

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

EDERA SOFIA COSTA BARRETO

**POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC) INTERNET VIA ENERGIA ELÉTRICA:
ESTUDO COMPARATIVO NO DESEMPENHO DE TRANSMISSÃO DE DADOS EM
AMBIENTE INDOOR COM A TECNOLOGIA DE REDE: WI-FI**

CRICIÚMA

2019

EDERA SOFIA COSTA BARRETO

**POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC) INTERNET VIA ENERGIA ELÉTRICA:
ESTUDO COMPARATIVO NO DESEMPENHO DE TRANSMISSÃO DE DADOS EM
AMBIENTE INDOOR COM A TECNOLOGIA DE REDE: WI-FI**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
para obtenção do grau de Bacharel no curso de
Ciência da Computação da Universidade do
Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Esp. Valter Blauth Junior

CRICIÚMA

2019

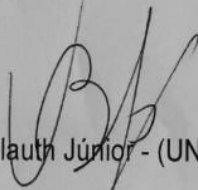
EDERA SOFIA COSTA BARRETO

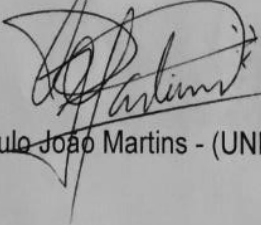
**POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC) INTERNET VIA ENERGIA
ELÉTRICA: ESTUDO COMPARATIVO NO DESEMPENHO DE
TRANSMISSÃO DE DADOS EM AMBIENTE INDOOR COM A TECNOLOGIA
DE REDE: WI-FI.**

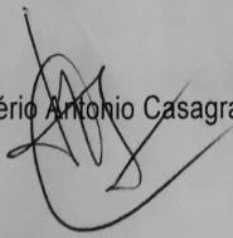
Trabalho de Conclusão de Curso
aprovado pela Banca Examinadora para
obtenção do Grau de Bacharel, no Curso
de Ciência da Computação da
Universidade do Extremo Sul
Catarinense, UNESC, com Linha de
Pesquisa em Redes de Computadores.

Criciúma, 25 de Junho de 2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Me. Valter Blauth Júnior - (UNESC) - Orientador


Prof. Me. Paulo João Martins - (UNESC)


Prof. Me. Rogério Antonio Casagrande - (UNESC)

**Aos meus amados pais, amigos e irmãs que
sempre estiveram comigo.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me abençoou durante todo o tempo que estive cursando a faculdade, a minha família que sempre me ajudou e incentivou nos momentos difíceis, meus amigos pelo apoio direta e indiretamente.

Agradeço também ao meu orientador Valter Blauth Junior por me orientar e direcionar os caminhos certos para que pudesse desenvolver o trabalho de conclusão de curso, agradeço a universidade, todos professores por terem passado seus conhecimentos, e a todos os colegas que sempre estiveram juntos comigo apoiando e incentivando nos momentos difíceis.

**“A adversidade desperta em nós
capacidades que, em circunstâncias
favoráveis, teriam ficado adormecidas.”**

Horácio

RESUMO

Dentre vários problemas que existem para a implementação de redes locais, pode-se dizer que bons meios para o fornecimento de uma ótima transferência de dados ainda é um problema em alguns ambientes. A busca por melhores serviços ou meios de acesso as redes locais fomentam o lado criativo da sociedade. Um dos conceitos que vem se popularizando é conceito de transmissão de dados via energia elétrica. Desse modo vão surgindo tecnologias e equipamentos que ajudam e facilitam o acesso as redes locais por vários meios. Baseando nesse conceito, este trabalho apresenta um estudo sobre avaliação e comparação do desempenho das tecnologias PLC e Wi-Fi em ambientes indoor, através de testes de desempenho de transmissão de dados. Nos tópicos abordados dados sobre redes de computadores, redes locais, redes elétricas, a tecnologia PLC, arquiteturas e equipamentos existentes para implantação da PLC, análise da transmissão dos dados, possíveis interferências, viabilidade.

Palavras-chave: PLC. Transmissão de dados. Redes elétricas. Wi-Fi.

ABSTRACT

Among several problems that exist for the implementation of local networks, it can be said that good means for providing a good data transfer is still a problem in some environments. The search for better services or means of access to local networks fosters the creative side of society. One of the concepts that has become popular is the concept of data transmission via electric energy. In this way technologies and equipment are emerging that help and facilitate access to local networks through various means. Based on this concept, this work presents a study on the evaluation and comparison of the performance of PLC and Wi-Fi technologies in indoor environments, through performance tests of data transmission. In the topics covered data on computer networks, local area networks, electrical networks, PLC technology, existing architectures and equipment for PLC implementation, analysis of data transmission, possible interference, feasibility.

Keywords: PLC. Transmission of data. Electrical networks. Wi-Fi.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Local Area Network.....	16
Figura 2 - Rede Clássica de uma TV a cabo, usando o conceito de MAN	17
Figura 3 – Representação das Redes WANs.....	18
Figura 4 – Formato da Mensagem ICMP	20
Figura 5 - Captura de pacotes.....	22
Figura 6 – Sistemas Elétricos.....	26
Figura 7 – Topologia PLC Indoor	30
Figura 8 – Topologia para Acesso na Última Milha	31
Figura 9 - Topologia “clássica” de aplicação da tecnologia PLC.....	32
Figura 10 - Apartamento utilizado para os testes	38
Figura 11 - Apartamento utilizado para os testes	39
Figura 12 - Gráfico do tempo de Resposta.....	41
Figura 13 – Laboratórios utilizados para testes	41
Figura 14 – Gráfico do tempo de resposta	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da pesquisa cenário 1	41
Tabela 2 - Dados da pesquisa cenário 2	43
Tabela 3 - Análise estatística 1	45
Tabela 4 - Análise estatística 2	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AES	Advanced Encryption Algorithm
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APTEL	Associação de Empresas Proprietárias de Infra-Estrutura e de Sistema Privados de Telecomunicações
BT	Baixa Tensão
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
EUA	Estados Unidos da América
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
PLC	Power Line Communications
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
LAN	Local Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
ICMP	Internet Control Message Protocol
RTT	Round Trip Time
TCP/IP	Transmission Control Protocol Internet Protocol
TTL	Transistor–Transistor Logic
UNESC	Universidade do Extremo Sul Catarinense
WAN	Wide Area Network
WI-FI	Wireless Fidelity

SUMÁRIO

.....	4
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	12
1.3 JUSTIFICATIVA	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2 REDES DE COMPUTADORES	15
2.1 REDES LOCAIS OU LAN.....	16
2.2 REDES METROPOLITANAS OU MANs	17
2.3 REDES DE LARGA OU LONGA DISTÂNCIA OU WANS	18
2.4 REDES SEM FIO OU WIRELESS.....	19
2.5 PING.....	20
2.6 WIRESHARK.....	21
2.6.1 Características.....	21
2.6.2 Capturando dados na rede em tempo real	23
3 TECNOLOGIA PLC	24
3.1 REDES ELÉTRICAS	25
3.2 REDES DOMÉSTICAS	26
3.3 PROBLEMA DO USO DA PLC	27
3.3.1 Ruído	27
3.3.2 Atenuação	28
3.3.3 Impedância da Rede.....	28
3.3.4 Interferência.....	28
3.4 TOPOLOGIA DO PLC	29
3.4.1 Topologia PLC Indoor.....	29
3.4.2 Topologia para acesso na última milha.....	30
3.4.3 Topologia De Acesso Wan	31
4 TRABALHOS CORRELATOS.....	32
4.1 TECNOLOGIA POWERLINE: TRANSMITINDO VOZ E DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA.....	32
4.2 ESTUDO DO ESTADO DA ARTE E ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO PLC DE BANDA LARGA.....	33

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA INDOOR DE COMUNICAÇÃO DE DADOS, PELA REDE ELÉTRICA, EM UM CIRCUITO ISOLADO.	34
4.4 ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA NA ESTRUTURA DE REDES SEM FIO EM ESCOLAS PÚBLICAS NA MICRORREGIÃO DE ARARANGUÁ.....	35
4.5 ESTUDO SOBRE COMUNICAÇÃO DE DADOS VIA ELÉTRICA PARA APLICAÇÕES DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL/PREDIAL.	36
5 EQUIPAMENTOS E MÉTODOS	37
5.1 METODOLOGIA.....	37
5.2 Cenários e descrições DE TESTES	37
5.3 RESULTADOS	44
5.4 ANÁLISE E RESULTADOS	45
5.5 DISCUSSÃO	47
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS.....	51
APÊNDICE (S)	54

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade o principal meio de comunicação mundial é a Internet, sendo considerada a mais interessante ferramenta de acesso e disseminação à informação, seja para trabalho, entretenimento, comunicação, difusão cultural (ROCHA, 2012).

