



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**ESCOLA DE INFORMÁTICA APLICADA**

**Implementação e Análise de Transmissão de Dados usando a Rede  
Elétrica do CCETUnirio**

Diogo Ferreira da Silva

Orientadora: Profa.Morganna Diniz

Projeto de Graduação apresentado à  
Escola de Informática Aplicada da  
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
(UNIRIO) para obtenção do título de  
Bacharel em Sistemas de Informação.

## **Resumo**

Existem atualmente equipamentos, tecnologias e estruturas que se propõem a oferecer conectividade em nossos ambientes domiciliares e profissionais. Esses meios de conectividade são classificados em: com novos fios, sem fios e sem novos fios. A primeira proposta utiliza fios de cobre ou fibra ótica para a transmissão de dados. A segunda proposta usa o espaço livre (o ar) para a propagação de sinais. A terceira proposta utiliza a infraestrutura existente, como a rede elétrica, para a transmissão de dados.

O objetivo deste projeto é discutir a proposta de transmissão de dados usando a rede elétrica já existente no local, ou seja, sem novos fios. São analisados os protocolos do padrão HomePlug Green PHY (HPGY) por uma implementação em ambiente real e usando a rede elétrica do CCET/UNIRIO.

# 1. Introdução

Uma demanda crescente por conectividade em ambientes domésticos e profissionais já é realidade com a necessidade de compartilhar recursos e acesso a Internet em banda larga. Existem várias propostas que visam suprir essa necessidade. Entretanto, características como número de pontos de acessos e distância entre esses pontos são importantes na escolha de qual tecnologia será usada. Além disso, é preciso levar em consideração a maior interconectividade dos aparelhos domésticos e do ambiente de trabalho, a qualidade do serviço, o custo e o desempenho da tecnologia a ser adotada.

Até pouco tempo, a tecnologia mais usada para a comunicação entre equipamentos era a cabeada. Neste caso, normalmente existe a necessidade de passar fios para criar ou incluir novos pontos de acesso para os usuários/equipamentos. Muitas vezes, isto significa quebrar paredes, requerendo tempo e um investimento maior na infraestrutura.

Uma proposta mais prática para lidar com essa situação é o padrão IEEE 802.11 [IEEE, 1999] de redes sem fio. Portanto, ela usa o ar para transmitir os dados. A tecnologia sem fio tem a mobilidade como característica singular, além de ser uma tecnologia de grande sucesso comercial. Ela tem como desvantagem a grande atenuação por influência de obstáculos que limitam a cobertura.

Outra tecnologia concorrente que também não requer gastos com cabeamento é a tecnologia sem novos fios tais como HomePlug [Lee et al., 2003] e HomePNA [ITU-T, 2001] que utilizam, respectivamente, a fiação elétrica e a fiação de telefone já existentes nos locais. A tecnologia HomePNA [ITU-T, 2001] tem a grande vantagem de usar um meio dedicado entre a central telefônica e o usuário, permitindo uma menor atenuação de sinal por influência de obstáculos. O problema é que o número de tomadas de telefone em uma residência geralmente não é grande. A tecnologia HomePlug usa a ideia de transmissão de dados pela rede elétrica, pois é comum existir tomadas de energia por todos os cômodos, de casas e

de ambientes de trabalho. O problema é que a fiação elétrica não foi projetada para a transmissão de dados em alta velocidade e pode ser um meio físico possivelmente danoso para transmissões. Segundo estudos de Pavlidou et al [Pavlidou et al., 2003], o meio elétrico tende a ser pior que o meio sem fios em termos de atenuação e ruído.

O objetivo deste projeto é discutir a proposta de transmissão de dados usando a rede elétrica existente no local, ou seja, sem novos fios. Serão analisados os protocolos do padrão HomePlug Green PHY (HPGY). O padrão HPGY tem como principal preocupação a robustez durante, a transmissão de dados e utilização otimizada dos aparelhos conectados a ela. Esse padrão tem como maior concorrente, e objeto de comparação, a tecnologia de redes sem fios, uma vez que esta também não gera gastos de cabeamento e afins.

## 2. Origem da Comunicação via Rede Elétrica

Os padrões de modulação de sinais como HomePlug e HomePNA só são possíveis graças ao desenvolvimento da transmissão de dados via rede elétrica (Power-Line Communication) onde no meio físico elétrico, a corrente alternada, é adicionado um sinal de portadora modulado.

A corrente alternada transmite energia em uma frequência típica de 50 ou 60 Hertz(Hz) para levar eletricidade às casas, mas os circuitos elétricos possuem uma habilidade limitada de propagar sinais de altas frequências sendo este ultimo, um fator limitante para alguns tipos de comunicação por este meio físico.

Com o objetivo de dados pela rede elétrica, o princípio básico de funcionamento das redes Power-Line-Communication(PLC) é que, como a frequência dos sinais de transferência de dados está na potência dos MHz (1 a 30 MHz), e a energia elétrica é da ordem dos Hz (50 a 60 Hz), os dois sinais podem conviver, no mesmo meio.

Existem dois tipos de PLC:

- a primeira e a que será abordada é a interior (*indoor*), onde a transmissão é conduzida usando a rede eléctrica interna de uma sala, um apartamento ou de um prédio;
- a segunda é o exterior (*outdoor*), onde a transmissão é conduzida usando a rede pública exterior de energia eléctrica.

Graças ao desenvolvimento da PLC foi possível desenvolver as normas e especificações para aplicações globais em corrente alternada para propósitos de transmissão.

### 2.1- HomePlug AV.

O padrão HomePlug 1.0 foi estabelecido em Julho de 2001 e os primeiros produtos começaram a ser lançados em Novembro do mesmo ano. Este padrão nunca foi

muito popular entre os usuários domésticos, mas chegou a ser cogitado em alguns projetos governamentais de democratização do acesso à web.

Não existe um número máximo de dispositivos que podem ser adicionados à rede, mas a banda é compartilhada entre todos os dispositivos. Quanto mais dispositivos, pior será o desempenho.

O maior problema do HomePlug é que os sinais da rede se propagam por toda a instalação elétrica até o transformador da rua. Isto é um problema sobretudo em apartamentos e conjuntos residenciais, onde é comum cada prédio ou bloco compartilhar o mesmo transformador. Caso um número grande de moradores resolvesse usar redes HomePlug, sem dúvida a velocidade de transmissão decairia bastante.

## **2.2- Diferenças do padrão HomePlug AV e HomePlug GreenPHY**

O padrão HPGP é baseado no padrão HomePlug AV (HPAV) sendo eles interoperáveis entre si. O padrão GreenPHY segue os seguintes critérios para ser uma tecnologia de utilização inteligente de energia, controle de eletrônicos, automação de recursos, entre as suas aplicações:

1. Manter alta confiabilidade / robustez (que inclui alcance / cobertura), apesar da redução da complexidade;
2. Coexistência e interoperabilidade com tecnologias existentes, implantados, e padronizados;
3. Escala para apoiar para muitos dispositivos de baixa taxa em um meio compartilhado (que se traduz em elevadas taxas de bits);
4. Fornecer o consumo de energia muito reduzido;
5. Ser rentável;
6. Lidar com preocupações Time to Market (reduzir tempo e custo de chegada do produto ao mercado para mantê-lo competitivo).

O HPAV usa 3 (três) modos robustos de comunicação, chamados modos ROBO [Jim Zyren]:

- Standard ROBO Mode (STD-ROBO\_AV) - É usado para todas as transmissões comuns sem necessidades específicas
- High-Speed ROBO Mode (HS-ROBO\_AV) – é usado quando o sistema considera que se pode alcançar uma comunicação mais segura e mais rápida com um número menor de cópias lançadas a rede. É desejável para maior eficiência do meio. Por exemplo a transmissão de mídia visual, onde a perda de um ou outro frame não atrapalha a visualização mas o atraso dos dados sim.
- Mini-ROBO Mode (MINI-ROBO\_AV) – lança um número maior dos dados ao meio para garantir a transmissão dos dados causando uma transmissão mais lenta do que as opções anteriores ofereciam. É usado quando uma carga precisa de um maior nível de confiança em sua entrega.

Estes modos de comunicação são usados para vários propósitos, transmissão, dados de broadcast / comunicação multicast, configuração da sessão e troca de mensagens de gerenciamento. Todos os modos ROBO usam modulação QPSK [Maria Moura], que é uma simbologia incluída nos pacotes transmitidos com o objetivo de identificação e ordenação dos dados. O GreenPHY usa apenas estes modos.

Além da Natureza robusta em usar esses modos, há outras vantagens em só usar o ROBO para o GreenPHY:

1. o mínimo impacto sobre taxa de transferência do HPAV;
2. Interoperável com HPAV atual e futuras IEEE P1901 ;
3. capaz de suportar múltiplas taxas PHY (3,8 Mbps, 4,9 Mbps, 9,8 Mbps);
4. reutiliza a banda 2 - 30 MHz inteira;
5. reduz a complexidade de PHY (por exemplo, FEC, AFE, DFE);

6. permite os modos de baixa potência através de ciclo de trabalho reduzido (ou seja, o tempo "desperto") que definem os períodos onde as estações podem transmitir (isto visa economizar o gasto com energia).

## 2.3-O padrão HomePlug

Da mesma forma que o IEEE 802.11, o HomePlug utiliza o método de acesso múltiplo CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). Este é um método de transmissão que reduz a ocorrência de colisões em uma rede (máquina interligada através de uma rede identifica uma colisão quando o nível de sinal aumenta no interior do cabo) conforme explicação feita a seguir.

