

Teste comparativo de uma rede local com Wi-Fi e a tecnologia Power Line Communication

Antonio Ferreira Neto, Renato Augusto Ferreira, Tiago Tokumitsu,
Henrique Pachioni Martins

Curso de Tecnologia em Redes de Computadores - Faculdade de Tecnologia de Bauru
(FATEC)

Rua Manoel Bento da Cruz, nº 30 Quadra 3 - Centro - 17.015-171 - Bauru, SP - Brasil

{antonio.ferreira4, renato.augusto, tiago.tokumitsu,
henrique.martins01}@fatec.sp.gov.br

Abstract. *Currently, there are many ways of communication to traffic data on the network, and a different technology is the Power Line Communication (PLC), which uses the electrical grid that already exists in the environment. The reasons for the use of PLC technology are many, among which stand out the cost savings with the installation of telecommunications infrastructure. This project aims to present and perform data communication tests by electrical grid using PLC technology. So for this project we used three tools for monitoring network data traffic. With the results it is concluded that the PLC has a greater signal range and mobility in relation to the LAN conventional Wi-Fi.*

Resumo. *Atualmente, existem vários meios de comunicação para trafegar dados na rede, e uma tecnologia diferenciada é a Power Line Communication (PLC), que se caracteriza por utilizar a rede elétrica já existente no ambiente. Os motivos para o uso da tecnologia PLC são vários, dentre os quais se destacam a redução de custos com a instalação da infraestrutura de telecomunicações. Este projeto pretende apresentar e realizar testes de comunicação de dados pela rede elétrica utilizando a tecnologia PLC. Portanto, para esse projeto foram utilizadas três ferramentas para monitoramento do tráfego de dados na rede. Com os resultados obtidos conclui-se que a PLC possui um maior alcance de sinal e mobilidade em relação à rede local Wi-Fi convencional.*

1. Introdução

A utilização da tecnologia de comunicação de dados Power Line Communications para o uso das *Redes Elétricas Inteligentes (Smart Grids)*. Basicamente, esta tecnologia faz uso da infraestrutura de transmissão e distribuição de energia elétrica em regiões metropolitanas, ambientes residenciais, como meio de transmissão de dados. A vantagem das *Smart Grids* está associada ao uso contínuo de sistemas de telecomunicações capazes de atender as demandas e os requisitos de qualidade de serviço de todas as aplicações inerentes aos sistemas elétricos de potência. Atualmente, existem várias tecnologias de comunicação baseada em cabos (wireline) ou sem cabos (wireless) visando o atendimento desta demanda.

Para melhorar o uso da tecnologia *PLC* para *Smart Grids* é necessário a introdução de uma melhor abordagem nesta tecnologia. Isso se faz necessário, posto que existem restrições regulatórias quanto à potência irradiada e conduzida pelos sistemas *PLC*, falta de espectro para atendimento das demandas por largura de banda. Tudo isso

é amplificado pelo fato do canal *PLC* ser variante no tempo e serem corrompidos pela presença de ruídos impulsivos. O uso da internet no Brasil ainda é um assunto complicado pelo simples fato das operadoras aqui não serem obrigadas a disponibilizarem o total do uso que o usuário contrata.

De acordo com Anatel (2014), no Brasil as operadoras têm o direito de disponibilizar somente 40% de velocidade instantânea e 80 % de média mensal do pacote contratado. Além dessa perda de sinal que somos “obrigados” a aceitar, ainda tem as perdas de sinal pelos meios de transmissão, que são o uso do Wi-Fi, que tem uma perda significativa de sinal. Com o uso da *PLC* não haverá esse problema de perdas significativas de sinal, pois o Power Line Adapter garante praticamente o total de uso dados que o provedor de internet libera, já que ele é transmitido totalmente pela corrente elétrica, e a rede elétrica atinge praticamente todo o país.

O objetivo deste artigo é mostrar a vantagem que o uso da *PLC* tem quando se tem algum ponto cego em sua casa ou lugar onde se queira utilizar internet e não é possível o acesso pela perda do sinal. Não somente pelo fato da economia que se têm, mas pela interação que se cria, quando todos seus aparelhos eletrônicos estão automaticamente ligados na eletricidade, a partir daí, com a *PLC*, ficar online nunca se mostrou tão fácil de conectar sua geladeira com seu tablet ou Smartphone, simplesmente pelo motivo que sua internet vai percorrer pela corrente elétrica da casa, deixando todos os aparelhos conectados.

2. Redes de Computadores

Segundo Maia (2009) uma rede de computadores é um conjunto de dispositivos interligados com objetivo de trocar informações entre eles. Antigamente eram praticamente formadas por computadores e laptops, porém nos dias atuais são incluídos dispositivos como impressoras, telefones celulares, vídeo games, televisores ou qualquer dispositivo que tenha a capacidade de processar dados.

Um dos motivos para o surgimento das redes é que há a necessidade de troca de informações e compartilhamento de forma rápida e barata, por exemplo: o comércio eletrônico permite a divulgação de produtos para seus clientes na internet e os vendam em qualquer hora ou lugar facilitando muito a compra e reduzindo gastos com aluguel de uma loja física ou vendedores.

Outro motivo para o uso de uma rede de computadores é a necessidade do compartilhamento de hardware e software, para gerar economia é possível, por exemplo, compartilhar uma impressora para uso de funcionários de departamentos diferentes e também uma escola ou universidade pode muito bem compartilhar sua conexão com a internet entre seus professores e alunos.

Para Tanenbaum (2003) é denominado redes de computadores quando um conjunto de computadores independentes estão interconectados por apenas uma tecnologia. A conexão entre os computadores não é necessariamente realizada por um fio de cobre, mas também através de fibras óticas, micro-ondas, ondas de infravermelho e satélite de comunicações.

As redes de computadores são utilizadas para vários tipos de serviços, tanto por empresas quanto por pessoas. Entre estes serviços estão acesso a informações corporativas para as empresas e acesso a uma série de conteúdos e fontes de entretenimento.