Juntamente com esse avanço que a Internet tem tido nos últimos anos oferecendo aplicações e serviços, até então nunca imaginados por muitos, vem sendo necessário o investimento em pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias bem como o aperfeiçoamento daquelas já existentes em transmissão de dados, com a finalidade de oferecer melhor qualidade e maior velocidade também aumentando o número da população com acesso a rede. É dentro deste contexto que se encaixa a tecnologia *Power Line Communications* (PLC), que é aquela em que os dados são transmitidos utilizando o mesmo meio físico em que caminha a energia elétrica (MODRO, 2010).

O conceito de se transmitir sinais de dados pela rede elétrica relembra aos tempos do telégrafo (inventado em 1835), pois a utilização de cabeamento dedicado para dispositivos instalados sempre mostrou custos extras e nem sempre era a melhor opção. A rede elétrica foi inicialmente planejada para fornecer potência e não transmitir dados, mas, no início dos anos 1980, foi criado um dispositivo capaz de captar, modular e injetar na rede elétrica os sons captados por um microfone, sendo que esse sinal era capturado e demodulado em outro local e convertido novamente em som. Esse sistema foi batizado de “Babá Eletrônica”, pois possibilitava aos pais ter controle das suas crianças em outro cômodo da residência (DUQUE, 2001).

Sendo assim, a utilização da tecnologia PLC possibilita diversas vantagens quando comparada a comunicação sem fio. A transmissão sem fio (*wireless*), embora de fácil instalação, oferece um alto custo e está sujeito às variações climáticas e a localização do transmissor/receptor, visto que sinais de alta frequências utilizados nesses transmissores normalmente necessitam de visada direta da antena, ou seja, paredes e elevações podem prejudicar a transmissão e diminuir a confiabilidade do sistema (PEREIRA, 2014).

Como outras tecnologias que ainda não são desenvolvidas, expandidas e conhecidas, o PLC pode transformar-se uma importante ferramenta para a inclusão

de pessoas no mundo digital, por isso, é importante ser constantemente estudado e debatido para ser possível a melhoria e haver uma constante avaliação a respeito de sua viabilidade para o mercado (PILARSKI, 2015).

Este trabalho tem como objetivo efetuar um estudo sobre a tecnologia PLC para elaboração de uma comparação de desempenho de transmissão de dados com relação a tecnologia Wi-Fi.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho avaliar e comparar o desempenho das tecnologias PLC e Wi-Fi em ambientes indoor, através um teste de desempenho de transmissão de dados.

1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos nos quais se pretendeu alcançar nesta pesquisa são:

- a) descrever características das Tecnologia PLC e Wi-Fi;
- b) analisar as vantagens e desvantagens das duas tecnologias;
- c) esclarecer o funcionamento básico das tecnologias e suas técnicas de implementação;
- d) aplicar os conceitos e comparar o desempenho referente as taxas de transmissão de dados das tecnologias PLC e Wi-Fi em diferentes cenários;
- e) analisar a quantidade, qualidade, tempo de pacotes de dados recebidos pelas duas tecnologias nos diferentes cenários.

1.3 JUSTIFICATIVA

De acordo com Taskin, Cto e Airties (2017), as comunicações de linha de energia são sistemas para transportar dados em um condutor também usado para transmissão de energia elétrica. Os consumidores comprar conjuntos de adaptadores de linha elétrica na maioria dos varejistas de eletrônicos e usá-los para estabelecer

uma conexão com fio usando a fiação elétrica existente na casa. Os adaptadores da rede elétrica se conectam a uma tomada de parede e depois são conectados através do cabeamento CAT5 ao roteador da casa.

Segundo Rossi (2011), com tecnologia PLC o custo pelo uso da Internet irá diminuir, pois o meio físico utilizado para a transmissão de dados já está disponível assim a exclusão tecnológica tende a diminuir. Esta tecnologia que está em fase de testes e que busca o rápido desenvolvimento e expansão da transmissão de dados, realizando uma comparação com as tecnologias já existentes no mercado e verificando os benefícios que a mesma irá proporcionar. Analisando os desafios e oportunidades que a implementação do PLC irá trazer para o mercado do ponto de vista econômico, a tecnologia PLC apresenta uma grande vantagem em relação a outras tecnologias para transmissão de dados, a existência e utilização de infraestrutura básica para a comunicação.

O wi-fi, conecta-se a uma um *gateway* IP que oferece soluções sem fio de alta velocidade 802.11n que podem fornecer alta confiabilidade, largura de banda previsível e desempenho de alta velocidade sem precedentes para distribuição de dados, vídeo e áudio em tempo real em casa. O principal desafio associado ao Wi-Fi vem superando as questões de interferência e podendo penetrar adequadamente através de paredes de tijolos para fornecer um sinal seguro de latência e sem jitter, ao mesmo tempo em que torna as soluções fáceis de instalar e administrar para serem tratadas por o consumidor (TASKIN; CTO; AIRTIES, 2017).

Uma vez que envolve o contexto da tecnologia como mediações, tanto nas relações de desenvolvimento científico, como na evolução da sociedade. Desta forma o trabalho busca uma relação à prática da influência da *Power Line Communication* (PLC) e onde essa tecnologia pode ser implantada, certamente que o maior detentor de seus benefícios serão as regiões menos favorecidas, outro fator que justifica o desenvolvimento é quanto à necessidade de equipamentos que são fundamentais para a sua implantação nas residências.

Sendo assim, existem vários estudos feitos acerca da comparação das duas tecnologias *powerline* e wi-fi abordadas em um modo geral. O foco deste trabalho é o desempenho das duas tecnologias de transmissão de dados em dois cenários diferentes, com ajuda de um software de monitoramento, que futuramente pode vir a

contribuir em pesquisas, para a implementação do PLC, com a finalidade de incluir comunidades de baixa renda no mundo digital, e também gerar redução de custo na economia.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está composto por cinco capítulos. Sendo assim, no capítulo um, apresenta uma breve consideração sobre o tema do trabalho, contendo introdução, objetivo geral, objetivo específico e a justificativa.

No capítulo dois, apresenta uma referência bibliográfica acerca das redes dos computadores, tipos existentes, funcionalidades, aplicação em variados tipos de ambientes específicos, *ping* e software de monitoramento Wireshark.

No capítulo três, relata sobre o que é PLC e uma breve história sobre a mesma. Em seguida serão mostradas informações sobre a PLC e seus problemas e o funcionamento.

No capítulo quatro, são apresentados trabalhos correlatos ao estudo desenvolvido.

No capítulo cinco, apresenta a estrutura do trabalho desenvolvido, onde é abordada a metodologia aplicada para avaliar as duas tecnologias de redes aonde são avaliados os resultados obtidos por meio de uma comparação.

No capítulo seis, apresenta a conclusão onde são descritas as dificuldades encontradas, durante o desenvolvimento do trabalho, aonde foi sugerido também neste mesmo capítulo os trabalhos futuros.

2 REDES DE COMPUTADORES

De acordo com Tanenbaum (1997), com o avanço tecnológico, essas áreas estão a afluir rapidamente e são cada vez menores as desigualdades entre coleta, transporte, armazenamento e processamento de informações. À medida que cresce nossa prática de colher, processar e distribuir informações, fica ainda maior a necessidade por formas de processamento de informações ainda mais sofisticadas. A fusão dos computadores e das comunicações teve uma grande importância no modo como os sistemas computacionais eram organizados.

Com esse avanço, a busca por conectividade é exposta em dois requisitos próprios: a necessidade de software de comunicação, e a necessidade de redes (STALLINGS, 2005).

Uma rede de computadores é um conjunto de equipamentos ligados entre si de modo a realizar trocas de informações e compartilharem recursos como arquivos de dados gravados, impressoras, modems, software e outros equipamentos (SOUSA, 1999).

A partir de um hardware programável são montadas as redes de computadores, devido a sua capacidade de transportar vários tipos de dados diferente, e darem suporte a uma alta e crescente tipos de aplicações.

Existem vários motivos e objetivos que atraem as pessoas a se interessarem por redes de computadores que são (TANENBAUM, 1994):

- a) compartilhamento de recursos: tem como objetivo colocar todos os programas, equipamentos e principalmente colocar pessoas da rede em alcance de dados, independentemente da localização física do recurso e do usuário;
- b) confiabilidade: envio confiável da mensagem;
- c) economizar dinheiro: em caso de custo e desempenho os pequenos computadores saem muito melhores os de grande porte;
- d) escalabilidade: aumento gradual do desempenho do sistema, consoante ao crescimento do volume de carga, pode-se inserir mais processadores;
- e) meio de comunicação: muito potente entre pessoas geograficamente dispersas.