A rede HomePlug é composta por um controlador e várias estações, onde o controlador é uma estação com a responsabilidade de definir quem pode usar o meio de transmissão. Antes de transmitir efetivamente um pacote, a estação avisa sobre a transmissão e o tempo necessário para realizá-la através de um pacote chamado RTS (*Request to Send*). Este pacote é propagado para todas as estações na rede. Ao receber do controlador um pacote chamado CTS (*Clear to Send*), a estação saberá que tem a posse do canal, pois as outras estações não tentarão transmitir. Porém, o tempo que as máquinas esperam para que possam enviar seus pacotes não é indeterminado ou aleatório. As mesmas irão saber quando o meio está livre ao receber um pacote de término de transmissão, chamado ACK, da estação que alocou o meio. Essa é uma forma eficaz de administrar e ordenar o tráfego de pacotes, pois o protocolo evita colisões uma vez que é incapaz de detectá-las na fiação elétrica em função da atenuação e do ruído [Lee et al., 2003]. A Figura 1 mostra o algoritmo do protocolo CSMA/CA.



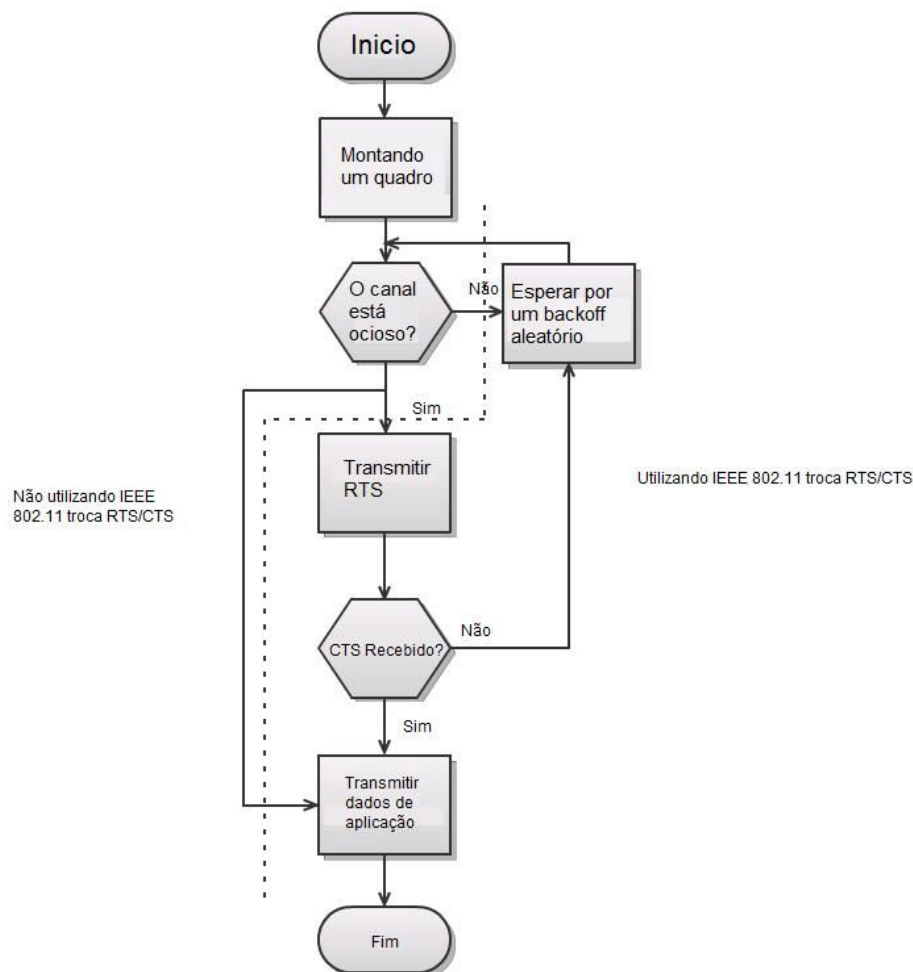


Figura 1 – Protocolo CSMA/CA (fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/File: Csma\\_ca.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Csma_ca.svg)).

Para evitar colisões, uma estação que deseja transmitir um quadro, a qualquer momento, deve inicialmente “escutar” o meio. Para determinar se o meio está ocupado, as estações usam detecção física e detecção virtual do meio. A detecção física sozinha não é suficiente devido às atenuações e ruídos [Lee et al., 2003] e funciona através do reconhecimento de preâmbulos e transmissões de sinais de prioridade. A detecção virtual do meio usa informações do quadro “escutado” para conhecer a duração da transmissão corrente e assim estabelecer um vetor de alocação. Ao estabelecer um vetor de alocação, a estação só poderá fazer sua transmissão quando o vetor expirar, pois esse define um intervalo de tempo suficiente para o fim da transmissão atual.

Para dar suporte à qualidade de serviço, o padrão utiliza quatro níveis de prioridade no acesso ao meio. As prioridades *access categories* (AC) estão associadas às classes de AC0 a AC3, sendo a classe AC3 a mais prioritária. Cada classe é definida pelo tipo de dados do tráfego, suas exigências e tempo esperado para transmitir. Quando o meio está livre, o transmissor envia um pulso de dados que depende do tempo que ele ficou esperando para transmitir ou da prioridade do seu tráfego. A junção desses dois valores determina o valor do pulso: quem tiver o maior valor recebe o acesso prioritário ao meio [Hai Jiang et al]. Por exemplo, a transmissão de voz tem maior prioridade que a transmissão de e-mails, mas se a troca de e-mails estiver há muito tempo esperando pelo uso do canal, ela pode receber uma prioridade maior. A Figura 2 mostra a disputa de prioridades de tipos de tráfego diferentes.

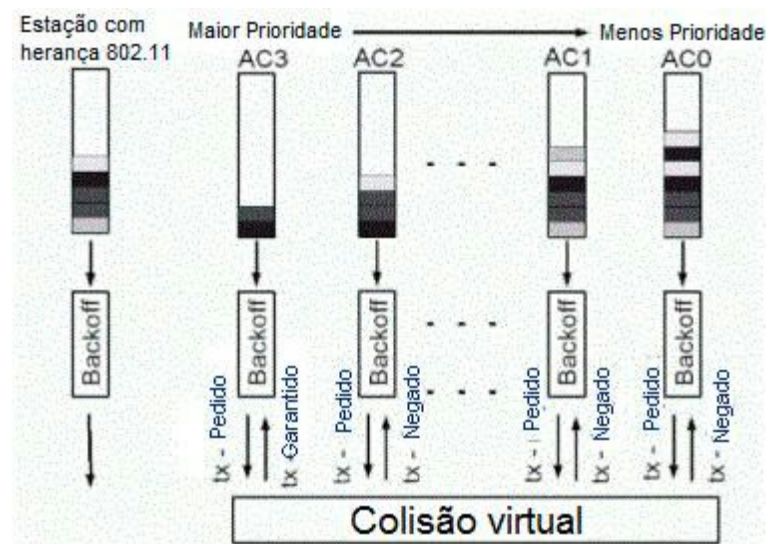


Figura 2 – Definição de prioridades

(Fonte: <http://www.wirelesscommunication.nl/>)

O protocolo divide o tempo em slots chamados CIFS (*Contention Interframe Space*), cujo valor padrão é 35,84µs. Quando o meio permanece livre, a estação entra na fase de determinação de prioridade (*Priority Resolution – PR*) onde são utilizados dois intervalos de tempo, PR0 e PR1, cada um com duração de um CIFS, para que apenas as estações com maior prioridade possam disputar o meio e transmitir. As

estações com dados de baixa prioridade só podem solicitar transmissão nos próximos PRs. A Figura 3 mostra um ambiente com 6 estações, onde é representado a disputa pelo canal, e a saída das estações com maior prioridade, as estações com bit 0 tem maior prioridade.

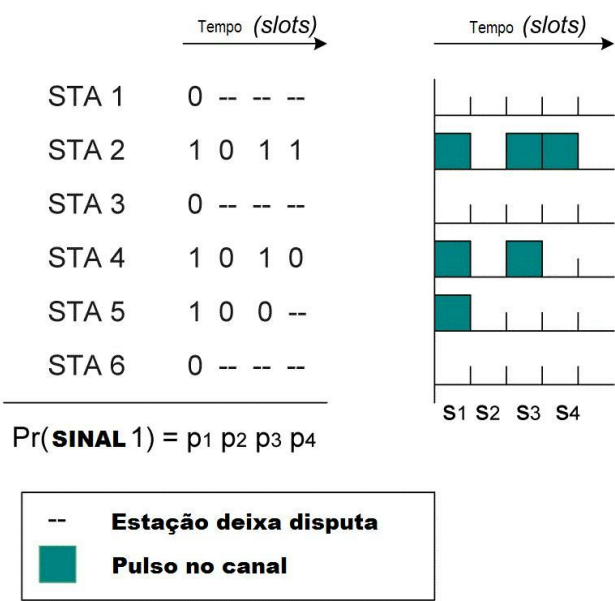


Figura 3 – estações (STA) disputando o meio no período de prioridade PR0 e PR1

(Fonte:

<http://doi.ieeecomputersociety.org/cms/Computer.org/dl/trans/tm/2011/02/figures/ttm20110201911.gif>)

A sinalização da classe de prioridade é feita para cada quadro a ser enviado através de sinais chamados PRS (*Priority Resolution Signal*) nos períodos PR0 e PR1. Os sinais de determinação de prioridade usam uma modulação *on-off*, na qual o número de cada classe representa o sinal a ser transmitido em binário [Gardner et al., 2000]. Assim, ao escutar o bit 1 em PR0, todas as estações com quadros de classes inferiores a AC2 adiam suas transmissões, voltando a esperar o meio ficar livre por CIFS. Na Figura 4 vemos como se desenvolve o período de disputa pelo meio.

