simulou-se a transmissão de até 4 máquinas simultaneamente. Como pode ser visto na Tabela 3, a vazão média se reduz na medida em que o número de nós ativos aumenta. Isso é resultado do aumento do número de colisões e adiamentos de transmissões, além dos ruídos presentes no momento de cada teste. Na medida em que o número de nós ativos aumenta, e consequentemente o número de colisões, o padrão HomePlug 1.0 progressivamente diminui o número de

bits/símbolo/portadora e aumenta a taxa de codificação(FEC) . Com isso, a transmissão se torna mais robusta aos ruídos, embora diminua a vazão da rede. Isso explica a diminuição do desvio padrão na medida em que o número de nós transmitindo aumenta.

**Tabela 2 – Vazão média e desvio padrão com diferentes quantidades de máquinas transmitindo.**

NÚMERO DE NÓS ATIVOS	VAZÃO MÉDIA(MBPS)	DESVIO PADRÃO
1	3,6127	0,3101
2	1,9139	0,1562
3	1,3062	0,0851
4	0,9906	0,0382

A Tabela 3 mostra a média e desvio padrão das transmissões com todos os diferentes tamanhos de arquivo, com apenas uma máquina transmitindo, ocorridas nos cenários Residência 01 e Apartamento 01. Como pode ser verificado, o desvio padrão e a média da vazão não sofreram variações significativas com os diferentes tamanhos de arquivo transmitido. As variações no desvio padrão detectadas na Residência 01 ocorreram durante todos os tipos de teste realizados de forma aleatória.

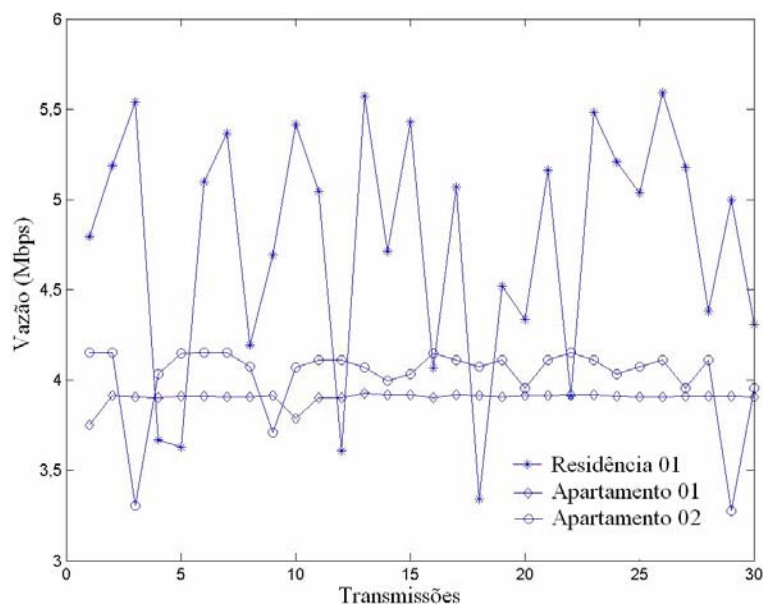
**Tabela 3 – Vazão media e desvio padrão variando o tamanho dos arquivos.**

TAMANHO DO ARQUIVO	RESIDÊNCIA 01		APARTAMENTO 01	
	VAZÃO MÉDIA	DESVIO PADRÃO	VAZÃO MÉDIA	DESVIO PADRÃO
800	5.0140	0.9113	4.1212	0.0294
1600	4.8793	0.8006	3.9626	0.2527
2400	4.8498	0.6803	3.9511	0.0661
3200	4.8143	0.7518	3.9339	0.0509
4000	4.9163	0.6761	3.9192	0.0588
4800	4.9382	0.5842	3.8945	0.0762
5600	4.8638	0.5576	3.9132	0.0225
6400	4.8026	0.5679	3.8997	0.0437
7200	4.8038	0.4900	3.9019	0.0301