As redes de computadores são constituídas por vários equipamentos como roteadores, computadores tipo PC, computadores de grande porte (*mainframes ou hosts*), *switches* comutadores, *gateways*, *hubs*, cabos, conectores e outros equipamentos e software (SOUSA, 1999).

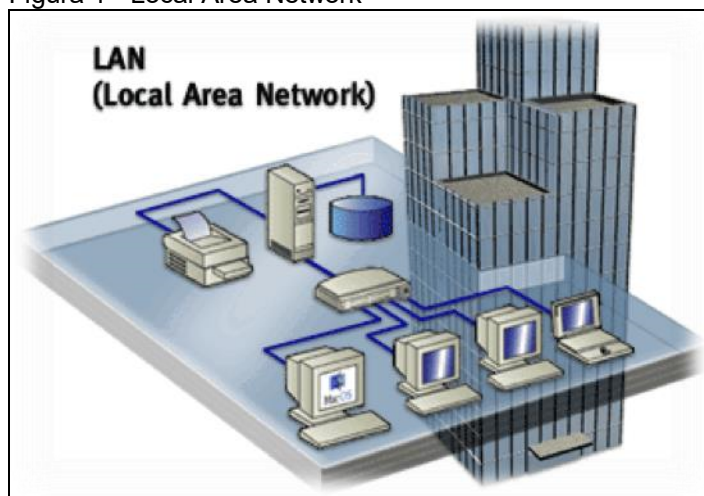
As redes de computadores podem ser classificadas em: *Local Area Network* (LAN), *Metropolitan Area Network* (MAN) e *Wide Area Network* (WAN).

2.1 REDES LOCAIS OU LAN

Redes Locais são também designadas LANs, são redes privadas mantidas em um só edifício ou campus universitário com alguns quilômetros de extensão. São bastante utilizadas para interligar computadores pessoais e estações de trabalho em escritórios e instalações industriais de empresas, autorizando o compartilhamento de recursos (impressora) e troca de informações (TANENBAUM, 1997).

Tem características organizacional menos complexa das redes de computadores. Ela é um grupo de computadores ligados através de uma rede estando todos no mesmo lugar. Embora as LANs são redes mais simples, não quer dizer que sejam necessariamente pequenas ou simples. Mas podem ser grandes e complexas como ilustra a figura 1 (HAYDEN, 1999).

Figura 1 - Local Area Network



Fonte: Sá (2012).

Elas também têm características que as diferencia das outras redes como:

- a) tamanho;
- b) tecnologia de transmissão;
- c) topologia.

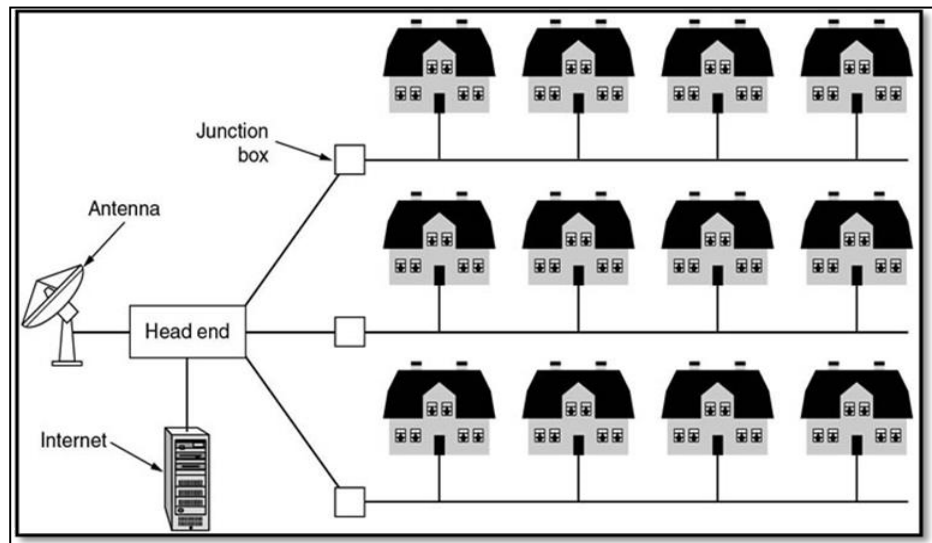
E em termos de tamanho são restritas, quer dizer tempo péssimo de transmissão é limitado e conhecido com antecedência.

2.2 REDES METROPOLITANAS OU MANS

São redes que associam várias LANs. Segundo Hayden (1999) geralmente quando uma LAN deixa de ser usada por poucos usuários e passa a ter milhares de usuários   provável que essa rede tenha se expandido para fora do seu local de origem. Quando o uso da rede é local, ou seja, dentro de uma região geográfica muito pequena não é comum a divisão de redes em várias redes menores, resumindo-as em uma MAN através de linhas telef nicas dedicadas de alta velocidade, ou hardware especiais que permitem a transferência de dados com alta velocidade de LANs.

Esse processo cresceu a partir de antigos sistemas de antenas comunitárias utilizadas em regiões com fraco atendimento do sinal de televisão pelo ar. Nesses principais sistemas, uma grande antena era utilizada no alto da colina junto ao sinal era então levado a casa dos usuários (TANENBAUM, 2003), como ilustra a figura 2.

Figura 2 - Rede Clássica de uma TV a cabo, usando o conceito de MAN

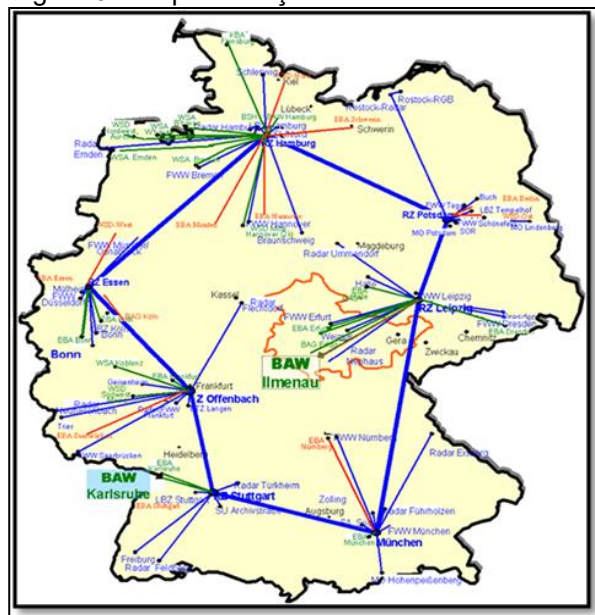


Fonte: Sá (2012).

2.3 REDES DE LARGA OU LONGA DISTÂNCIA OU WANS

Estas redes interligam várias MANs, ou seja, as WAN comumente conhecida por internet, e ela interliga todas elas LAN, MAN, WAN. Envolve uma grande extensão geográfica, com frequência um país ou continente. Inclui máquinas com a finalidade executar os programas ou aplicações do usuário (TANENBAUM,2003), como ilustra a figura 3.

Figura 3 – Representação das Redes WANs



Fonte: Sá (2012).

2.4 REDES SEM FIO OU WIRELESS

As redes sem fio chegaram devido as necessidades de comunicação em qualquer hora ou lugar com acesso rápido e compartilhado. As redes sem fio diferentes dos modelos físicos, não precisavam de terminais de cabeamentos para a utilização de um dispositivo, podendo evitar uma total reestruturação para sua implementação (OLIVEIRA; BEM, 2017).

Segundo Diana Filho (2003), as redes sem fio é um sistema de transmissão de dados flexível que pode ser empregue como alternativas para redes cabeadas, e permite a ligação entre equipamentos sem nenhuma ligação física.

Essas redes surgiram com objetivo de mudar ou inserir mobilidade a rede convencional. A rede sem fio representa-se como alternativa a outras redes, dando as mesmas funcionalidades, porém de modo flexível, tirando os problemas de cabos e outros. Elas estabelecem conectividade de dados com mobilidade do usuário. Também têm grandes benéficos como, mobilidade, agilidade, flexibilidade, baixo custo (FARIAS, 2005).

Sendo assim, de acordo com Tanenbaum (2003), além de facilitar a conexão de uso próprio, as redes sem fio são usadas em várias áreas, como universidades, aonde há instalações sem fios no compus, permitindo que os alunos acessem e executem tarefas como, consultar biblioteca e responder e-mails em qualquer lugar. Outro papel importante refere-se a sua utilização nos exércitos, em que provavelmente não seja possível contar com uma infraestrutura adequada para a utilização de uma rede local, ficando a melhor opção para levar o seu próprio equipamento.