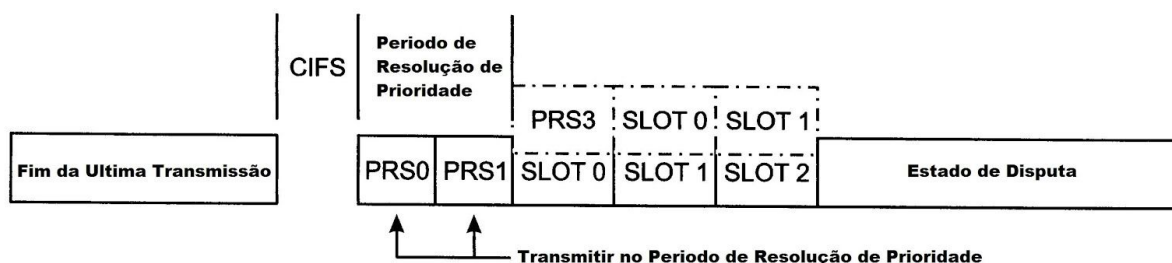


Figura 4 – Período de disputa de prioridade

(Fonte: <http://www.freepatentsonline.com/7187691-0-large.jpg>)

No período de disputa, a estação escolhe um número aleatório uniformemente distribuído entre zero e o tamanho da janela de contenção (*Contention Window - CW*) e cria um contador de *backoff* (*Backoff Counter – BC*) com um valor entre 0 e o CW. O valor de BC sorteado é multiplicado por um intervalo de tempo igual a 35,84  $\mu$ s criando um temporizador. O valor de CW depende do número de chamadas à função de *backoff* (CFB) para o quadro a ser transmitido. Em resumo, nos períodos de contenção, uma estação que deseja transmitir deve aguardar o meio ficar ocioso por um intervalo de tempo CIFS. Após este intervalo, ele então transmite o seu sinal de prioridade nos slots de resolução. Caso não haja nenhuma estação com prioridade superior ao seu tráfego, deve iniciar o seu BC e esperar sua expiração para fazer sua transmissão. O BC é decrementado de uma unidade sempre que o meio permanecer ocioso por um intervalo de tempo igual a 35,84  $\mu$ s. A tabela 1 apenas apresenta os valores padrões do protocolo HomePlug.

| AC  | Cwmin                | Cwmax                |
|-----|----------------------|----------------------|
| AC1 | aCWmin               | aCWmax               |
| AC2 | aCWmin               | aCWmax               |
| AC3 | $(aCWmin+1) / 2 - 1$ | aCWmin               |
| AC4 | $(aCWmin+1) / 4 - 1$ | $(aCWmin+1) / 2 - 1$ |

Tabela 1 – Valores padrões para o AC

O contador de adiamentos (*Deferral Counter* - DC) é um mecanismo criado para evitar colisões aumentando o número de vezes que a função de *backoff* é chamada para o quadro a ser transmitido. Logo, a função de *backoff* pode ser chamada mesmo que não haja uma colisão. Uma estação faz uma chamada à função de *backoff* (CFB) sempre que ocorre uma colisão ou quando a probabilidade de ocorrência da mesma é considerável, o que é indicado pelo DC. O mecanismo empregado indica a alta probabilidade de colisão quando o contador de adiamentos atinge zero. Quando o DC é zero, a janela de contenção é incrementada ao perceber o meio sendo ocupado por outra estação, diminuindo acima a probabilidade de colisões. Quando CW e DC de uma estação atingem seus valores máximos, esses permanecerão constantes mesmo que haja novos incrementos. Os valores para DC e CW definidos pelo padrão HomePlug são apresentados na Tabela 2 [Miguel et al].

|     |   |    |    |          |
|-----|---|----|----|----------|
| CFB | 0 | 1  | 2  | $\geq 2$ |
| CW  | 7 | 15 | 31 | 63       |
| DC  | 0 | 1  | 3  | 15       |

Tabela 2 – Valores padrões do HomePlug

Sendo assim durante a transmissão de um quadro, uma estação deve esperar um intervalo de tempo CIFS e após o período de resolução de prioridade, esperar mais um intervalo de tempo aleatório (*backoff*). Durante o período de disputa, uma estação transmissora deve escutar o meio, se o meio permanecer ocioso até o término do *backoff*, a estação transmite seu quadro. Se o meio for ocupado por outra transmissão, a estação verifica seu DC e o decrementa se este não estiver nulo. Em seguida, pausa o seu *backoff* e o reinicia quando houver uma nova oportunidade de transmissão, ou seja, quando o meio ficar livre por CIFS e a sua prioridade permitir a transmissão. Se o DC estava nulo, a estação faz uma nova chamada à função de

*backoff* e aguarda o meio ficar ocioso novamente para iniciar um novo período de disputa.

Após transmitir um quadro de dados, a estação aguarda o reconhecimento positivo (*Acknowledgement* - ACK). Se o ACK não for recebido, a estação considera que uma colisão ocorreu, faz uma chamada a sua função de backoff e espera o meio ficar ocioso novamente para fazer uma retransmissão. Se o ACK for recebido, a estação atribui os valores mínimos a DC e CW.

### **3-Proposta**

O objetivo do projeto é estudar e implementar uma rede de dados com a tecnologia HPGY que consiste na transmissão de dados através da infraestrutura de rede elétrica na infraestrutura de informática da Unirio.

O problema a ser estudado diz respeito à qualidade dessa tecnologia quando comparada a outras tecnologias como redes cabeadas e redes sem fio, pois ao usar a mesma infraestrutura da fiação elétrica torna-se necessário lidar com questões como interferências e ruídos gerados por outros equipamentos.

O estudo tomou como base a utilização de um ambiente real considerando varias fontes de atenuações no meio. Os ambientes utilizados foram as instalações da faculdade Unirio, laboratório 1, laboratório de computadores Mac de sistema operacional IOS, laboratório 2 e laboratório 3, com computadores de sistema operacional Windows 10.

Após a configuração do laboratório, foram feitos testes de troca de dados entre estações e o mundo exterior com o equipamento HomePlug instalado. Durante a transmissão foram analisados a qualidade da transferência de dados, pacotes perdidos e velocidade de transmissão.

Foram feitos testes com utilização do meio: computadores, ar condicionado ligados ou desligados luzes ligadas e periféricos. O objetivo de testar diferentes combinações é verificar as especificações do protocolo HPGY e assim fazer uma ampla coleta de dados.

Primeiramente sem o Homeplug, foram feitos testes individuais da rede em cada um dos computadores, começando pelo do professor e seguindo pelos computadores utilizados pelos alunos em ordem crescente. Foi documentado, a média de velocidade de upload e download, assim como a porcentagem de pacotes perdidos

de cada um dos computadores individualmente pelo site <http://simet.nic.br/>, após a documentação os dados foram estudados e deliberações foram feitas.

Em seguida com o Homeplug, serão feitos testes individuais da rede em cada um dos computadores, começando pelo do professor e seguindo pelos computadores utilizados pelos alunos em ordem crescente. Será documentado a média de velocidade de upload e download, assim como a porcentagem de pacotes perdidos de cada um dos computadores individualmente pelo site <http://simet.nic.br/>, após a documentação os dados foram estudados e deliberações foram feitas.

Após ambas coletas haverá comparação entre o desempenho das tecnologias assim como fatores atenuantes ao Homeplug, aprofundamento das descobertas durante os testes e outras deliberações.

As especificações do ambiente serão listadas abaixo.

### **3.1- Ambiente**

Este projeto usou o laboratório de redes da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio), estabelecendo o equipamento do HPGY junto à rede elétrica dos laboratórios. Com o experimento foi verificada a transmissão de dados em um meio de contenção, isto é, computadores irão disputar o meio com outros aparelhos elétricos como ar condicionado, lâmpadas, e periféricos conectados a rede elétrica. O objetivo é testar variações de atenuações e transmissões de dados. [Antonio et al]. Na figura 6, laboratório 1 -Macs, figura 7 e figura 8 Laboratório 2 e 3 - Windows, representam o ambiente utilizado.





Figura 6 – Laboratório 1 da UNIRIO unidade Urca, Laboratório de Macs



Figura 7 – Laboratório 2 da UNIRIO unidade Urca, Laboratório de Windows



Figura 8 – Laboratório 3 da UNIRIO unidade Urca, Laboratório de Windows



As especificações da internet a ser utilizada no projeto são as seguintes: Não existe banda contratada. O provedor de internet é um órgão público com o qual há um link de rádio cuja banda varia em função das condições de antena, visada, interferência etc. A banda não ultrapassa os 100 Mbps e ela pode variar.

Variações na rede elétrica da Unirio durante os testes foram estudados e documentados caso causassem grandes variações nas medições, assim poderam ser avaliadas e entraram no escopo do estudo e na conclusão.