Podem ser divididas em LAN (Local Area Network), MAN (Metropolitan Area Network) e WAN (Wide Area Network). As LANs envolvem um edifício, uma casa ou um escritório e trabalham em altas velocidades. MANs abrangem uma cidade, pode ser usado como exemplo um sistema de televisão a cabo que muitas pessoas o utilizam para ter acesso a Internet. As redes WANs incorporam um país ou um continente.

2.1 Redes Locais com fio

Segundo Tanenbaum (2003) a transmissão de dados na rede pode ser feita através de vários meios físicos, o mais antigo e até agora mais popular é o Par Trançado. Ele consiste em dois fios de cobre encapados, que geralmente possui aproximadamente 1 milímetro de espessura. Os fios são trançados para as ondas de diferentes partes dos fios serem canceladas, e assim diminuem a interferência.

O Cabo Coaxial também é um meio de transmissão comum, possui melhor blindagem que os pares trançados e atinge maior distância e maior velocidade. Ele compõe-se de um fio de cobre esticado na parte central, enrolado por um material isolante. O isolante é protegido por um condutor cilíndrico, na maioria das vezes uma malha sólida entrelaçada, possui alta imunidade a ruído.

Um outro meio de transmissão é o cabo de Fibra Óptica, é parecido com o cabo coaxial, porém não têm a malha metálica. No centro se localiza um núcleo de vidro com espessura próxima a de um fio de cabelo, por onde se propaga a luz, é embrulhado por um revestimento de vidro com uma taxa menor de refração ao do núcleo, para não deixar a luz escapar do núcleo. Logo após, possui uma cobertura de plástico fino para proteger o revestimento interno.

2.2 Redes Locais sem fio

De acordo com Maia (2009) nas redes sem fio, os dispositivos na rede não possuem conexão através de cabos e ao invés disso a comunicação entre eles é feita através de antenas e ondas eletromagnéticas. Suas grandes vantagens são seu baixo custo, fácil comunicação entre os usuários e mobilidade dos dispositivos. Rede sem fio é uma solução de baixo custo para prédios onde não é possível passar cabos ou quando o custo do cabeamento é alto, como não há necessidade de fios, os usuários conseguem se movimentar livremente e ainda assim usar os serviços da rede normalmente.

No entanto as redes sem fio são vulneráveis a problemas de interferência, gerando taxas de erros maiores do que nas redes cabeadas, por causa disso sua velocidade é inferior. Segurança é outro problema, já que os sinais podem ser captados por outros dispositivos, antenas, pacotes de dados podem ser capturados e lidos por pessoas mal-intencionadas, uma solução para isso seria a criptografia de seus dados.

3. Power Line Communication e as Redes Inteligentes

Segundo Lin, Latchman e Minkyu (2002), no passado as linhas de energia elétrica eram inaceitáveis para transmissão de sinais por causa da quantidade de interferência e ruídos e perda de sinal, mas a ideia de usar as redes elétricas que já existiam para transmitir dados era muito grande para ser deixada de lado.

De acordo com Ferreira et al (2010), os motivos para o uso da tecnologia *PLC* são vários, dentre os quais se destacam a redução de custos com a instalação da infraestrutura de telecomunicações, a capacidade teórica dos canais *PLC* que é superior a 2 Gbps considerando apenas a faixa de frequência entre 0 e 100 MHz, os canais *PLC* já são de propriedade das concessionárias de energia elétrica no nível de distribuição externa de energia elétrica, oportunidade para prover uma infraestrutura de dados sobre cabos de energia elétrica capaz de competir a empresas de telecomunicações no que tange ao atendimento das demandas de *Smart Grids*, oportunidade para as concessionárias de energia elétrica oferecerem serviços de dados ao seus clientes.

Com o aumento do uso de redes domésticas, muitos fornecedores usam a tecnologia sem fio e o *PLC* juntos, para a entrega de conexões com mais velocidade e menos perdas, o *PLC* sai na frente no uso doméstico dessas redes por causa da sua facilidade e preço acessível e sua principal vantagem é que não precisa a instalação de novas fiações na residência para instalação de novas redes.

A tecnologia sem fio Wireless é predominante nas redes de computadores por causa de sua mobilidade e taxas de transferências muito boas. Porém, a rede sem fio tem o problema de possuir pontos cegos na rede que não há conexão, resultado do aumento massivo de aplicativos em rede e demanda por redes com velocidade de transferências altas.

3.1 Formando Conceito *PLC*

Para Biglieri (2003), no *PLC* a transmissão de dados ocorre por meio de sinais de frequências diferentes pelo mesmo fio, a eletricidade trafega em frequência de 50 a 60 hertz por segundo e os dados na faixa de 5 a 30 megahertz (milhões de ciclos por segundo).

A criação da aliança de fabricantes HomePlug Powerline Alliance, foi o primeiro passo para impulsionar o uso de equipamentos *PLC* que envolve grandes empresas mundiais de soluções de informática. Na implementação de uma rede *PLC* há uma série de benefícios para o serviço de utilidade pública e prestação de serviços pela fornecedora de energia como a leitura automática de medidores, supervisão e gestão da empresa, notificação de quedas, caracterização de falhas, entre outras.

3.2 Redes Inteligentes e o Melhor aproveitamento da Infraestrutura

Segundo Hrasnica et al (2004), o processo que insere informação a ondas eletromagnéticas é chamada de modulação. Desta forma informações como voz ou troca de dados em uma aplicação interativa são transmitidos em uma onda eletromagnética. A modulação tem como princípio alterar o formato dos dados e transitá-la com a menor potência possível, menor distorção e recuperação dos dados originais e ao menor custo.

O uso da expressão *Smart Grid* deve ser entendido mais como um conceito do que uma tecnologia ou equipamento específico. Ela carrega a ideia da utilização intensiva de tecnologia de informação e comunicação na rede elétrica, através da possibilidade de comunicação do estado dos diversos componentes da rede, o que permitirá a implantação de estratégias de controle e otimização da rede de forma muito mais eficiente que as atualmente em uso.

3.3 Rede Elétrica

Segundo Carvalho (2006) a transmissão e distribuição da rede elétrica para a população são feitas por linhas de eletricidade, como existe uma grande rede de eletricidade, nasceu à ideia de usar essas linhas para transmissão de dados.