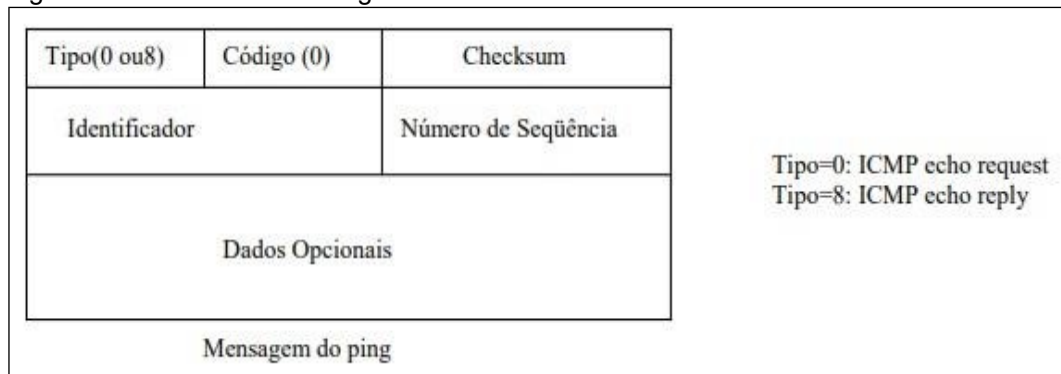
Também existe as redes wireless *indoor* que são redes que abarcam pequenas áreas, como residências, escritórios, laboratórios e conectam pequenos números de usuários.

Um das grandes dificuldades das redes sem fio é a perda de sinal e a sua vulnerabilidade quanto ataques ou invasões que se refere a segurança que não será o foco dessa pesquisa.

2.5 PING

O *ping* é um comando normalmente usados nos terminais dos nossos computadores, ele é um método que utiliza o *Internet Control Message Protocol* (ICMP) e permite ao usuário verificar a conectividade entre dois hosts. Este método envia pacotes ICMP (*echo request*) para uma determinada máquina e aguarda uma mensagem ICMP de resposta (*echo reply*). O formato da mensagem ICMP, utilizada no *ping*, é apresentado na figura 4 (CISCO, 2019, tradução nossa).

Figura 4 – Formato da Mensagem ICMP



Fonte: CISCO (2019).

Segundo o CISCO (2019) o *ping* usa uma série de mensagens de eco do protocolo de controle de mensagens de Internet (ICMP) para determinar:

- a) se um *host* remoto está ativo ou inativo;
- b) retardo round-trip na comunicação com o *host*;
- c) perda de pacotes.

O comando *ping* primeiro envia um pacote de requisição de eco a um endereço e depois aguarda uma resposta. O *ping* será bem-sucedido somente se:

- a) a solicitação de eco chega ao destino;

- b) se destino é capaz de devolver uma resposta de eco para a origem, em um período predeterminado, denominado intervalo. O valor padrão desse *timeout* é dois segundos em *Cisco routers*.

2.6 WIRESHARK

O wireshark também conhecido como tubarão dos fios, é umas das ferramentas gratuitas mais usadas pelos administradores de redes para ter o controle geral do tráfego da rede. Entretanto, é possível monitorar tudo o que entra e sai nos hosts (BATISTA, 2016).

No final de 1997, o estudante de ciência de computação da University of Missouri – Kansas City, Gerald Combs, trabalhava para um pequeno provedor de Internet. Problemas de rede em tais provedores eram comuns e Gerald buscava ferramentas que pudessem lhe auxiliar na resolução dos mesmos. Porém, naquela época, produtos para análise de protocolos de rede eram caros (custavam em média \$1500) e não funcionavam nos sistemas operacionais de sua companhia (Solaris e Linux). Dessa forma, com o intuito de rastrear os problemas ocorridos nos sistemas e aperfeiçoar seus conhecimentos em redes de computadores, Gerald começou a escrever seu próprio analisador de tráfego de rede, batizando o software de Ethernal (RODRIGO, 2013, p. 1).

O software foi criado com intuito de analisar o tráfego de rede. Conhecidos também como analisadores de pacotes “*sniffes*”¹ de rede por causa da sua capacidade e probabilidade de funcionamento em várias plataformas, entretanto se tornou o principal software do gênero (BATISTA, 2016).

2.6.1 Características

Segundo a Wireshark (2019) o software possui vários recursos, que podem ser citados:

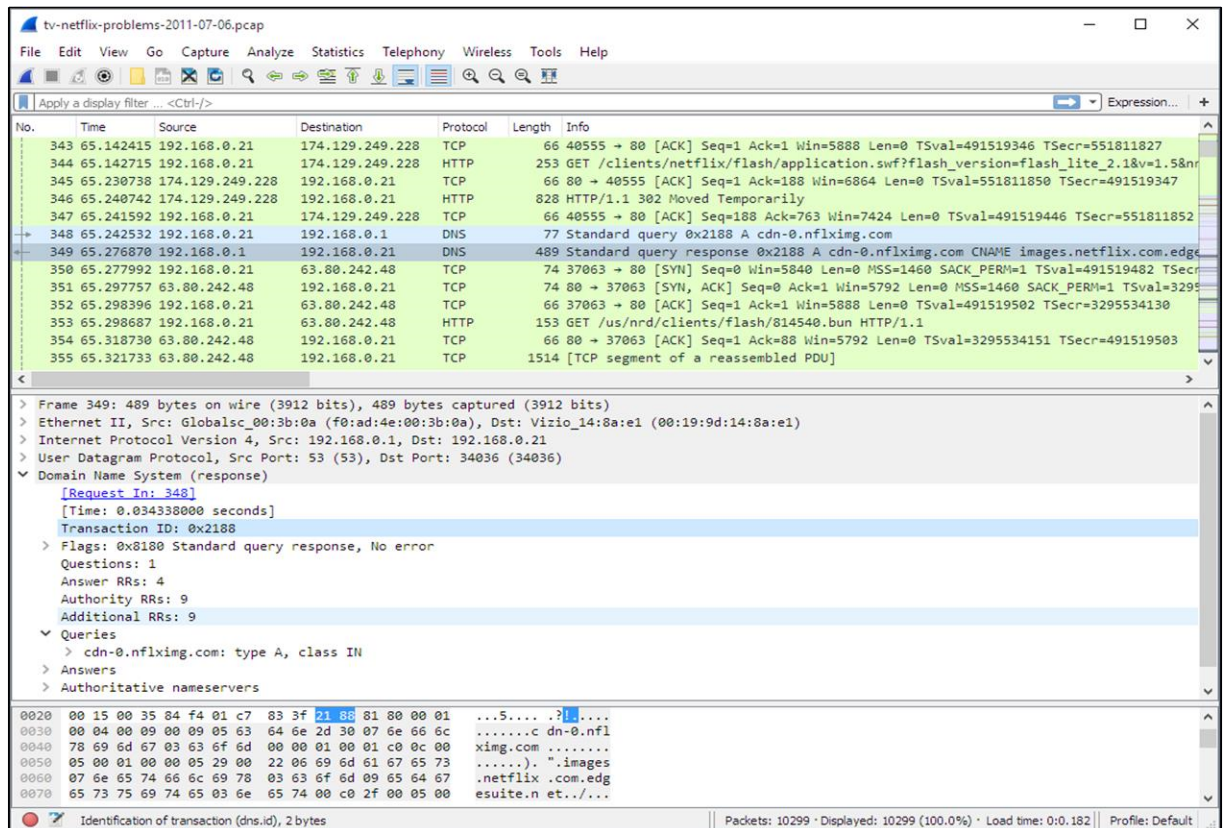
- a) disponível para UNIX e Windows;
- b) capture dados de pacote ao vivo de uma interface de rede;

¹ A origem do termo “network sniffer” está relacionada ao termo “sniffer”, que na língua inglesa, diz respeito aos dispositivos utilizados para detectar substâncias ocultas através do odor, tais como drogas ou explosivos. O termo “network sniffer”, em inglês, significa algo como “capturador de rede”. Também é comum, por esse motivo, o uso do termo “sniffer de rede” nos países que falam a língua portuguesa.

- c) abra arquivos contendo dados de pacotes capturados com tcpdump / WinDump, Wireshark e muitos outros programas de captura de pacotes;
- d) importe pacotes de arquivos de texto contendo dumps hexadecimais de dados de pacote;
- e) exibir pacotes com informações de protocolo muito detalhadas;
- f) salvar dados de pacote capturados;
- g) exportar alguns ou todos os pacotes em vários formatos de arquivo de captura;
- h) filtrar pacotes em muitos critérios;
- i) procure por pacotes em muitos critérios;
- j) colorir exibição de pacotes com base em filtros;
- k) crie várias estatísticas.