A coleta de dados no Laboratório 1 foi feita com todos os computadores, ar condicionado, luzes, televisão e hack com seus switchs ligados. Um dos homeplugs será conectado diretamente ao switch como na figura 9 e o outro foi conectado a cada um dos computadores da sala,

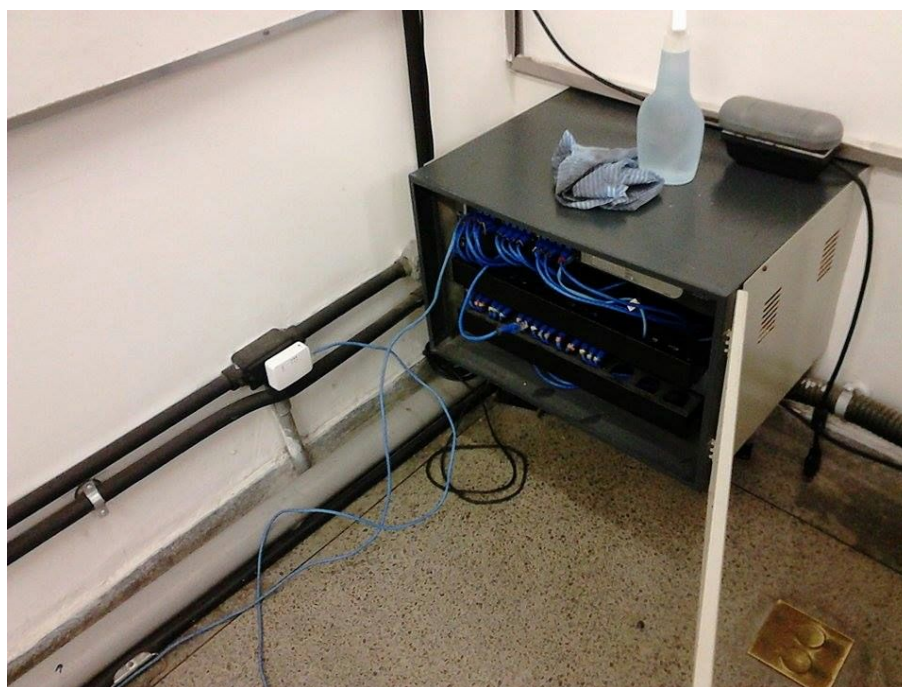


Figura 9 – Switch do Laboratório 1 da Informática, atrás da mesa do professor

No laboratório 1, são 13 estações de trabalho, 1 ar condicionado e 1 televisão. Foram utilizadas as tomadas adjacentes aos computadores para minimizar qualquer variável ou inconsistência nos testes como é possível observar na figura 10



Figura 10 – Computador com Homeplug conectado no Laboratório 1 da Informática  
A coleta de dados no Laboratório 2 foi feita com todos os computadores, ar condicionado, luzes, Televisão e hack com seus switches ligados. Um dos homeplugs foi conectado diretamente ao switch como na figura 11 e o outro foi conectado a cada um dos computadores da sala, um de cada vez.



Figura 11 – Switch do Laboratório 2 da Informática, atrás do quadro de aula

No laboratório 2, são 25 estações de trabalho, 24 monitores, 1 ar condicionado e 1 televisão. Foram utilizadas as tomadas adjacentes aos computadores para minimizar qualquer variável ou inconsistência nos testes como é possível observar na figura 12.

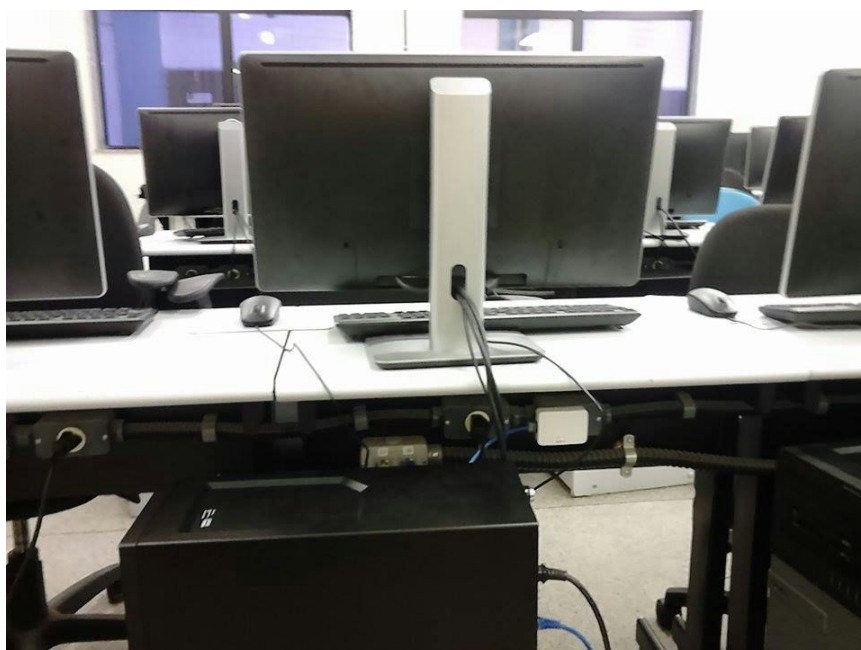


Figura 12 – Computador com Homeplug conectado no Laboratório 2 da UNIRIO  
unidade Urca

A coleta de dados no Laboratório 2 foi feita com todos os computadores, ar condicionado, luzes, televisão e hack com seus switches ligados. Um dos homeplugs foi conectado diretamente ao switch como na figura 13 e o outro foi conectado a cada um dos computadores da sala, um de cada vez,

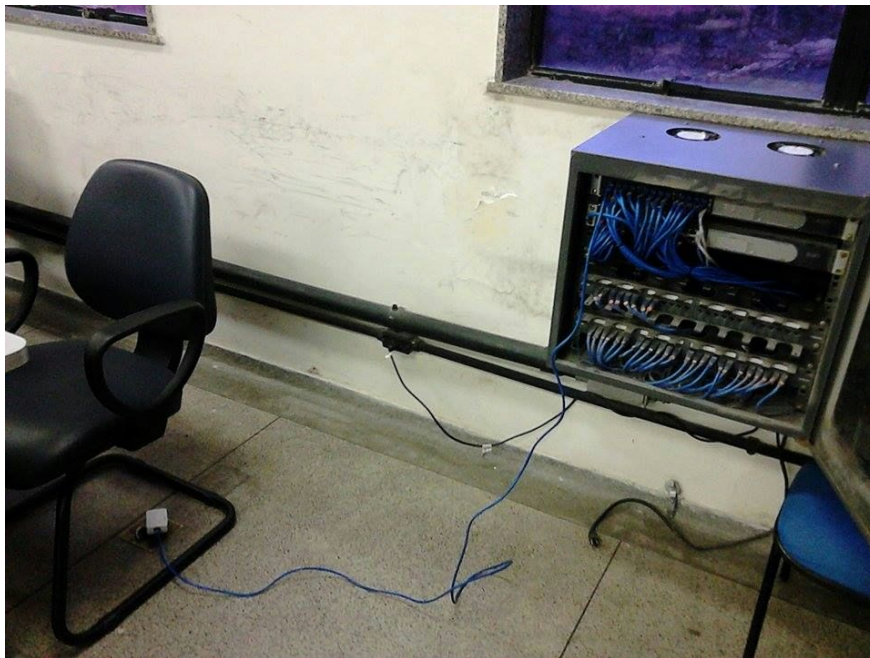


Figura 13 – Switch do Laboratório 3 da Informática, atrás do quadro de aula

No laboratório 3, são 26 estações de trabalho, 26 monitores, 1 ar condicionado e 1 projetor. Foram utilizadas as tomadas adjacentes aos computadores para minimizar qualquer variável ou inconsistência nos testes como é possível observar na figura 14.





Figura 14 – Computador com Homeplug conectado no Laboratório 3 da Informática

### **3.2- Ambiente Simet**

Simet ou Sistema de Medição de Tráfego Internet é um conjunto de sistemas que testa a qualidade da sua Internet e define que a medição deve ocorrer do terminal do Assinante ao PTT (Ponto de Troca de Tráfego), o que seria equivalente a medir o trânsito partindo da casa do usuário e atravessando a cidade até uma das saídas para as rodovias que conduzem a outras cidades. Se houver alguma via da rede congestionada neste trajeto, esse congestionamento será detectado. Certamente é uma medição mais adequada do que a primeira citada.

Ao conectar os computadores ao site da Simet podemos ver o teste iniciar normalmente como na figura 15, o próprio site seleciona o melhor servidor para testes.



BÁSICO

AVANÇADO

MAPA DE QUALIDADE DA INTERNET

Plano Contratado

Local de acesso

100 Mbit/s

VELOCIDADE:

Testando...

LATÊNCIA:

Testando...

BANDA CONTRATADA:

100.00 Mbit/s

VELOCIDADE DE UPLOAD

VELOCIDADE DE DOWNLOAD

Os valores apresentados são relativos a sua velocidade TCP, para visualizar o teste completo [CLIQUE AQUI!](#)

Figura 15 – Tela de medição do Simet

A media dos testes é retirada a partir do histórico dos testes que se encontra na página, figura 16

nic.br | cgi.br

SIMET

IMPrensa |   

Para Você ▾ Para AS ▾ Acessar ▾ Mapa da Internet FAQ Quem somos Contato

# Histórico de testes

Seu  
Identificador:

VER HISTÓRICO

FAZER TESTE

Você não possui um identificador? Acesse o site do SIMET e realize um teste da velocidade de sua conexão.

Seu teste mais recente pode demorar até dois minutos para aparecer aqui depois do seu término. Se ele ainda não estiver aparecendo, espere 2 minutos e recarregue a página.