- Alta tensão (110 a 380 kv), conectam as fornecedoras de energia e grandes regiões, cobrem uma distância muito grande, distribuindo eletricidade a todo território e continente. Geralmente os cabos elétricos são aéreos;
- Média tensão (10 a 30 kv), distribuem energia para grandes áreas, desde regiões metropolitanas até grandes indústrias. Abastecem distâncias menores que as de alta tensão. São implementadas por cabos aéreos ou subterrâneos;
- Baixa tensão (110/220/380 v), tensão para pequenos usuários, como moradias residenciais, cobrem distâncias pequenas, no máximo alguns quilômetros. São implementadas por cabos aéreos e subterrâneos.

Nos dias atuais as redes elétricas atingem praticamente todas as regiões, ao contrário dos outros meios de comunicação. Na década de 1950 foi feito o uso da técnica de transmissão de dados em redes elétricas pela primeira vez. A técnica é caracterizada pelo uso de baixas frequências (entre 100 e 900 Hz) que é chamado de Ripple Control e na rede de alta tensão é usado baixa taxa de dados. O sistema permite uma comunicação unidirecional, e ainda é usado para o controle da iluminação dos postes nas estradas e chaveamento de cargas e de tarifação.

Essa tecnologia é apontada para reduzir o cabeamento interno e totalmente integrado de escritórios, fábricas e residências, permite implementar uma comunicação universal, com a condução de tais serviços via linhas de distribuição. Também usada para identificar equipamentos, aplicações, tecnologias e serviços que proporcionem a comunicação entre usuários pelas linhas de potência.

3.4 Softwares de monitoramento

Nesse capítulo serão apresentadas ferramentas de monitoramento de tráfego.

3.4.1 Xirrus Wi-Fi Inspector

Segundo Xirrus (s/d) é uma ferramenta muito utilizada por quem acessa a internet por meio portátil e necessita encontrar um jeito fácil de encontrar uma rede sem fio. O programa mostra a velocidade, o tipo de segurança, e o nome de cada rede disponível, além disso, ainda mostra a distância que o usuário está do ponto de acesso e permite que faça vários testes para ver a velocidade e a estabilidade da rede.

O programa ajuda a encontrar redes wireless disponíveis mais facilmente. A tela principal do Xirrus exibe quatro opções que podem ser abertas para uma visualização mais detalhada: Radar, History, Connection e Networks. Radar mostra a maneira gráfica de todas as redes Wi-Fi disponíveis na área. History mostra a intensidade do sinal das redes Wi-Fi detectadas pelo programa. Connection mostra informações específicas da rede em que o computador está conectado. Networks mostra uma tabela com informações das redes Wi-Fi encontradas pelo computador. Na Figura 1, pode-se observar a interface do Software Xirrus, onde mostra o painel de visualização de todas as redes capturadas pelo Software, e também pode-se observar as colunas com os dados de Intensidade, frequência e o Canal, os quais foram abordados nessa pesquisa.

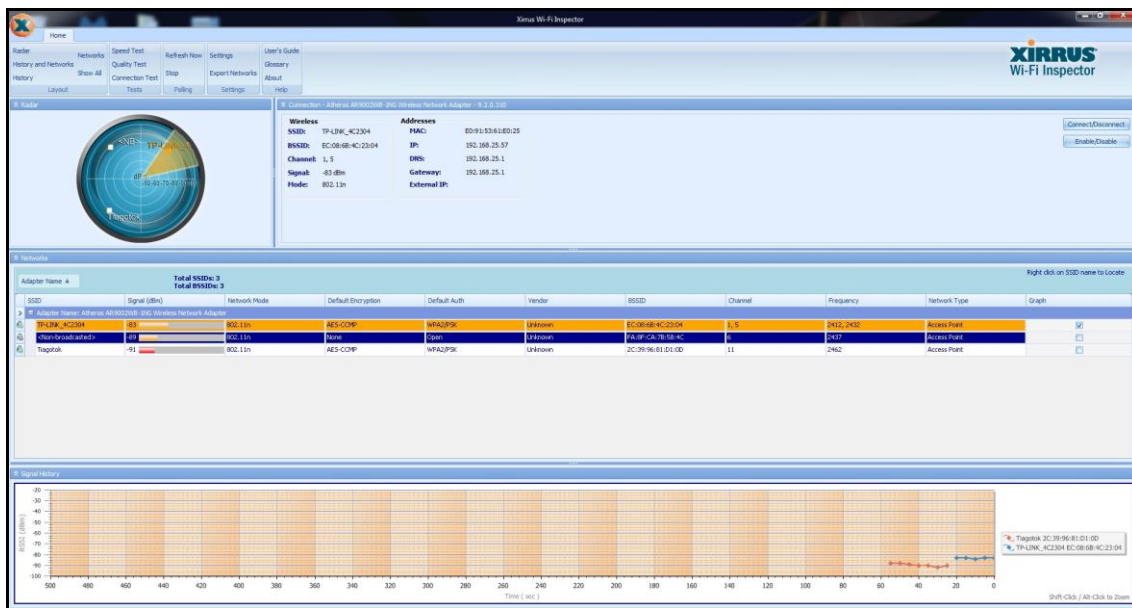


Figura 1. Interface Software Xirrus Wi-Fi Inspector
Fonte: Elaborada pelos autores, 2016.

3.4.2 Software SIMET

De acordo com o SIMET (s/d) a ferramenta tem como objetivo testar a velocidade da internet e melhorar a qualidade dos seus serviços oferecidos pelas operadoras no Brasil. Existem alguns medidores, que medem o "nível de congestionamento" de uma rede levando em conta o trânsito que vai da casa do usuário até a próxima rua. O que não seria uma boa avaliação, pois esse tipo de medição pode medir o "congestionamento da rede em sua rua", mas não no bairro ou cidade.

Esse tipo de medição mede a qualidade da chamada "última milha", o que é apenas uma pequena parte do que deveria ser medido. A Anatel, na Resolução n°574 que aprova o Regulamento de Gestão de Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia (RGQ-SCM), 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.