Como ilustrado na figura 5, “O Wireshark captura os pacotes e permite que você examine o conteúdo deles”, mostra o Wireshark tendo capturado alguns pacotes e esperando por você para examiná-los.

Figura 5 - Captura de pacotes



Fonte: Wireshark (2019).

2.6.2 Capturando dados na rede em tempo real

De acordo com a Wireshark (2019) a captura de dados na rede em tempo real é um dos principais recursos do Wireshark, o mecanismo de captura fornece os seguintes recursos:

- capture de diferentes tipos de *hardware* de rede, como *Ethernet* ou 802.11;
- pare a captura em diferentes gatilhos, como a quantidade de dados capturados, o tempo decorrido ou o número de pacotes;
- simultaneamente mostrar pacotes decodificados enquanto o Wireshark está capturando;
- filtrar pacotes, reduzindo a quantidade de dados a serem capturados;
- salvar pacotes em vários arquivos enquanto faz uma captura de longo prazo, opcionalmente girando através de um número fixo de arquivos (um “*ringbuffer*”);
- captura simultânea de várias interfaces de rede.

3 TECNOLOGIA PLC

Os primeiros pontos de vistas acerca de transmissão via cabos de energia elétrica apareceram no princípio do século XX, mas não avançaram, por não ser visto como um meio de comunicação viável sabendo que a mesma possuía baixa taxa de transmissão, baixa funcionalidade e um elevado custo de execução do projeto (MELO JUNIOR; MENDES, 2009).

Deste modo as primeiras transmissões de dados com a ajuda da Tecnologia PLC foram comprovados em 1838, quando o inglês Edward Davy que indicou uma solução que permitia a comparação remota de níveis de tensão de baterias de sistema do telégrafo entre Londres e Liverpool, sucedendo em 1897, ele patenteou método de medição remota, ficando a primeira patente de sinalização via rede elétrica na Grã-Bretanha. Aconteceu em 1913 comercialização sob o nome *Power Line Carrier*, Ondas Portadoras de Linhas de Alta Tensão (OPLA) como era conhecida no Brasil, tinha como particularidades a utilização de faixa estreita entre 3 kHz a 148,5 kHz e a modulação AM/FM. Eram manuseados equipamentos resistentes com durabilidade superior a trinta anos. Com o desenvolvimento das instalações de fibras óticas e atenuação dos preços dos sistemas em telecomunicação o sistema Carrier foi largado (MODRO, 2010).

Em 1950, a tecnologia PLC era, no entanto, conhecida por *Ripple Control*. Era por intermédio dela que companhias de distribuição de energia elétrica procedia o evento automático da iluminação pública, sua portadora tinha frequência na ordem de 100 kHz a 1 kHz (PARENTE, 2011).

Sem progresso por causa da falta de interesse por parte dos investidores em telecomunicação, então em 1970 a grande parte da implementação que usava PLC possuíam taxas de transmissão bastante baixas. Na década de 1980, ocorreu um avanço na tecnologia, foi possível a implementação de técnicas de processamento de sinais por modulação digital e a codificação de sinais em modems. Ainda na mesma época, na Europa foi definido o padrão CENELEC, pelo Comitê Europeu de Normalização Eletrotécnica (*European Committee for Electrotechnical Standardization*), que disponibilizava taxas de transmissão de dados de até 144 Kbps com frequência de máximo de 500 MHz (MODRO, 2010).

No final de 1980 e início de 1990 a comunicação bilateral foi desenvolvida. Mas em 1991, Dr. Paul Brown da empresa Norweb Communications uma empresa do sistema elétrico da cidade de Manchester, na Inglaterra, fez o primeiro teste para a transmissão de dados sobre a rede a energia elétrica (PEREIRA et al., 2010).

Sendo assim em Outubro 1997 Norweb e Nortel revelaram os problemas associados a ruídos em linha de transferência tinham sido solucionados (MODRO, 2010).

Comprovando ao mundo uma nova maneira de acesso a rede de computadores, de uma maneira interessante, proporciona uma esperança de uso das infraestruturas existente em grande parte das residências e escritórios de todo mundo (PARENTE, 2011).

A partir de então essa tecnologia passou a receber muito destaque, uma vez que as empresas de eletricidade em todo o mundo passaram a querer se tornar também provedoras de serviços de telecomunicações, utilizando sua infraestrutura já existente. Com o tempo, foram surgindo comunidades para a discussão da comunicação PowerLine, como o PLC Fórum, criado em 1997 na Europa e o Power Line Telecommunications Fórum (PLTF), criado em 1998 nos EUA. Em 2000, a HomePlug Pelerine Alliance surgiu como uma aliança principalmente entre fornecedores, com o objetivo de estabelecer um padrão aberto para a tecnologia PLC de rede domiciliar. Já no Brasil, em 1999 foi criada a Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e de Sistemas Privados de Telecomunicações (APTEL), que em seu primeiro seminário adotou o tema "Tecnologia Powerline Communications (PLC) (SANTOS, 2008, p. 13).

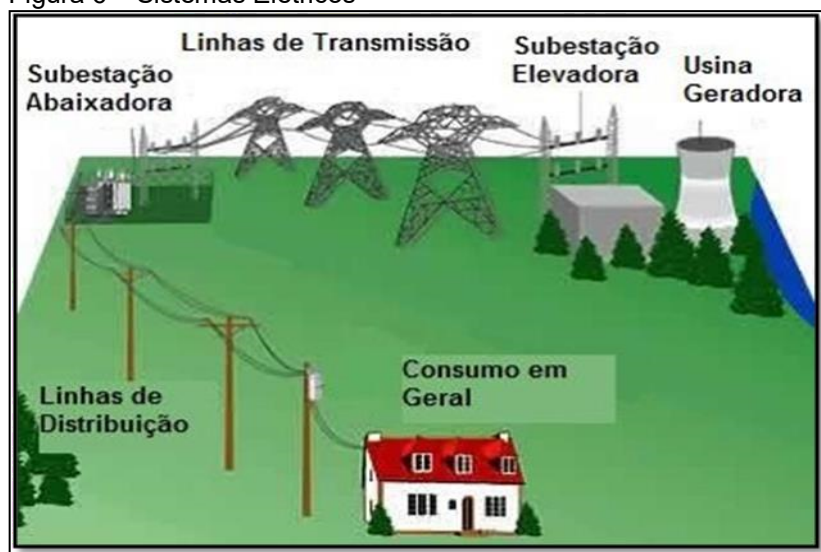
3.1 REDES ELÉTRICAS

É importante saber e conhecer a rede elétrica para compreender o desempenho da PLC.

A energia movimenta indústrias, hospitais, comércios, escolas, e oferece o bem-estar em residências. Contudo não se encontra a energia disponível na natureza para os objetivos citados. Para aquisição da energia nesta forma é necessário um processo de transformação que aproveita de outras maneiras a energia livre na natureza convertendo-as em energia elétrica, por meio de linhas de transformação, subestações e redes de distribuição até aonde será consumida (MAGALHÃES, 2009).

Na figura 6, a energia é transformada de mecânica para elétrica devido a uma queda de d'água canalizada para que a turbina gire, produzindo energia que é encaminhado para subestação elevadora, acompanhando assim o percurso da transmissão em alta tensão (69KV a 750KV), chega a uma subestação redutora para transmissão em média tensão (13,8KV). Chegando ao consumidor em baixa tensão (127V ou 220V) (SANTOS, 2008).

Figura 6 – Sistemas Elétricos



Fonte: Jund Light (2018).

3.2 REDES DOMÉSTICAS

O avanço da tecnologia faz com que aparelhos e equipamentos utilizados em residências se tornem mais modernos e automatizados. O mercado está em crescimento, e pretende à automatização de tarefas domésticas, em que é possível controlar aparelhos domésticos, como máquinas de lavar, refrigeradores e cafeteiras por causa da comunicação via rede de dados. Provavelmente o controle de iluminação, temperatura e itens de segurança de um espaço, como janelas, portas e câmeras. O uso do PLC pode transformar a evolução deste mercado mais acelerado e viável, tornando possível o uso desses aparelhos e, qualquer tomada elétrica disponível, não precisando de reformas nas instalações distintas para cada produto (PILARSKI, 2015).

Mesmo assim, a rede de energia elétrica não é um meio eficaz para a transmissão de dados, por causa da presença de harmônicos e ruídos efetuados por

aparelhos ligados à rede. Esses aparelhos são usados constantemente em residências e empresas, quer dizer, no mesmo ambiente que a rede PLC funciona. Por isso, quando se fala de comunicação de dados pela rede elétrica, há a preocupação em relação ao comportamento do sistema perante as situações críticas de ruídos (MARQUES, 2009).