Figura 16 –Tela de histórico de medições da Simet

## **4-Testes**

Os nomes dos computadores são denotados da seguinte forma, primeiro sempre é o computador utilizado pelo professor, computadores posteriores são denominados da seguinte forma, Lab1, para identificar o laboratório, e um numero de dois dígitos, para identificar o numero e posição do computador, por exemplo Lab101 seria primeiro computador do laboratório 1.

Testes estão divididos entre testes com Homeplug (com HP) e sem Homeplug (sem HP) e todos os valores estão em Mbps.

### **4.1-Analise dos testes**

Os adaptadores Homeplug se encontram na rede elétrica da mesma forma que computadores se encontram em uma rede Ad hoc, a responsabilidade pela organização e controle da rede é distribuída entre os próprios terminais.

Durante os testes foram documentadas variações de taxa de transmissão durante a utilização do Homeplug, tais variações ocorreram por variação elétrica na rede da faculdade causando interferência nas transmissões de dados pela rede elétrica.

Foi possível identificar tais variações elétricas pelo próprio aparelho, uma vez que quando há muita interferência elétrica a luz de powerline ou Homeplug (luz do meio) muda de cor, verde para conectividade ideal e sem interferência elétrica, transferências maiores do que 80 Mbps são possíveis, laranja para conexão afetada pela interferência elétrica, apenas transferências entre 80 Mbps e 20 Mbps possíveis, e vermelho para conexão péssima afetada completamente pela interferência elétrica, apenas transferências a menos de 20 Mbps possíveis.

Apenas a luz com cor verde (Figura 17) e vermelha (Figura 18) foram observadas durante todos os testes e seus efeitos documentados.

Vale observar que apesar do ambiente trabalhado estar sempre padrão em todos os testes, a rede elétrica dos laboratórios oscila em momentos diferentes, dias diferentes e por períodos distintos, sendo assim é válido ressaltar que a rede elétrica do ambiente estudado é afetado por fontes externas

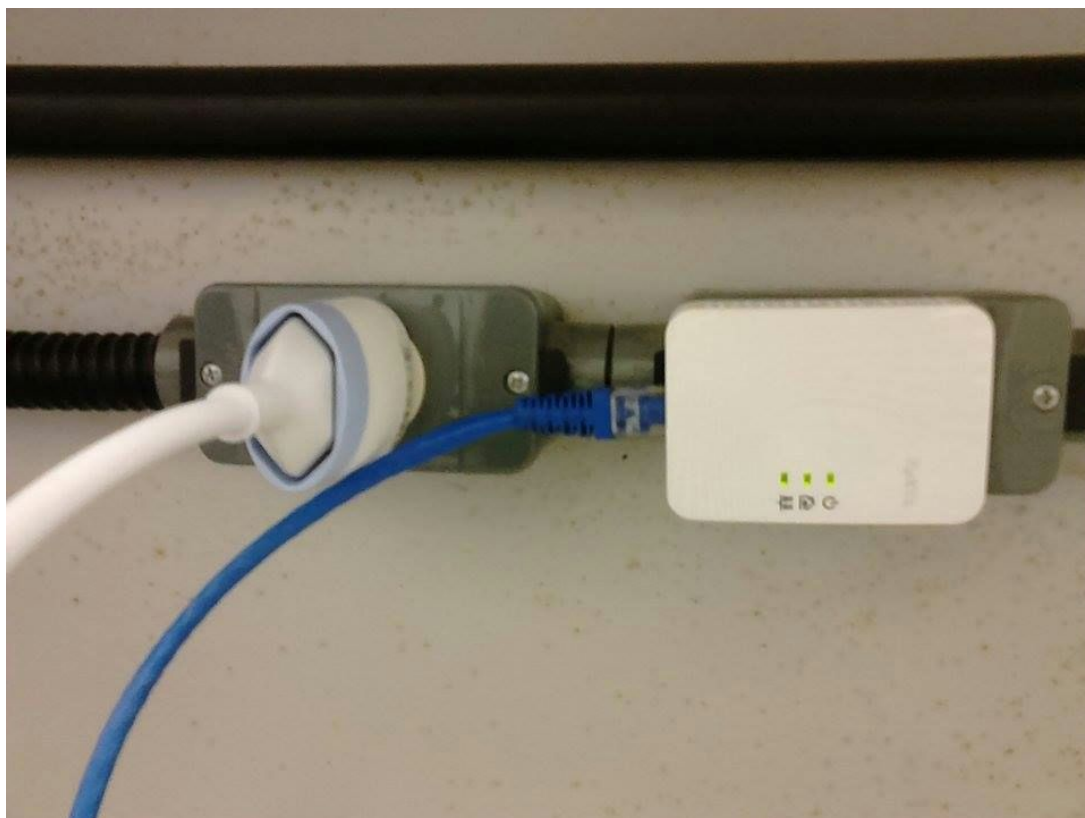


Figura 17 - Homeplug em um socket com tensão elétrica baixa



Figura 18 - Homeplug em um socket com tensão elétrica alta

#### **4.1.1-Laboratório 1**

A tecnologia do Homeplug não apresentou nenhuma incompatibilidade com os computadores Mac, o adaptador funcionou normalmente com plug and play na rede elétrica e suas funcionalidades não apresentaram comportamento inesperado em nenhum momento da utilização. Resultados dos testes são mostrados na Gráfico 1 sem Homeplug e Gráfico 2 com Homeplug.

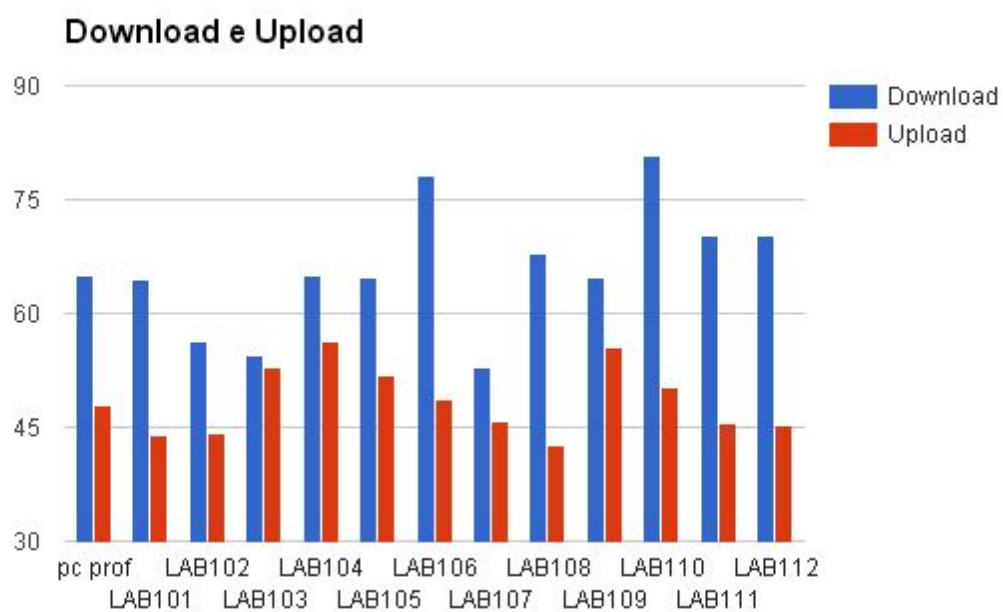


Gráfico 1 - Resultados dos testes do Laboratório 1 sem Homeplug

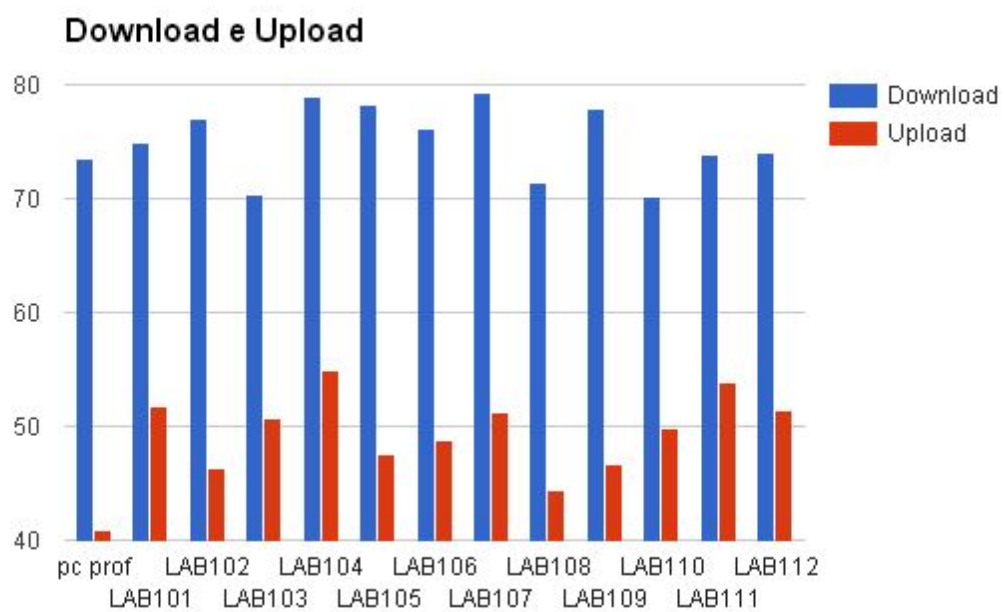


Gráfico 2 - Resultados dos testes do Laboratório 1 com Homeplug

Os testes do laboratório 1 ocorreram sem grandes oscilações, as diferenças entre as medições sem Homeplug estão dentro da normalidade de acordo com o contrato de internet, as diferenças entre as medições com Homeplug estão dentro da normalidade de acordo com o contrato de internet e não foi documentado oscilações na rede elétrica , as diferenças entre os dois tipos de medições também não apresentaram nenhuma grande discrepância

Foi então feito teste com 3 estações com homeplug coletando dados de velocidade ao mesmo tempo ,seu resultado demonstrado na gráfico 3, e fazendo ping em conjunto em direção a um unico homeplug conectado ao switch.