Outro ponto importante a considerar é o tipo de tráfego medido. Consideremos os dois tipos principais de tráfego na Internet: O que exige entrega fidedigna de dados (TCP) e o que propõe que, mesmo perdendo algo, a entrega do que for possível com o melhor esforço (UDP). Pode-se observar na Figura 2 a interface gráfica do Software SIMET, onde verifica-se na figura os dados de Velocidade de Upload e Velocidade de Download, e também é possível observar o menu "AVANÇADO", onde obtemos os resultados mais profundos, como a Latência e os dados do Jitter que será abordado mais adiante nesta pesquisa.



Figura 2. Interface Software SIMET
Fonte: SIMET, 2016.

3.4.3 Software Lan Speed Test

De acordo com Totusoft (s/d) o aplicativo LanSpeed Test é uma ferramenta gratuita para medir a transferência de arquivos, disco rígido, unidade USB, e as redes locais cabeadas e sem fio. Para isso, cria um arquivo na memória, então transfere este arquivo em duas vias mantendo controle do tempo, feito isso executa os cálculos para o usuário.

O software não mede a velocidade da internet, mas sim a troca de dados entre os micros conectados no roteador. Ele não precisa de instalação, é bem fácil de usar, basta selecionar um destino para a pasta que o software vai criar um arquivo e enviar para esse destino e clicar no botão Start Test para o programa, em segundos, calcular o tempo e velocidade para escrita e leitura do arquivo.

Na figura 3, observa-se a interface do Software Lan Speed Test, na figura pode-se observar todos os campos de dados que foram analisados por esta pesquisa, como o tamanho do pacote enviado e o tempo para levado a ser enviado, quantos Bytes e Bits por segundo demorou nesse processo de envio.

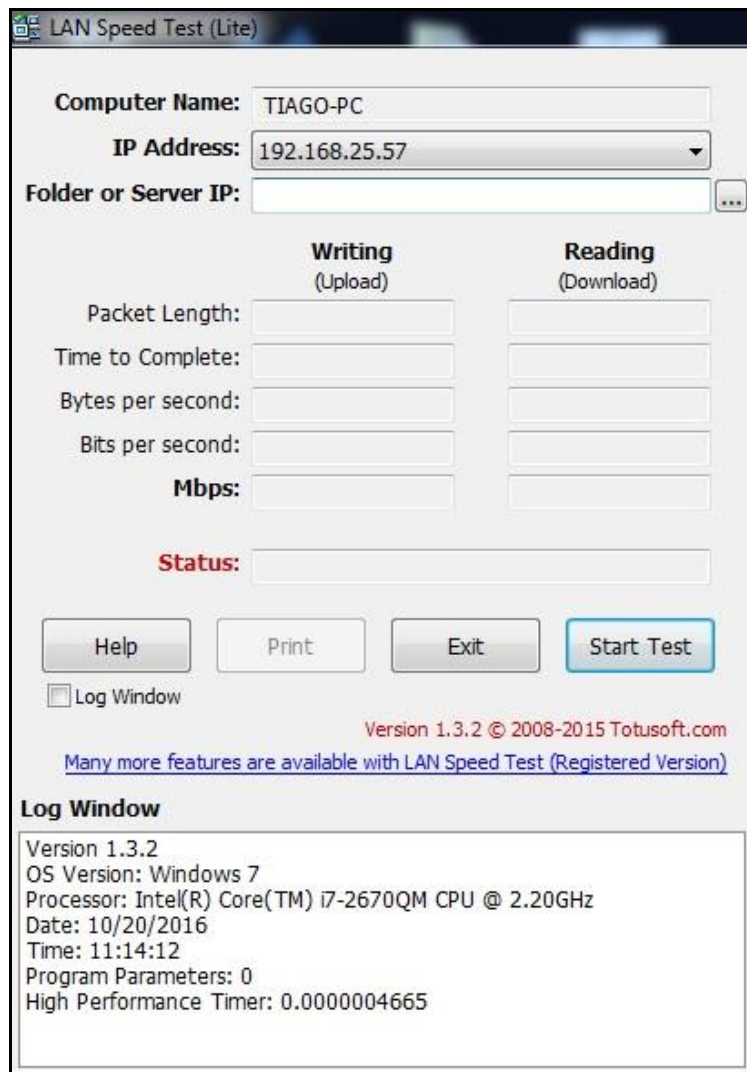


Figura 3. Interface Software Lan Speed Test
Fonte: Elaborada pelos Autores, 2016.

4. Materiais e Métodos

Para se chegar à conclusão deste trabalho, o mesmo foi dividido em duas etapas: a primeira com o intuito de identificar os principais temas teóricos e a segunda, uma parte prática onde ocorreu a implementação e a análise dos resultados obtidos.

Sendo assim, na primeira etapa foi realizado um levantamento bibliográfico, sendo que estes conteúdos estavam presentes em livros, artigos científicos e outras fontes disponíveis na internet, contendo referências sobre *PLC*, redes sem fio, rede elétrica e softwares de monitoramentos.

Após a conclusão dessa etapa, foi iniciada a parte prática, foram realizados os testes práticos utilizando uma rede local, onde foi criado um ambiente com os dispositivos *PLC* na rede local junto com a tecnologia Wi-Fi.

Vale ressaltar que foram realizados vários testes em alguns ambientes que serão detalhados nesse capítulo. E após a realização desses testes, os parâmetros foram anotados para realização da comparação dos dados, que serão apresentados no capítulo a seguir.

Em todos os testes foram utilizados os seguintes softwares para testar e coletar os dados de conexão:

- Xirrus Wi-Fi Monitor: utilizado para medir a intensidade do sinal da rede,
- SIMET: utilizado para a medição da taxa de transferência de downloads na rede,
- Lan Speed Test: utilizado para a medição de envio de dados na rede local.

O software SIMET disponibiliza vários resultados para ser analisado, o primeiro deles é a Latência (Ping), que é um comando que serve para testar a conectividade entre equipamentos de uma rede utilizando o protocolo ICMP.