3.3 PROBLEMA DO USO DA PLC

A utilização da rede elétrica para a transmissão de dados, é uma possibilidade em relação aos custos, mas apresentam uma série de problemas.

3.3.1 Ruído

Segundo Melo Junior e Mendes (2009), vários aparelhos ligados podem ser conectados à mesma rede elétrica, como pode ser o caso de uma residência que há eletrodomésticos ligados provocando ruídos em forma de impulso de sinal. E são classificados:

- a) síncrono gerado por *dimmers*. Ou seja, lâmpada ligada em brilho médio gera vários impulsos da ordem de dezenas de volts;
- b) tonal pode ser não-intencional geradas pelas fontes de alimentação chaveadas presentes, como exemplo em computadores, carregadores e dispositivos que poupam energia.
Intencional provocados por intercomunicadores que utilizam a rede elétrica.
Exemplo: babás eletrônicas;
- c) alta frequência causados por máquinas que fazem o uso motos universais.
exemplo: barbeadores, aspiradores;
- d) por capacitores caudados quando se liga e desliga aparelhos.

3.3.2 Atenuação

De acordo com Santos (2008) atenuação é outro grande problema de limitação de transmissão em alta velocidade:

- a) atenuação causada pela distância percorrida pelo sinal. Atenuação sofrida pelo sinal ao longo da linha de distribuição, possivelmente varia a topologia, conservação, quantidade de conexões um motivo importante afetar no desempenho do PLC senão assim limitando a distância que os sinais podem atingir;
- b) transformadores da rede elétrica, mesmo permitindo a passagem quase total de corrente alternada 50 ou 60 Hz, atenuam muito os sinais de alta frequência.

3.3.3 Impedância da Rede

Impedância está associada a transferência de energia entre dois meios (MELO JUNIOR; MENDES, 2009) que são:

- a) um modelo de impedância pode ser compreendido em momento que se olha através do vidro de um carro. Como exemplo: *insul-film*, tomadas, aparelhos ligados;
- b) por causa da atenuação, é apropriado que o transmissor de modem insira na rede elétrica, o nível máximo de tensão autorizado por uma norma. Sabendo ainda, que a potência e transmissão é simplesmente calculada alterna inversamente com a impedância do sinal. Sendo assim, a impedância tem grandes importância na transferência.

3.3.4 Interferência

Segundo Melo Junior e Mendes (2009), interferência esta dividida em dois tipos que são:

- a) causada por outros sistemas que aplicam o mesmo espectro do PLC:
Organismo reguladores: limites de potência, limites de frequência;
- b) Causada por usuários PLC: Atenuação do espectro liberado para cada usuário por causa da interferência gerada por outros PLCs. Redução de taxa de transmissão.

Contudo, cabos não blindados ou traçados, têm a possibilidade de causar interferência em transmissão de rádio.

3.4 TOPOLOGIA DO PLC

Segundo Rosa (2012) o uso das redes PLC com diversas topologias, depende da aplicação e para isso precisará ser analisada tendo em conta uma série de pontos como as necessidades e características do local escolhido, a aplicação, diante disso deve estar em concordância com os aspectos regulatórios vigentes.

De acordo com Vidal (2005), pode-se dividir as tecnologias de aplicação de sistemas PLC em três grandes grupos:

- a) topologia PLC Indoor;
- b) topologia para acesso na última milha;
- c) topologia para acesso WAN.

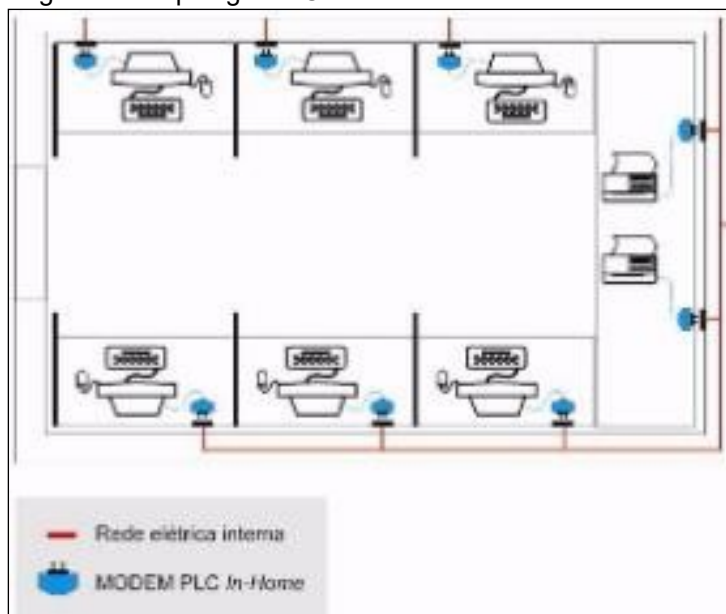
3.4.1 Topologia PLC Indoor

Este modelo é formado pela rede de distribuição elétrica de baixa tensão, e pelos modens que podem ser usados para conectar os equipamentos que serão interligados na rede (ROSA, 2012).

Assim, esse modelo vai desde o medidor de energia da residência do usuário até as tomadas no interior da residência. Muitos modens podem estar conectados as várias tomadas de energia possíveis em uma instalação de usuário, deixando assim uma rede de grande espectro (CORRÊA, 2004).

A figura 7 ilustra um modelo de aplicação da tecnologia Indoor para compor uma pequena rede LAN, interligando alguns computadores e periféricos em um escritório.

Figura 7 – Topologia PLC Indoor



Fonte: Rosa (2012).

3.4.2 Topologia para acesso na última milha

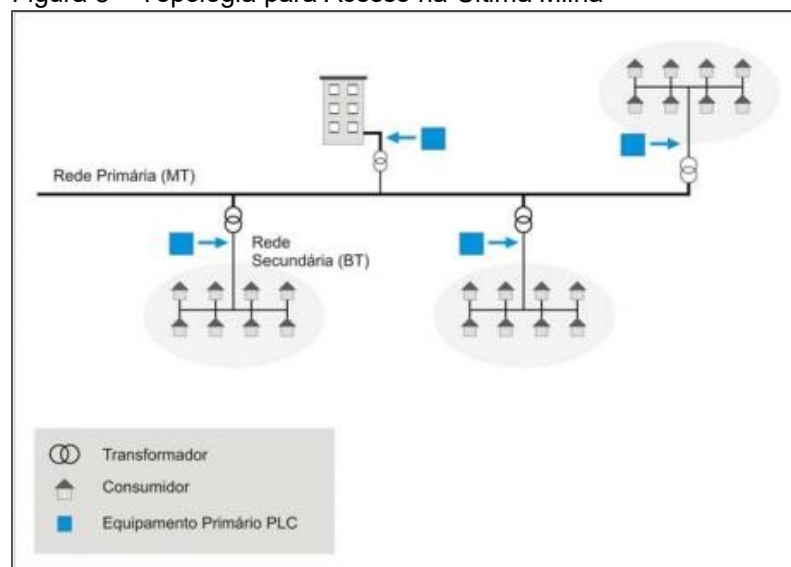
Conhecido como topologia celular, baseia-se numa evolução natural do conceito das *redes In-Home*. Nesta aplicação, a rede PLC aumenta seus limites para além da rede elétrica interna de um local específico, criando várias sub-redes de menor porte.

Neste tipo de topologia o sinal PLC é conectado nas redes de Baixa Tensão (BT) depois do transformador de distribuição, de maneira que todos os usuários desta rede passam a ter acesso, por meio de MODEMs, ao sistema. A Figura 8 mostra a aplicação da tecnologia PLC de acordo o conceito celular.

Levando em conta que a distância percorrida por uma rede de baixa tensão normalmente não atinge algumas centenas de metros, a aproximação alcançada entre

o equipamento primário PLC e os usuários finais deixam que, geralmente, toda a rede secundária possa ser revestida com o sinal PLC. Assim, para assegurar a cobertura em pontos mais distantes do equipamento primário, ou mesmo em trechos mais críticos da rede – com enumeras derivações, ou muito afetados por interferências localizadas – o provedor de serviços pode disponibilizar elementos repetidores, cuja função é regenerar a potência do sinal PLC (VIDAL, 2005).