Gráfico 3 - Resultados dos testes de uso simultâneo da rede do Laboratório 1 com Homeplug

Em todos os momentos e em todos os testes não houve nenhuma perda de pacote utilizando como testes pings disparados do terminal do Mac tendo como destino o site do google, como demonstrado na Figura 19.

```

64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=981 ttl=56 time=5.498 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=982 ttl=56 time=5.299 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=983 ttl=56 time=7.154 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=984 ttl=56 time=5.298 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=985 ttl=56 time=5.607 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=986 ttl=56 time=5.595 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=987 ttl=56 time=5.422 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=988 ttl=56 time=5.582 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=989 ttl=56 time=5.615 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=990 ttl=56 time=5.537 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=991 ttl=56 time=5.328 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=992 ttl=56 time=5.828 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=993 ttl=56 time=5.179 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=994 ttl=56 time=5.087 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=995 ttl=56 time=5.623 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=996 ttl=56 time=5.407 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=997 ttl=56 time=5.648 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=998 ttl=56 time=6.484 ms
64 bytes from 216.58.222.99: icmp_seq=999 ttl=56 time=5.094 ms

--- www.google.com.br ping statistics ---
1000 packets transmitted, 1000 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 4.008/5.476/12.207/0.713 ms
bsis-iMac-6:~ labccet$

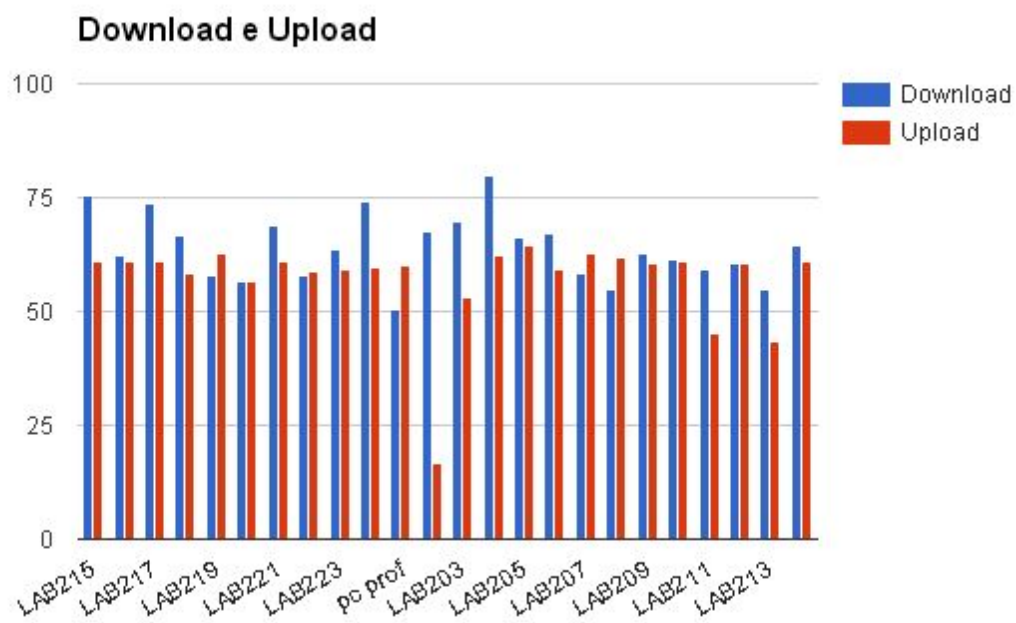
```

Figura 19 - Testes simultâneos de pings resultados do Mac Lab103

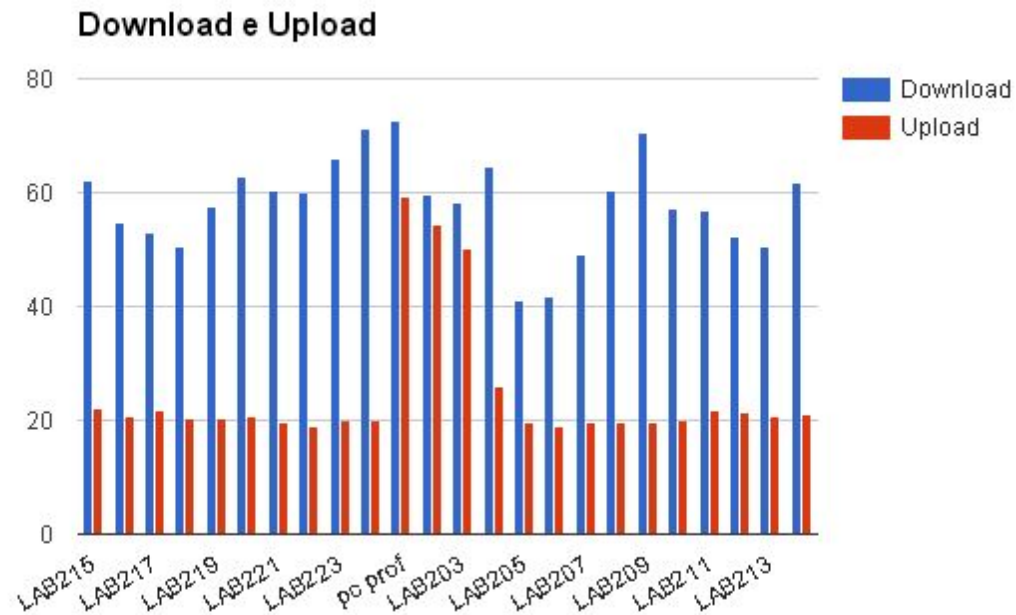
#### 4.1.2-Laboratório 2

A tecnologia do Homeplug não apresentou nenhuma incompatibilidade com os computadores Windows, o adaptador funcionou normalmente com plug and play na rede elétrica e suas funcionalidades não apresentaram comportamento inesperado em nenhum momento da utilização. Resultados dos testes são mostrados na Gráfico 4 sem Homeplug e Gráfico 5 com Homeplug.





**Gráfico 4 - Resultados dos testes do Laboratório 2 sem Homeplug**



**Gráfico 5 -Resultados dos testes do Laboratório 2 com Homeplug**

Diferenças entre as medições sem Homeplug estão dentro da normalidade de acordo com o contrato de internet, as diferenças entre as medições com Homeplug sofreram oscilações da rede elétrica.

Os testes do laboratório 2 ocorreram com com interferência elétrica constante no adaptador de Homeplug próximo ao switch, este Homeplug é responsável pelo recebimento dos dados dos computadores e o envio dos mesmo a rede externa da Unirio, responsável também pelo recebimento de dados externos requisitados pelos computadores com Homeplug. Tal interferência perdurou em quase todos os testes e atrasou o recebimento de dados ao Homeplug, refletindo durante a coleta de dados em uma diminuição da taxa de upload como pode ser notada nos testes dos computadores LAB204 a LAB224.

Os testes foram realizados de acordo com o ambiente anteriormente estipulado, deste modo foi concluído que a interferência elétrica foi causada por uma influência externa em relação as instalações do Laboratório 2.

Outras diferenças entres as medições sem Homeplug estão dentro da normalidade

Foi então feito teste com 3 estações com homeplug coletando dados de velocidade ao mesmo tempo ,seu resultado demonstrado na gráfico 6, e fazendo ping em conjunto em direção a um unico homeplug conectado ao switch.

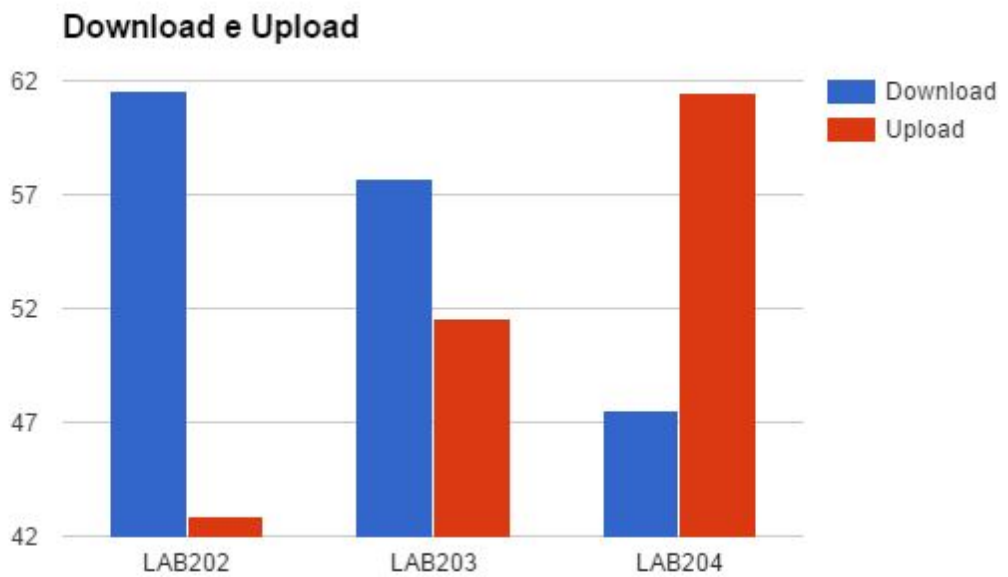


Gráfico 6 - Resultados dos testes de uso simultâneo da rede do Laboratório 3 com Homeplug