Já a Taxa de Download TCP faz referência ao sistema de envio de pacotes mais comum da internet, a principal característica do TCP é o fato que ele não somente envia dados como também recebe informações de volta para se assegurar que os pacotes foram recebidos corretamente. A Taxa de Download UDP também se baseia no envio de pacotes de informações, porém remove toda a parte de verificação de erros da outra tecnologia, seu objetivo é acelerar o processo de envio de dados, tendo em vista que todas as etapas de comunicação necessárias para verificar a integridade de um pacote contribuem para deixá-lo mais lento.

Dentro da Taxa de Upload tanto de TCP quanto de UDP é praticamente o mesmo que o anterior, porém a taxa de transferência é medida no sentido do computador enviar dados a outro computador ou servidor remoto, normalmente através da internet.

Jitter é uma variação estatística do atraso na entrega de dados em uma rede, ela pode ser definida como a medida de variação do atraso entre os pacotes sucessivos de dados, uma variação de atraso elevada produz uma recepção não regular dos pacotes.

Inicialmente foi testado em um ambiente de rede local sem o *PLC*, nesse ambiente foram ligados um Notebook e um Desktop por conexão Wi-Fi, conforme pode ser visto na Figura 4, em seguida foram utilizados os softwares de monitoramento citados anteriormente. Durante alguns dos testes realizados com os softwares de monitoramento, o Notebook foi conectado ao roteador com cabo par trançado tipo CAT5-E.

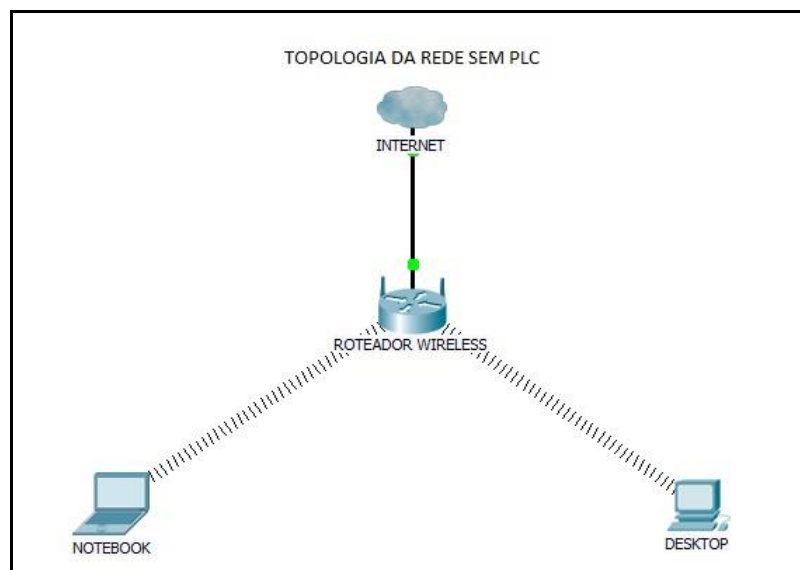


Figura 4. Topologia rede local sem PLC
Fonte: Elaborada pelos Autores, 2016.

Após o término dos testes realizados com a rede local Wi-Fi e cabeada sem o *PLC*, foi implementado em um outro ambiente os dispositivos *PLC*, onde foram refeitos os testes com os softwares de monitoramento, para a comparação de resultados obtidos da rede convencional Wi-Fi e com o uso conjunto da tecnologia *PLC*.

De acordo com a Figura 5, pode ser observado que um dispositivo *PLC* foi ligado ao roteador Wireless, e em seguida foi ligado em uma tomada da energia elétrica. Em outro ponto da casa foi ligado o outro *PLC*, onde foram ligados um Desktop e um Notebook por conexão Wi-Fi. Desta vez, para a realização de alguns dos testes, o Notebook foi conectado ao *PLC* com cabo par trançado tipo CAT5-E.

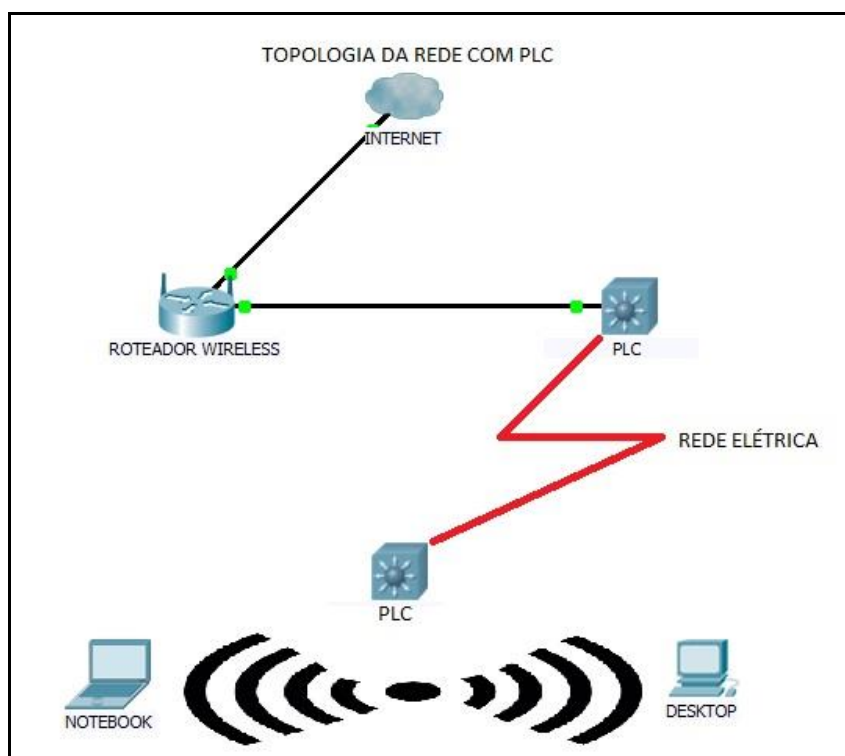


Figura 5. Topologia com PLC.
Fonte: Elaborado pelos Autores, 2016.

Na figura 6 é ilustrado como é a topologia da casa onde foram realizados todos os testes, vale ressaltar que nesse ambiente existe um local que a tecnologia Wi-Fi não consegue alcançar, sendo assim esse local é um ponto cego para a rede sem fio.