Figura 8 – Topologia para Acesso na Última Milha

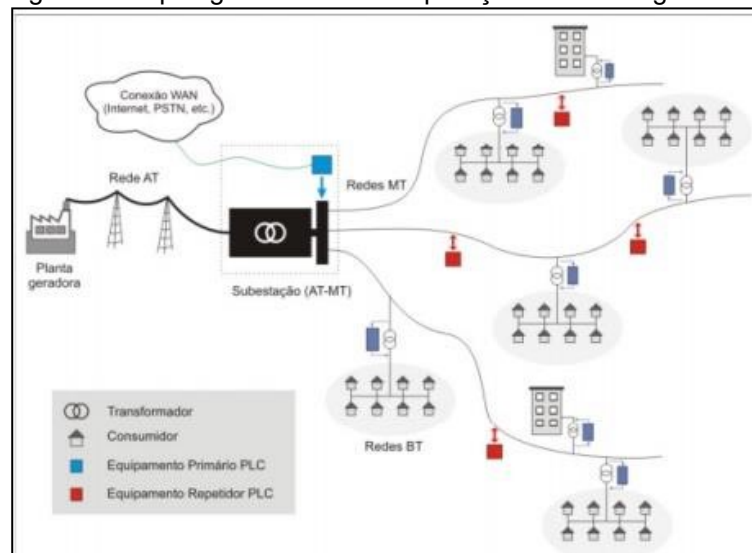


Fonte: Vidal (2005).

3.4.3 Topologia De Acesso Wan

A tecnologia aplicada as redes WAN é usada quando se precisa ter acesso rápido a um meio, conseguindo ter internet, ou outro qualquer, aonde mediante sinal vindo de uma portadora de serviços, este por fibra óptica, *cable modem*, ou seja uma solução de PLC de média tensão, é recebido em um equipamento PLC servidor, em seguida faz a distribuição do sinal usando a rede de baixa tensão a todos os usuários que estiverem conectados ao transformador, o cliente recebe o sinal na tomada e com o ajuda do modem PLC faz a filtragem dos sinais de frequência (CAVALCANTE; MENESES, 2008), consoante aumenta a distância entre cada cliente e o transformador, é necessário a utilização de um repetidor, como ilustra na figura 9.

Figura 9 - Topologia “clássica” de aplicação da tecnologia PLC.



Fonte: Vidal (2005).

4 TRABALHOS CORRELATOS

Várias pesquisas e desenvolvimentos são feitas a todo tempo no mundo inteiro na área de tecnologia. Dentro de algumas áreas como na de redes de computadores tem sido muito explorada, devido a grande quantidade de usuários que a internet atingiu nos dias hoje e a busca pelo melhor meio de transmissão de dados.

Nos tópicos subsequentes são abordadas algumas dessas pesquisas relacionadas ao presente trabalho.

4.1 TECNOLOGIA POWERLINE: TRANSMITINDO VOZ E DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA

Em 2010, o acadêmico Vitor Magalhães de Oliveira do programa de Pós-Graduação em Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro elaborou um estudo do funcionamento da tecnologia PLC.

Este estudo foi elaborado com o objetivo de tornar possível a transmissão de informações (dados e voz) utilizando como meio físico a infraestrutura já existente de cabeamento da rede elétrica.

Serão retratadas as tecnologias que mostram que é possível esse tipo de transmissão; o histórico dessas tecnologias explicando como elas foram criadas; em que se firmaram; o desenvolvimento das mesmas ao longo dos anos; funcionalidades e aplicações dessa tecnologia; e as vantagens e desvantagens da sua utilização para o envio de dados por meio de LAN, e por uma conexão banda larga. Também é analisado é a maneira como ela foi regulamentada pela Anatel e pela ANEEL, mostrando a escolha dos padrões adotados para essa tecnologia no Brasil.

Com base aos estudos realizados nesta pesquisa foi concluído que a tecnologia PLC tem se mostrado como uma grande opção para levar telefonia e acesso por meio de banda larga através das redes de distribuições de energia, especialmente para locais distantes dos grandes centros urbanos, trazendo conhecimento, empregos e principalmente desenvolvimento para essas regiões (OLIVEIRA, 2010).

4.2 ESTUDO DO ESTADO DA ARTE E ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO PLC DE BANDA LARGA.

Em 2005, o acadêmico Alexandre de Moura Vidal do programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica realizou um estudo sobre o uso das redes de transmissão e de distribuição de energia elétrica para a prestação de serviços de telecomunicações, por meio da utilização da tecnologia PLC.

Ao decorrer deste estudo foi constatado que as principais características destas estruturas, quando usadas como um meio de comunicação, são tratadas com especial atenção aos fenômenos de propagação de sinais e às interferências presentes nas mesmas. Com a capacidade de solução para superar as condições adversas apresentadas pelo canal PLC é apresentado o método de modulação OFDM.

Levando em consideração ainda o índice baixo de trabalhos práticos com foco neste tema no Brasil, o texto apresenta soluções de experimentos feitos no sentido de identificar três tipos de topologias elétricas *In-Home* especificamente encontradas no Brasil. Os experimentos realizados apresentam ainda o impacto de diferentes tipos de cargas habitualmente localizadas nas redes elétricas de instalações residenciais, comerciais e industriais brasileiras.

Por fim, o estudo apresenta uma comparação de desempenho entre o sistema PLC usado e os quatros principais resultados que nos dias de hoje são empregadas para a composição de redes de dados locais (VIDAL, 2005).

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA INDOOR DE COMUNICAÇÃO DE DADOS, PELA REDE ELÉTRICA, EM UM CIRCUITO ISOLADO.

No Centro universitário de Brasília, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia Curso de Engenharia da Computação, em 2009, Ingo Henrique Mamede Kronemberger, realizou uma implementação de um sistema indoor de comunicação de dados, pela rede elétrica, em um circuito isolado.

Esta pesquisa se trata da tecnologia que permite a transmissão de dados pela rede elétrica (PLC) em circuito *indoor*. O padrão escolhido para a comunicação foi a HomePlug AV, que tem taxas de transmissão de até 200 Mbps, usa o protocolo TCP/IP, utiliza a modulação OFDM e a segurança AES de 128 bits, implementado em protótipo projetado para transmissão de dados pela rede elétrica num circuito isolado.

Este protótipo admitiu avaliar as particularidades e possíveis aplicações da tecnologia PLC em circuito *indoor*. Assim foram também abordadas as

particularidades da rede elétrica como meio de transmissão, uma vez que esta tem importância fundamental na melhoria do sinal e eficiência do sistema.

O protótipo construído atingiu resultados aceitáveis, para a execução dos testes de transmissão, apresentando, pelos dados colhidos, que a tecnologia PLC tem taxas de transmissão e recebimento maiores do que os padrões mais utilizados no Brasil (FastEthernet e Wireless G) (KRONEMBERGER, 2009).

4.4 ANÁLISE E PROPOSTA DE MELHORIA NA ESTRUTURA DE REDES SEM FIO EM ESCOLAS PÚBLICAS NA MICRORREGIÃO DE ARARANGUÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Tecnologias de Informação e Comunicação, do Campus Araranguá, da Universidade Federal de Santa Catarina, com requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Tecnologias de Informação e comunicação, Lucas Vinícius de Oliveira e Ricardo Orige de Bem, em 2017 realizaram uma pesquisa de análise e proposta de melhoria da estrutura de redes sem fio em escolas públicas na microrregião de Araranguá.

O presente trabalho, teve como objetivo realizar um estudo da estrutura de redes sem fio em quatro escolas de educação básica da rede pública localizadas na microrregião de Araranguá, Santa Catarina, com a finalidade de identificar problemas e realizar a reestruturação da rede sem fio, prezando pela aplicabilidade e uso da experimentação para o ensino.

Assim com intuito de aprimorar o acesso as redes sem fio, resolvendo as dificuldades que impossibilitam o desenvolvimento do projeto. No início foi feito um estudo prévio da condição em relação a infraestrutura em cada escola e então desenvolveu-se um estudo para a metodologia, para criar uma fundamentação teórica.

Para isso, foram feitas várias visitas aos locais, analisando toda a rede encontrada, destacando principalmente em aspectos como sinal wireless, gerenciamento de senhas e localização dos *access points* (pontos de acesso).

Com o conhecimento obtido no levantamento em relação aos aspectos técnicos, foi apresentada uma reestruturação de redes sem fio das escolas, atendendo a critérios de gerenciamento e segurança de rede e distribuição de sinal wireless (OLIVEIRA; DE BEM, 2017).

4.5 ESTUDO SOBRE COMUNICAÇÃO DE DADOS VIA ELÉTRICA PARA APLICAÇÕES DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL/PREDIAL.

Em 2004, a acadêmica Alessandra Antunes Vargas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul do Instituto de Informática, com requisito parcial para obtenção do título de Engenheira da Computação realizou um trabalho trata da comunicação pela rede elétrica visando a sua utilização na área de automação residencial e predial.