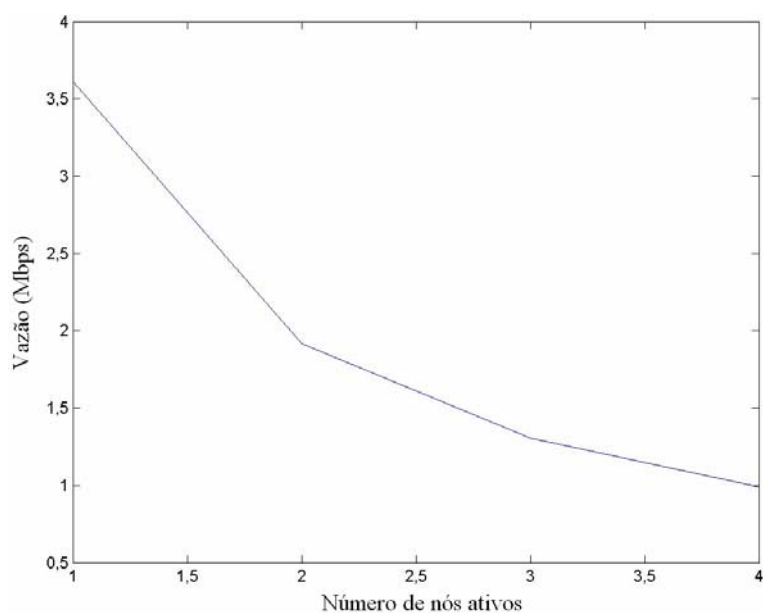
A Figura 1 ilustra uma comparação entre os três cenários transmitindo um arquivo padrão de 6400 KB. Observa-se que no cenário Residência 01 existe grande oscilação na vazão. Essa variação esteve presente em todos os testes realizados e independentemente do horário ou do tamanho do arquivo enviado.

A Figura 2 ilustra a variação da vazão em relação ao número de computadores transmitindo ao mesmo tempo. Como já era esperado, na medida em que o número de o número de nós ativos aumenta, a vazão média responde de maneira não linear.

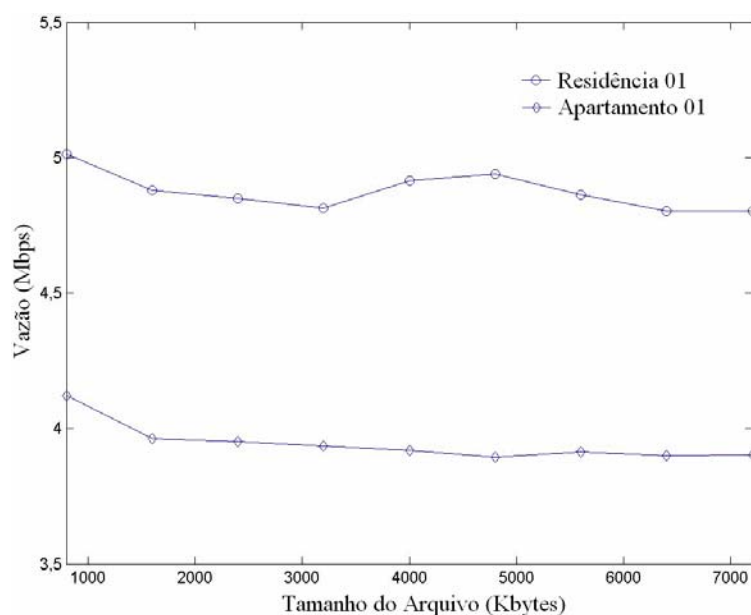
A Figura 3 mostra mais claramente a variação da vazão em relação ao tamanho dos arquivos enviados. Como pode ser observado, não há variações significativas nos valores de vazão média para cada tamanho de arquivo e a vazão média no Apartamento 01 é inferior à vazão média da Residência 01.