Em todos os momentos e em todos os testes não houve nenhuma perda de pacote utilizando como testes pings disparados do prompt de comando do windows tendo como destino o site do google, como demonstrado na Figura 20.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=4ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=7ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=6ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=8ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56

Estatísticas do Ping para 216.58.222.99:
  Pacotes: Enviados = 1000, Recebidos = 1000, Perdidos = 0 (0% de
    perda),
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
  Mínimo = 3ms, Máximo = 35ms, Média = 6ms

C:\Users\CCET>
```

Figura 20 -Testes de ping no Windows Lab203

### 4.1.3-Laboratório 3

A tecnologia do Homeplug não apresentou nenhuma incompatibilidade com os computadores Windows, o adaptador funcionou normalmente com plug and play na rede elétrica e suas funcionalidades não apresentaram comportamento inesperado em nenhum momento da utilização. Resultados dos testes são mostrados na Tabela 5.

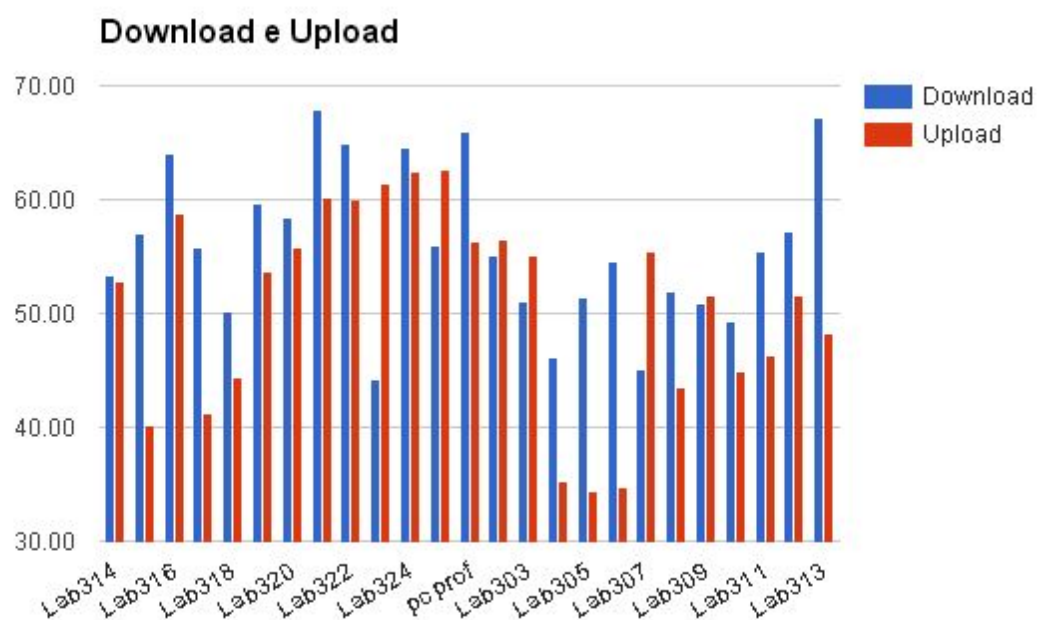


Gráfico 7 -Resultados dos testes do Laboratório 3 sem Homeplug

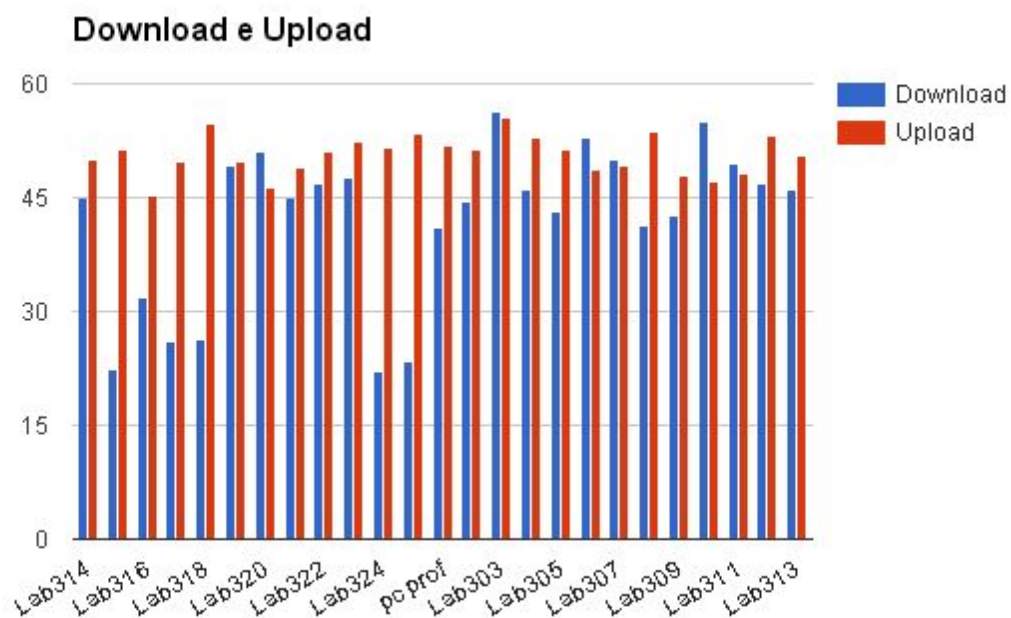


Gráfico 8 - Resultados dos testes do Laboratório 3 com Homeplug

Diferenças entre as medições sem Homeplug estão dentro da normalidade de acordo com o contrato de internet, as diferenças entre as medições com Homeplug sofreram oscilações da rede elétrica.

Os testes do laboratório 3 ocorreram com interferência elétrica pontual no adaptador de Homeplugs próximos aos computadores, estes Homeplugs receptor é o localizado perto dos switches e é o responsável pelo recebimento dos dados da rede externa da Unirio e o envio dos dados de requisição de cada computador para rede externa da Unirio com Homeplug. Tal interferência perdurou em alguns testes ocorrendo em lugares físicos específicos do Laboratório 3 e isso atrasou o recebimento de dados ao Homeplug, refletindo durante a coleta de dados em uma diminuição da taxa de download como pode ser notada nos testes dos computadores LAB325, LAB324, LAB315 a Lab318.

Os testes foram realizados de acordo com o ambiente anteriormente estipulado, deste modo não foi possível, sem um conhecimento prévio da infraestrutura elétrica do Laboratório 3, concluir se a interferência elétrica foi causada por uma influência externa nos locais específicos dos testes ou pela infraestrutura elétrica do Laboratório 3.

Outras diferenças entre as medições sem Homeplug estão dentro da normalidade.

Foi então feito teste com 3 estações com homeplug coletando dados de velocidade ao mesmo tempo, seu resultado demonstrado no gráfico 9, e fazendo ping em conjunto em direção a um único homeplug conectado ao switch.

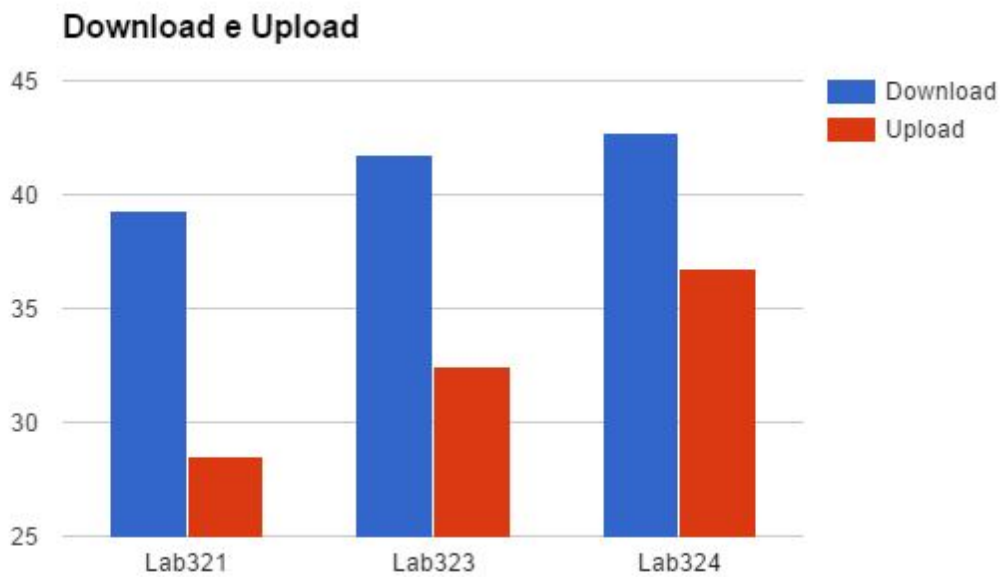
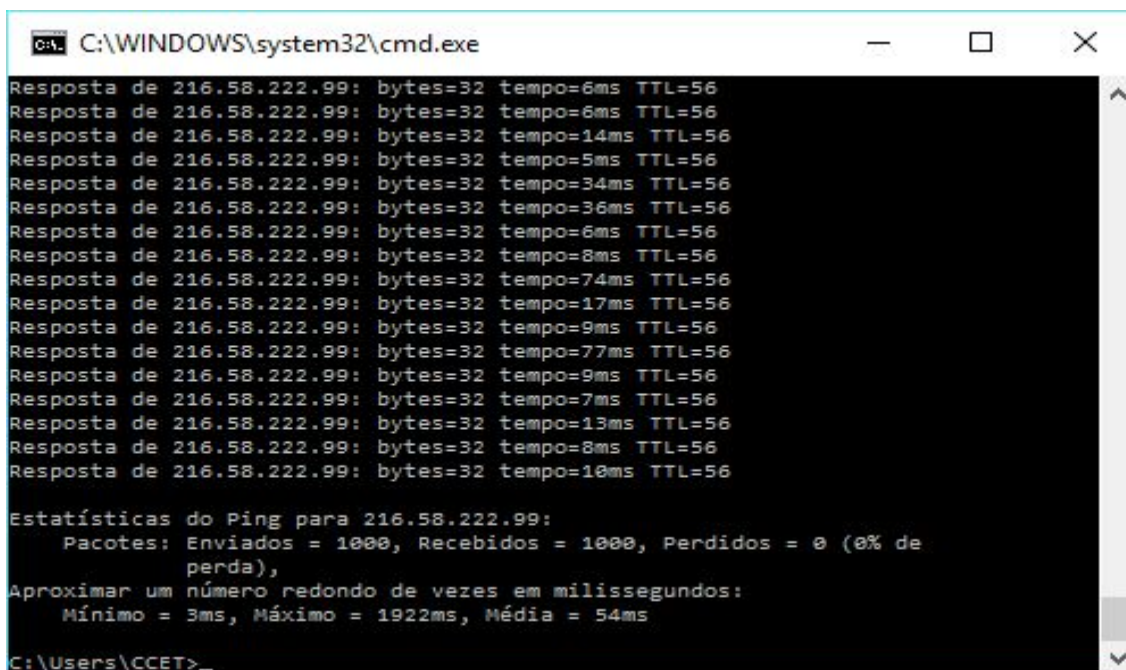


Gráfico 9 - Resultados dos testes de uso simultâneo da rede do Laboratório 3 com Homeplug

Em todos os momentos e em todos os testes não houve nenhuma perda de pacote utilizando como testes pings disparados do prompt de comando do windows tendo como destino o site do google, como demonstrado na Figura 21, o tempo em mil segundos foi maior pelo teste ter sido feito em um dos computadores com download afetado pela interferência elétrica do local.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=6ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=6ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=14ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=5ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=34ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=36ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=6ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=8ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=74ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=17ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=9ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=77ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=9ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=7ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=13ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=8ms TTL=56
Resposta de 216.58.222.99: bytes=32 tempo=10ms TTL=56

Estatísticas do Ping para 216.58.222.99:
  Pacotes: Enviados = 1000, Recebidos = 1000, Perdidos = 0 (0% de
    perda),
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
  Mínimo = 3ms, Máximo = 1922ms, Média = 54ms
C:\Users\CCET>
```