Ainda na figura 6, observa-se a presença de um roteador Wi-Fi com acesso à internet localizado no quarto do andar superior, ainda no mesmo quarto, um Notebook está conectado por Wi-Fi, já no escritório do andar superior está presente um Desktop ligado conexão através de Wi-Fi.

A distância do roteador para o Desktop é de aproximadamente 8 metros, e a distância do ponto cego sem sinal Wi-Fi até o roteador localizado no quarto, é de aproximadamente 12 metros.

Na casa onde foram realizados os testes, as tomadas são de 110 volts, e em todos os cômodos existe uma tomada, inclusive na localização sem conexão Wi-Fi. Vale ressaltar ainda que a residência tem somente um quadro geral de energia.

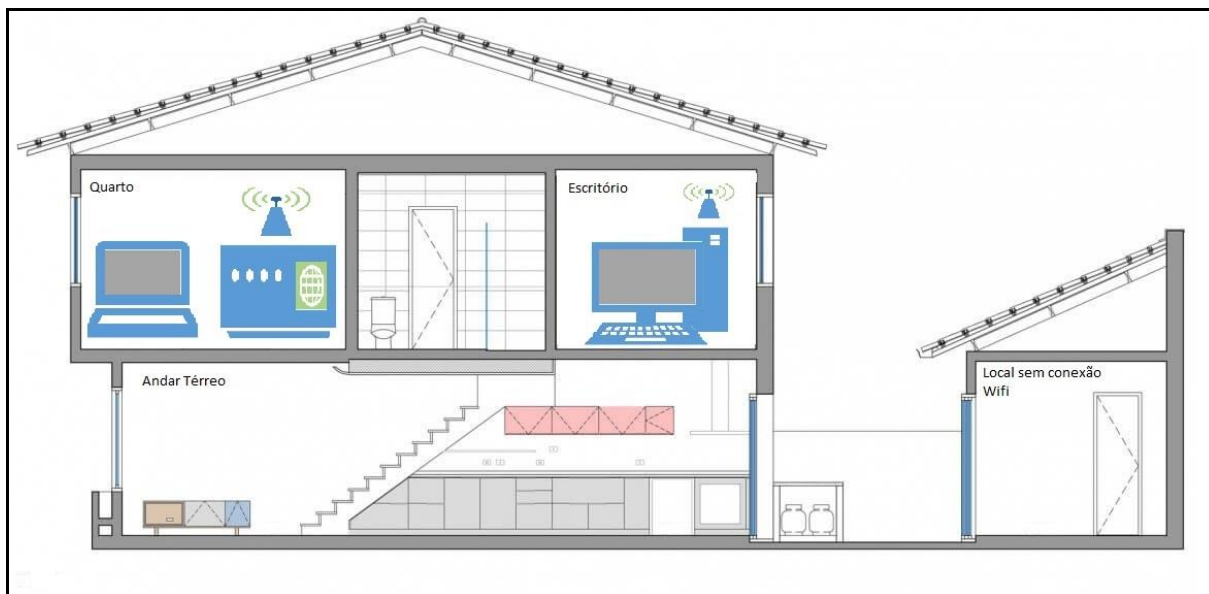


Figura 6. Topologia da casa.
Fonte: Elaborada pelos Autores, 2016.

4.1 Custos com equipamentos

O custo com os equipamentos para a implementação da rede *PLC* foi de R\$ 315,00, onde foi adquirido o adaptador *PLC* Kit Wireless Tplink TI-WPA2220 Powerline.

4.2 Especificações da rede local

Na rede local onde foram realizados os testes com a tecnologia *PLC*, possui um provedor de internet VIVO de banda larga 35 Mbps, com modem Wi-Fi, um Notebook com processador CORE i7 e 8 Gb de memória RAM, e um computador Desktop com processador Pentium 4 e 4 Gb de memória RAM.

Nessa rede local o Notebook e o Desktop estão conectados por conexão Wi-Fi, sendo que o Notebook também pode ser ligado ao roteador por cabo par trançado tipo CAT5-E.

4.3 Trabalhos correlatos e autores

Foi realizada uma pesquisa sobre temas de trabalhos que possuem grande semelhança e assuntos similares ao pesquisado nesse trabalho, foi a combinação da tecnologia *PLC* e a tecnologia Wi-Fi.

De acordo com Henri, Thiran e Vlachou (2015) foi desenvolvido um estudo comparativo de uma rede utilizando Wi-Fi e depois implementaram a tecnologia *PLC*, para tirar o melhor proveito desta tecnologia, pois até agora não estava claro para eles em qual medida a tecnologia *PLC* pode aumentar o desempenho da rede. Neste estudo, concluíram que a longas distancias o *PLC* elimina os pontos cegos da rede sem fio, produzindo ganhos notáveis. A curta distância, embora o Wi-Fi ofereça maior rendimento, o *PLC* oferece uma variação significativamente menor, que pode ser um benefício para *Transmission Transfer Protocol (TCP)* ou aplicações que requerem alta desempenho da rede.

5. Resultados

Após os testes realizados nos ambientes, foi possível coletar as informações e foi possível fazer um comparativo dos dados.

Na tabela 1 pode-se observar os resultados obtidos com os testes realizados entre a rede local Wi-Fi e a rede Wi-Fi roteada pelo *PLC*, os testes foram realizados em um Notebook e um Desktop de acordo com o ambiente descrito nos materiais e métodos. Nos testes feitos no primeiro andar e no térreo, foram analisados a Intensidade do sinal, Frequência e Canal da rede Wi-Fi, sendo que foi utilizado o programa XIRRUS.

Teste rede Wi-Fi Xirrus	Desktop	Notebook	Notebook andar térreo
Intensidade	- 82 dbm	- 28 dbm	- 90 dbm
Frequência	2462	2462	2462
Canal	11	11	11
Xirrus rede <i>PLC</i> (andar superior)	Desktop	Notebook	Notebook andar térreo
Intensidade	- 4dbm	- 36 dbm	- 83 dbm
Frequência	2412, 2432	2412, 2432	2412, 2432
Canal	1,5	1,5	1,5
Xirrus rede <i>PLC</i> (térreo)	Desktop	Notebook	Notebook andar térreo
Intensidade	- 81 dbm	-	- 20 dbm
Frequência	2412, 2432	-	2412, 2432
Canal	1,5	-	1,5

Tabela 1. Tabela teste com software XIRRUS.