**Figura 1 – Vazão para os três cenários.**



**Figura 2 – Vazão da rede em função do número de nós ativos.**

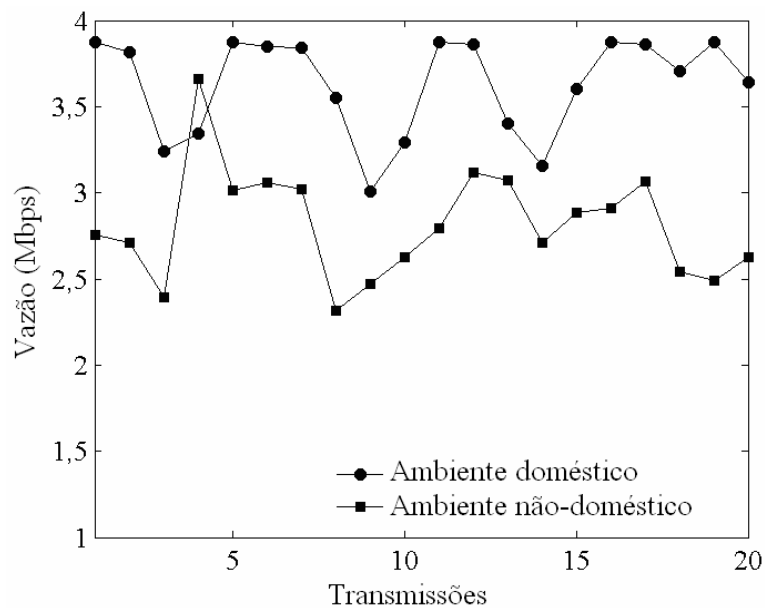


**Figura 3 – Variação média da vazão em relação ao tamanho dos arquivos enviados.**

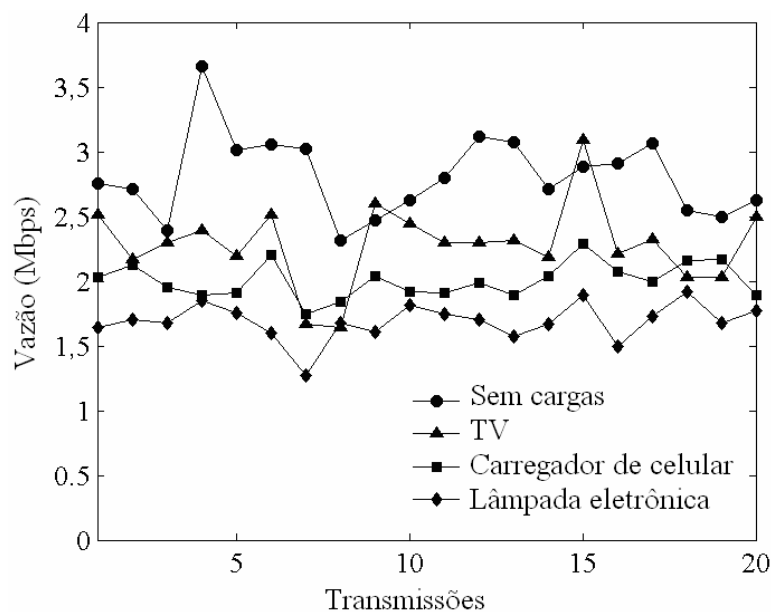
A Figura 4 ilustra uma comparação entre transmissões feitas em um ambiente doméstico e em um ambiente não-doméstico. Os testes realizados em um ambiente não-doméstico foram feitos em um consumidor de médio porte que tem um fator de potência médio de 0,85 por ano. Este ambiente tem inúmeras fontes de ruídos elétricos. A distância entre o transmissor e receptor foi igual nos dois ambientes. Como se pode ver, a vazão obtida no ambiente não-doméstico foi menor, mas, mesmo nesse caso, o Homeplug obteve uma vazão satisfatória, com uma vazão média igual a 2,81 Mbps.

O efeito de cargas elétricas sobre a vazão da rede pode ser visto em Figura 5. Os resultados são mostrados para três diferentes cargas elétricas. As cargas foram colocadas entre os computadores, uma após a outra. Essas cargas são citadas na literatura como críticas para as transmissões PLC. Pode-se considerar que a carga elétrica que mais influenciou foi a lâmpada com reator eletrônico, com uma vazão média igual a 1,69 Mbps. Pode-se notar ainda que todas as cargas elétricas causaram variações na vazão da rede.





**Figura 4 – Vazão medida em ambientes doméstico e não-doméstico.**



**Figura 5 – Vazão da rede em função das cargas elétricas.**

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos observou-se que uma maior proximidade entre residências, comum em apartamentos, provoca uma maior redução na vazão devido à menor atenuação dos ruídos provocados por aparelhos em residências vizinhas ligadas na mesma fase.

Os resultados mostraram que a partir do aumento de perdas de pacotes e retransmissões, decorrente principalmente do aumento do número de computadores na rede HomePlug 1.0,

a taxa de codificação e modulação se alteram, diminuindo a vazão média. Essas alterações, porém, tornam a taxa de transmissão mais estável.

Notou-se também que a vazão média não sofre variações relevantes com o aumento do tamanho do arquivo a ser transmitido.