Figura 21-Testes de ping no Windows Lab322

#### 4.1.4-Wifi

Por Homeplug se tratar de uma tecnologia “sem novos fios”, também foi feito testes na rede sem fio, uniriotec-alunos, aberta a todos.

Os testes apresentaram valores muito inferiores aos obtidos com a rede cabeada comum e com o Homeplug, em media 5,62Mb/s de download e 4,57 Mb/s de upload sem perdas de pacotes em todos os laboratórios.

## 5-Conclusão

Após todos os testes chegamos a conclusão que em ambientes com meio WiFi bem disputado a tecnologia Homeplug é uma opção valida uma vez que apresenta resultados melhores em relação ao WiFi.

Já sobre cabeamento convencional é possível inferir que quando ocorre instabilidade no meio elétrico o cabeamento convencional tem resultados melhores devido ao seu meio isolado, em um ambiente sem instabilidade elétrica o Homeplug



tem o mesmo desempenho ao cabeamento convencional e não é preciso muitas mudanças na infraestrutura para utilizá-lo.

O maior problema lógico encontrado foi em como identificar e estudar as fontes de interferência do meio elétrico e se seria possível isolar tais interferências para otimizar a utilização do Homeplug.

A dificuldade física encontrada foi a separação da rede elétrica dos três laboratórios impossibilitando uma rede local Ad hoc entre os laboratórios, hoje feito por TCP/IP. Caso fosse possível as trocas internas, entre os computadores dos laboratórios, seriam feitas por Ad hoc e as trocas externas, do switch para internet, seriam feitas por TCP/IP.

A tecnologia Homeplug é um grande substituto para redes WiFi na tecnologia sem novos fios e se equipara com cabeamento UTP se sua utilização for planejada durante a criação da infraestrutura elétrica. Atualmente na Unirio, é possível utilizar o Homeplug, mas por não ser possível utilizar essa tecnologia de maneira otimizada, e pela infraestrutura dos cabos UTP já estarem bem distribuídos, não traria nenhum benefício a curto ou a longo prazo para instituição a menos que mudanças fossem pensadas.

Há um projeto de transformar uma da faculdade em um novo laboratório, não seria conectar pela rede elétrica atual o laboratório a internet pois a a fase da eletricidade não está ligada diretamente a transferência de dados, seria necessário levar um único cabo até a sala, conectar a um homeplug e utilizar o cabeamento elétrico da sala para disseminar a rede.

## **5.1-Trabalhos futuros**

Para a melhor utilização do Homeplug na infraestrutura dos laboratórios seria necessário algumas mudanças para que a tecnologia fosse melhor aproveitada assim tornando ainda mais interessante a instalação do mesmo nesse ambiente.

Cada uma das mudanças teria que ser teste e validada para se ter certeza que trariam benefícios reais ao ambiente.

### **5.1.1- Conectar circuitos elétricos**

Esta solução visa a possibilidade de se trocar informações entre os laboratórios sem precisar do cabeamento comum ou rede wifi. Usando apenas o Homeplug para os computadores se comunicarem e precisando apenas de uma saída de dados para o mundo externo.

A transmissão de dados é interrompida a partir do momento que os circuitos elétricos dos laboratórios se encontram isolados, deste modo informações despejadas na rede elétrica de um laboratório não alcança os outros.

Uma vez que tenha uma ponte entre os laboratórios será possível a troca de dados com menos Homeplugs e os dados poderiam ser trocados entre os três laboratórios diretamente.

### **5.1.2- Conectar homeplugs direto ao servidor**

Esta solução idealiza uma maneira de descartar a infraestrutura de cabos de rede e mesmo assim manter o acesso a internet aos laboratórios da faculdade.

A única maneira de descartar a infraestrutura de cabos de rede seria fazer a ponte do servidor de dados da Unirio aos laboratórios apenas pelo homeplug.

Caso esta implementação funcione, seria possível conectar apenas um cabo de rede em cada laboratório direto ao Homeplug, um papel análogo ao switchs hoje, assim os dados seriam despejados direto na rede elétrica de cada laboratório dispensando a necessidade de novos cabos.

### **5.1.-3 Conectar laboratórios entre si com switches**

Esta solução idealiza uma maneira de descartar a infraestrutura de cabos de rede e mesmo assim manter o acesso a internet aos laboratórios da faculdade, sem uma adaptação nos circuitos das salas.

Em vez de conectar apenas os homeplugs aos servidores de dados como se fossem switches, também podemos conectar os homeplugs entre si com um switch e este switch ao servidor, deste modo poderemos ter a troca local entre os três laboratórios sem alterar o circuito elétrico ao mesmo tempo com a substituição da infraestrutura de cabos.

## 6-Referencias Bibliográficas

Antonio L. P. S. Campos, Ricardo C. O. Moreira e Lincoln M. de Araújo  
Análise de Desempenho de uma Rede de Computadores que Utiliza o Padrão Homeplug 1.0

de Souza e Silva, E., Figueiredo, D., and Leão, R. (2009). The TangramII integrated modeling environment for computer systems and networks. SIGMETRICS Perform. Eval. Rev., 36(4):64–69.

Gardner, S., Markwalter, B. e Yonge, L. (2000). Homeplug Standard Brings Networking to the Home. Relatório Técnico 12, CommsDesign.com. Acesada em <http://www.commsdesign.com/main/2000/12/0012feat5.htm>.

Hai Jiang, Member, IEEE, Ping Wang, and Weihua Zhuang, Senior Member, IEEE - A Distributed Channel Access Scheme with Guaranteed Priority and Enhanced Fairness

IEEE (1999). Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Standard 802.11.

ITU-T (2001). G.989.1: Phoneline Networking Transceivers - Foundation. Recomendação.

Jim Zyren, Atheros Communications  
- HomePlug® Green PHY Overview

Lee, M. K., Newman, R. E., Latchman, H. A., Katar, S. e Yonge, L. (2003). Homeplug 1.0 Powerline Communications LANs - Protocol Description and Performance Results. International Journal of Communication Systems, 16(5):447.473.

Maria Moura Malburg - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA  
[http://www.gta.ufrj.br/grad/04\\_2/Modulacao/](http://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/Modulacao/)

Miguel Elias M.Campista, Luís Henrique M.K.costa, Otto Carlos M.B Duarte  
-Um mecanismo Eficiente de Redução de Colisões para Transmissão de Dados Através da Fiação Elétrica Domiciliar

Pavlidou, N., Vinck, A. J. H., Yazdani, J. e Honary, B. (2003). Power Line Communications: State of the Art and Future Trends. IEEE Communications Magazine, 41(4):34.40.

ZyXEL Communications PLA4201 Reference: Power And Light Problems

TIAGO VERONESE ORTUNHO

-MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SÃO PAULO CAMPUS DE PRESIDENTE EPITÁCIO PRÁTICAS EM  
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS – PIEEE1

<https://simet.nic.br/faq.html>