Fonte: Elaborada pelos Autores, 2016.

Nos resultados obtidos no ambiente residencial conforme apresentado na Figura 3 do capítulo 3, nota-se que em relação ao Desktop ligado no escritório da residência mesmo quando o dispositivo do *PLC* está ligado no andar térreo no ponto cego da rede Wi-Fi, a intensidade do sinal é quase a mesma do que a da rede Wi-Fi ligada no mesmo andar da residência. Já com o *PLC* ligado no mesmo cômodo da rede Wi-Fi, a discrepância entre as intensidades é grande.

Referente ao Notebook, quando ligado no quarto da residência e o *PLC* no mesmo cômodo da rede Wi-Fi, não houve muita diferença da intensidade. Com o *PLC* ligado no ponto cego da residência, o Notebook ligado no quarto não conseguiu encontrar o sinal da rede. Nota-se que o sinal da rede Wi-Fi chega muito fraco no andar térreo e com o *PLC* e o Notebook ligados no ponto cego da residência, não há perda de intensidade.

Na tabela 2 pode-se observar os resultados obtidos com testes realizados de velocidade na rede local Wi-Fi e na rede Wi-Fi roteada pelo *PLC* através do programa SIMET, onde foram utilizados um Notebook e um Desktop para obter a Latência (ping), Taxa Download TCP e UDP, Taxa Upload TCP e UDP e o JITTER Download e Upload.

Teste velocidade SIMET rede Wi-Fi	Desktop	Notebook cabeado	Notebook Wi-Fi
Latência (Ping)	13,43 ms	12,84 ms	12,29 ms
Taxa Download TCP	21,4 mbps	35,56 mbps	22,3 mbps
Taxa Download UDP	21,02 mbps	34,73 mbps	22,1 mbps
Taxa Upload TCP	3,58 mbps	3,56 mbps	3,57 mbps
Taxa Upload UDP	3,5 mbps	3,46 mbps	3,48 mbps
Jitter Download	< 1 ms	< 1 ms	< 1 ms
Jitter Upload	< 1 ms	< 1 ms	< 1 ms
Teste velocidade SIMET PLC andar superior	Desktop	Notebook cabeado	Notebook Wi-Fi
Latência (Ping)	19,79 ms	15,68 ms	19,23 ms
Taxa Download TCP	17,64 mbps	30,6 mbps	17,77 mbps
Taxa Download UDP	17,71 mbps	31,83 mbps	19,74 mbps
Taxa Upload TCP	3,58 mbps	3,58 mbps	3,58 mbps
Taxa Upload UDP	3,42 mbps	3,49 mbps	3,5 mbps
Jitter Download	< 1 ms	1,07 ms	1,11 ms
Jitter Upload	< 1 ms	< 1 ms	< 1 ms
Teste velocidade SIMET PLC térreo	Desktop	Notebook cabeado	Notebook Wi-Fi
Latência (Ping)	18,46 ms	15,46 ms	20,72 ms
Taxa Download TCP	4,87 mbps	14,51 mbps	15,09 mbps
Taxa Download UDP	5,18 mbps	15,31 mbps	15,81 mbps
Taxa Upload TCP	3,56 mbps	3,58 mbps	3,57 mbps
Taxa Upload UDP	3,48 mbps	3,5 mbps	3,49 mbps
Jitter Download	< 1 ms	< 1 ms	< 1 ms
Jitter Upload	< 1,13 ms	< 1 ms	< 1 ms

**Tabela 2. Tabela teste de velocidade SIMET.
Fonte: Elaborada pelos Autores, 2016.**

Observa-se que os resultados obtidos pelo SIMET, realizados no ambiente térreo e primeiro andar com uso da rede local Wi-Fi e com a rede Wi-Fi roteada pelo PLC, não houve quase alteração nos resultados dos parâmetros de download e upload do JITTER, já na taxa de download TCP e UDP no teste feito com PLC ligado no andar superior, a taxa teve uma leve queda comparada à rede local. Quando o teste foi realizado com o PLC ligado no andar térreo, a taxa de download TCP e UDP comparada à rede local teve muita perda na taxa de download, sendo a maior delas com o Desktop ligado no escritório da residência com média de 4,87 mbps de TCP e 5,18 mbps de UDP, e na rede local com Desktop foi de 21,4 mbps de TCP e 21,02 mbps de UDP. Nas taxas de Upload TCP e UDP também não houve grandes alterações nos resultados.

Quanto a latência, compreende-se que na rede local sem o PLC tiveram valores menores comparados à rede com o uso do PLC.

Na tabela 3 apresenta-se os resultados obtidos com testes realizados para cada situação, apresentados na tabela, na rede local cabeada e Wi-Fi, e na rede roteada pelo

PLC cabeada e Wi-Fi no ambiente térreo e no andar superior, utilizando a ferramenta LAN SPEED TEST. No teste realizado o Desktop permaneceu o tempo todo no andar superior (escritório); apenas o Notebook foi transportado para o térreo (ponto cego) no momento da realização do teste de transferência de dados na rede *PLC* andar térreo.

Foi transferido um arquivo de 100 Mb de um notebook para um desktop e vice-versa. Foram obtidos alguns parâmetros de verificação para ser realizada a comparação.

Tabela 3. Tabela teste software LAN SPEED TEST.