O padrão HomePlug 1.0 mostrou-se bastante robusto superando elevados níveis de ruído. Além disso, em condições de transmissão ideais a sua velocidade de aproximadamente 14 Mbps é limitada, principalmente, pela modulação DQPSK, que transmite 2 bits por símbolo por portadora, e pelas 76 subportadoras efetivas utilizadas. Seguindo a tendência do HomePlug AV ao empregar algumas das mais modernas tecnologias em modulação e correção de erros, espera-se que os futuros protocolos conseguirão alcançar maiores taxas de transmissão e vencer os altos níveis de ruído.

É relevante dizer também, que os 14 Mbps ditos pelos fabricantes só são alcançados em condições ideais do meio utilizado (baixo ruído) e na camada física, ou seja, o usuário nunca terá essa taxa de transmissão de dados. Este por sua vez utilizará uma taxa efetiva de no máximo 8 Mbps. As taxas de dados declaradas pelos fabricantes são atingidas em situações ótimas, mas em situações reais podem-se atingir taxas menores de transmissão. Estas taxas nunca serão maiores, pois elas se referenciam a situações ideais que na prática dificilmente acontecem. Nas residências analisadas a maior taxa obtida foi de 5,7 Mbps, comprovando assim que na prática fica-se bem aquém do que dito pelos fabricantes.

Os testes demonstraram que para a transmissão de dados a tecnologia Homeplug 1.0 serve perfeitamente. Mesmo em ambientes não-domésticos, o comportamento da tecnologia foi muito bom. A vazão ficou acima de 2Mbps, na maioria dos casos. O problema é que para transmissão de vídeo, o aumento dos nós ativos provoca uma grande diminuição na vazão. Com dispositivos Homplug de 14 Mbps não é possível uma boa transmissão de vídeo, quando muitos nós estão ativos. De fato, a capacidade máxima na camada de transporte é de 6,2 Mbps.

Os testes demonstraram que carregadores de celulares e lâmpadas com reatores eletrônicos diminuem a vazão da rede. Apesar do comprovado efeito de algumas cargas elétricas, para os resultados apresentados, pode-se considerar que a vazão é muito boa para usuários domésticos, considerando-se transmissões de dados.

A tecnologia Homeplug 1,0 serve perfeitamente para seu intuito. Esta tecnologia aparece como mais uma alternativa para as redes SOHO (pequenos escritórios – pequenas residências); aparecendo como mais uma alternativa para usuários domésticos e podendo ser usada em conjunto com a tecnologia Wi-Fi 802.11 para se obter uma máxima cobertura de acesso a redes locais residenciais.

## REFERÊNCIAS

1. BAIG, S. e GOHAR, N., "A Discrete Multitone Transceiver at the Heart of the PHY Layer of an In-Home Power Line Communication Local Area Network", *IEEE Communications Magazine*, 2003, pg. 48-53.
2. BIGLIERI, E., "Coding and Modulation for a Horrible Channel", *IEEE Communications Magazine*, 2003, pg. 92-98.

3. CAMPISTA, M. E. M., “Uma Análise da Capacidade de Transmissão na Rede de Energia Elétrica Domiciliar”, Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBrT 2004, Belém, PA, 2004.
4. CAMPOS, A. L. P. S., ARAÚJO, L. M. e MOREIRA, R. C. O., “Investigação Experimental da Vazão de uma Rede Local de Computadores Homeplug 1.0”. Revista Holos, Ano 22, Dezembro de 2006, pp. 37 – 46.
5. CARVALHO, F. B. S. e ALENCAR, M. S., “Transmissão de Dados via Rede Elétrica para o Canal de Interatividade da Televisão Digital”. In: Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica e Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo (MOMAG 2006), 2006, Belo Horizonte, Brasil.
6. LEE, M. K. *et. al.*, “*HomePlug 1.0 Powerline Communication LANs –Protocol Description and Performance Results version 5.4*”, *International Journal of Communication Systems*, 2002, pp. 1 – 25.
7. LIN, Y. J., LATCHMAN, H. A. e NEWMAN, R. E., “*A Comparative Performance Study of Wireless and Power Line Networks*”, *IEEE Communications Magazine*, vol. 41, no. 4, 2003, pp. 54.63.
8. MARKARIAN, G. e HUO, X., “Distribution of Digital TV Signals over Home Power Line Networks,” *Int. Symposium on Power Line Communications and Its Applications*, pp. 409-413, Apr. 2005.