Teste de transferência de dados na rede Wi-Fi (LAN)	Desktop p/notebook cabeado	Desktop p/notebook sem fio	Notebook cabeado para desktop	Notebook Wi-Fi para desktop
Tempo para gravação (upload)	26.45 segundos	77.53 segundos	45.71 segundos	76.25 segundos
Velocidade de gravação (upload)	30.23 mbps	10.31 mbps	17.50 mbps	10.49 mbps
Tempo de leitura (download)	45.94 segundos	91.10 segundos	21.23 segundos	66.35 segundos
Velocidade de leitura (download)	17.41 mbps	8.78 mbps	37.67 mbps	12.05 mbps
Bytes por segundo (gravação)	3.779.997 bytes	1.289.679 bytes	2.187.511 bytes	1.31.395 bytes
Bits por segundo (gravação)	30.239.976 bits	10.317.432 bits	17.500.088 bits	10.491.160 bits
Bytes por segundo (leitura)	2.176.511 bytes	1.097.670 bytes	4.709.655 bytes	1.507.101 bytes
Bits por segundo (leitura)	17.412.088 bits	8.781.360 bits	37.677.240 bits	12.056.808 bits
Teste de transferência de dados na rede <i>PLC</i> andar superior (LAN)	Desktop p/notebook cabeado	Desktop p/notebook sem fio	Notebook cabeado para desktop	Notebook Wi-Fi para desktop
Tempo para gravação (upload)	13.89 segundos	39.08 segundos	25.90 segundos	67.09 segundos
Velocidade de gravação (upload)	57.57 mbps	20.46 mbps	30.88 mbps	11.92 mbps
Tempo de leitura (download)	29.68 segundos	60.68 segundos	13.02 segundos	38.21 segundos
Velocidade de leitura (download)	26.94 mbps	13.18 mbps	61.41 mbps	20.93 mbps
Bytes por segundo (gravação)	7.196.933 bytes	2.558.544 bytes	3.860.810 bytes	1.490.441 bytes
Bits por segundo (gravação)	57.575.464 bits	20.468.352 bits	30.886.480 bits	11.923.528 bits
Bytes por segundo (leitura)	3.368.695 bytes	1.647.945 bytes	7.676.814 bytes	2.616.922 bytes
Bits por segundo (leitura)	26.949.560 bits	13.183.560 bits	61.414.512 bits	20.935.376 bits
Teste de transferência de dados na rede <i>PLC</i> andar térreo (LAN)	Desktop p/notebook cabeado	Desktop p/notebook sem fio	Notebook cabeado para desktop	Notebook Wi-Fi para desktop
Tempo para gravação (upload)	17.17 segundos	35.85 segundos	93.83 segundos	70.03 segundos
Velocidade de gravação (upload)	46.58 mbps	22.31 mbps	8.52 mbps	11.42 mbps
Tempo de leitura (download)	61.84 segundos	51.88 segundos	13.67 segundos	114.11 segundos
Velocidade de leitura (download)	12.93 mbps	15.41 mbps	58.51 mbps	7.01 mbps
Bytes por segundo (gravação)	5.823.335 bytes	2.788.772 bytes	1.065.705 bytes	1.427.914 bytes
Bits por segundo (gravação)	46.586.680 bits	22.310.176 bits	8.525.640 bits	11.423.312 bits
Bytes por segundo (leitura)	1.616.987 bytes	1.927.410 bytes	7.314.957 bytes	876.313 bytes
Bits por segundo (leitura)	12.935.896 bits	15.419.280 bits	58.519.656 bits	7.010.504 bits

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2016.

Pode se considerar claramente que a rede Wi-Fi roteada pelo *PLC* perde em relação a gravação, tempo e/ou velocidade, em alguns quesitos, no teste de transferência de dados na rede *PLC* andar térreo.

A rede Wi-Fi roteada pelo *PLC* obteve melhor desempenho do que a rede local nas condições dos testes realizados no andar superior.

6. Conclusão

Através dos resultados obtidos, é possível concluir que a tecnologia *PLC* possui um maior alcance de sinal na rede Wi-Fi e mobilidade em relação à rede local Wi-Fi convencional. Os testes foram realizados com apenas um repetidor *PLC*, mas se o usuário desejar adquirir mais dispositivos *PLC* e distribuí-los pelo ambiente, irá aumentar a intensidade e o alcance de sinal.

Observa-se que a rede local Wi-Fi supera o *PLC* em velocidade de download de acordo com os testes realizados pelo SIMET, porém na transferência de dados na rede, o *PLC* leva vantagem apenas perdendo em alguns quesitos com o Desktop distante do *PLC*.

Espera-se que este artigo possa mostrar ao usuário comum ou empresarial, outra opção de tecnologia disponível no mercado para aprimorar sua rede local com facilidade e custos acessíveis. No entanto, como trabalhos futuros, seria interessante a realização de pesquisas e testes nos quesitos de segurança, interferências e estabilidade do *PLC*. Portanto, pode-se realizar um aprofundamento partindo do ponto de segurança e interferência, pois é um longo campo que não foi explorado e seria uma pesquisa muito relevante a se tratar.

7. Referências

- Anatel, (2014), “Limites mínimos de velocidade da banda larga ficam mais rigorosos” <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codigo=35544>. Dezembro.
- Biglieri, E. (2003) “IEEE Communications Magazine: Coding and modulation for a horrible channel”.
- Carvalho, F. B. S. (2006) “Aplicação de Transmissão de Dados via Rede Elétrica para o Canal de Retorno em Televisão Digital”. http://www.iecom.org.br/dissertacoes_teses/Fabricio_Braga.pdf. Paraíba, Fevereiro.
- Ferreira, C. Hendrik et al. (2010) “Power Line Communications”. https://books.google.com.br/books?id=QGdJcfGYrr4C&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Novembro.
- Henry, S., Thiran, P., Vlachou, C. (2015) “Electri-Fi Your Data: Measuring and Combining Power-Line Communications with WiFi”. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2815689>. Dezembro.
- Hrasnica, H. et al. (2004) “Broadband Power Line Communications Network Design”. Nebraska, John Wiley.
- Lin, Y. J., Haniph, A. L., Minkyu, L. A. “IEEE Wireless Communications: Power Line Communication Infrastructure For The Smart Home”. Florida v. 9, p. 105, Dezembro.

Maia, P. L. (2009) “Arquitetura De Redes De Computadores”. Rio de Janeiro, LTC, 1ª edição.

Simet, O Melhor Medidor de Internet, s/d, <https://simet.nic.br>. Março.

Tanenbaum, A. S. (2003) “Redes de Computadores”. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 4ª edição.

Totusoft, Simple Software Solutions, s/d, <http://www.totusoft.com/lanspeed/>. Maio.

Xirrus, Wi-Fi Networks, s/d, <https://www.xirrus.com/wifi-inspector>. Maio.