O trabalho inclui uma breve descrição dos principais conceitos e tecnologias usadas para comunicação de dados pela rede elétrica e apresenta aplicações desenvolvidas no Brasil e no exterior. Foi realizada uma comparação entre modems para comunicação via rede elétrica e posteriormente foram feitos experimentos usando-se um modem comercial. A análise experimental buscava testar o comportamento de um modem em redes elétricas brasileiras e avaliar a influência do ruído e da distância na comunicação. Foram utilizados três ambientes de teste: um apartamento, o laboratório de automação da UFRGS e salas de aula da Escola de Engenharia da UFRGS. Os resultados mostraram que a tecnologia é viável, mas por apresentar muita variabilidade nas taxas de transmissão, torna-se extremamente difícil a sua utilização em aplicações que demandem tempos de resposta determinísticos (aplicações “tempo real”) (VARGAS, 2004).

5 EQUIPAMENTOS E MÉTODOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar em dois cenários uma comparação entre as tecnologias PLC e WI-FI e de avaliar o desempenho de cada uma delas.

5.1 METODOLOGIA

O teste foi realizado em um apartamento com o provedor de Internet 10 MB e no laboratório de Computação do Departamento de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense possuindo dois provedores de Internet 400 MB e 200 MB, para efetuar o mesmo foram usados dois notebooks com processador Intel Atom Quad Core Z8300 e 2 GB de memória RAM em cada cenário, nestes cenários foram feitos os testes usando as tecnologias. O intuito foi avaliar e chegar a resultados que demonstrem a viabilidade da utilização da tecnologia PLC em redes indoors em comparação com WI-FI.

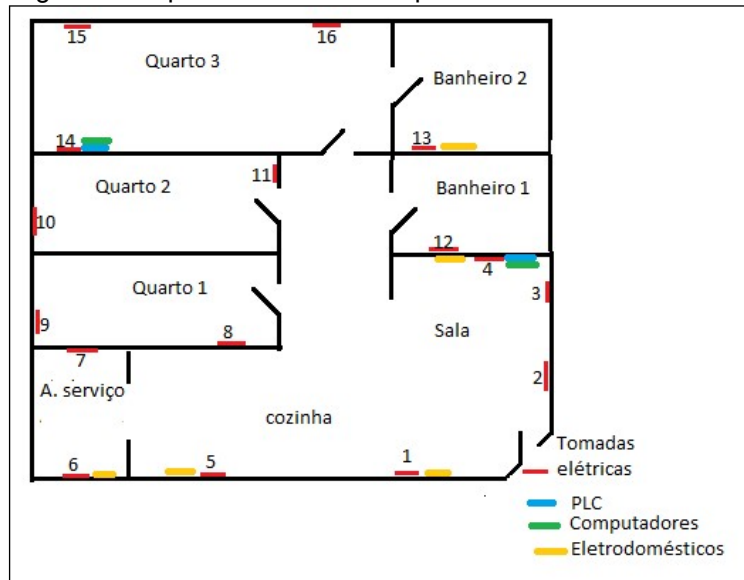
A escolha de dois cenários diferentes foi com objetivo de demonstrar as dificuldades mais comuns do dia-a-dia, para constatar viabilidade da tecnologia PLC em redes *indoors*.

5.2 CENÁRIOS E DESCRIÇÕES DE TESTES

O primeiro teste com a tecnologia PLC foi efetuado em um apartamento aonde os modems foram conectados em várias tomadas diferentes para analisar a interferência na transmissão de dados conforme a figura 10, com auxílio do Wireshark, software de monitoramento citado anteriormente. Neste ambiente sem eletrodomésticos ligados na rede, foram conectados os dois Notebooks na rede local com modems PLC, sendo um na tomada 14 do Quarto 3, e o outro PLC na tomada 4 que se encontra na Sala.

Em seguida, com os eletrodomésticos ligados como: secador de cabelo, liquidificador, batedeira de bolo, geladeira, Tv nas tomadas 1,5,6,12 e 13 com objetivo de verificar possíveis interferências na rede.

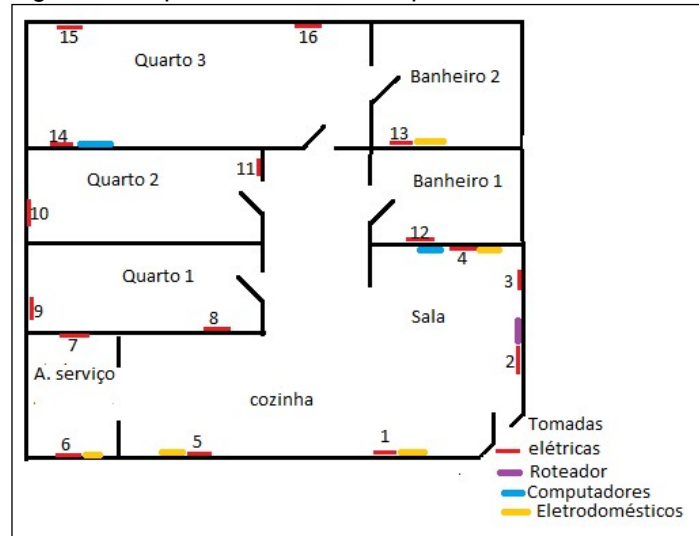
Figura 10 - Apartamento utilizado para os testes



Fonte: Do autor (2019).

Após o término do teste realizados com a rede local PLC, foi implementado no mesmo ambiente a rede local Wi-Fi, como ilustra a figura 11 o roteador estava ligado na tomada 2 e um notebooks na tomada 14 e outro na tomada 4. Em seguida com os eletrodomésticos como: secador de cabelo, liquidificador, batedeira de bolo, TV nas tomadas 1,4,5,6 e 13.

Figura 11 - Apartamento utilizado para os testes



Fonte: Do autor (2019).

O resultado obtido com o teste anterior descritos são apresentados na tabela 1, onde pode-se observar o impacto provocado pela utilização dos eletrodomésticos e a minimização destes impactos quando não usados os mesmos nos testes usando a PLC, confirmando a sua eficácia quando não utilizados eletrodomésticos, e a sua não eficácia quando utilizado estes ao mesmo tempo.

Nota-se que no primeiro cenário o tempo de respostas em quase todos os ambientes se manteve constante, apresentando resultados semelhantes, exceto no ambiente da PLC (com eletrodomésticos) os resultados ficaram superiores, comprovando assim a interferência causada pelo uso dos eletrodomésticos. Fica bastante claro que o tempo é muito inconstante, mesmo considerando que cada um dos 40 dados apresentados representa uma média dos tempos de 11.544 pacotes enviados.

Tabela 1 - Dados da pesquisa cenário 1

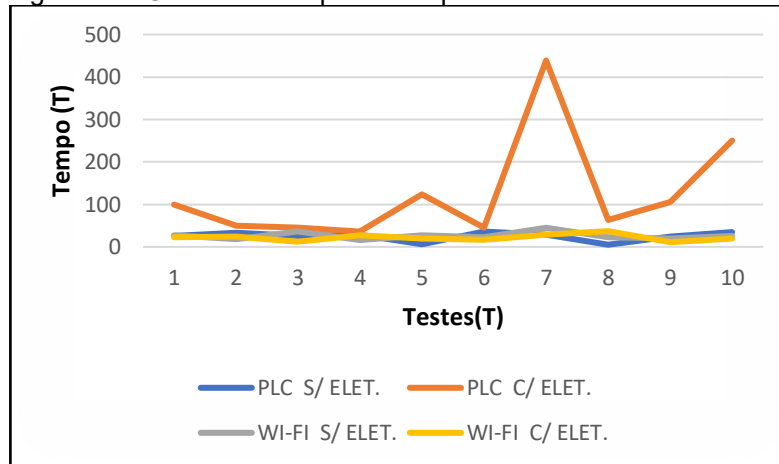
TESTE	BYTES	P. ENVIADOS	P. RECEBIDOS	PERDAS	TOMADAS	ELETRODOMÉSTICO	TEMPO RESPOSTA / ms
PLC SED	1000	250	250	0%	2	0	26 ms
PLC SED	1000	1000	998	0,2%	2	0	33 ms
PLC SED	1000	50	50	0%	2	0	25 ms
PLC SED	5000	6	6	0%	2	0	29 ms
PLC SED	500	1120	1120	0%	2	0	6 ms
PLC SED	50000	10	10	0%	2	0	36 ms
PLC SED	5000	100	100	0%	2	0	29 ms
PLC SED	500	20	20	0%	2	0	5 ms
PLC SED	1000	65	65	0%	2	0	24 ms
PLC SED	10000	265	264	0,1%	2	0	34 ms
PLC CED	1000	250	250	0%	7	5	100 ms
PLC CED	1000	1000	1000	0%	7	5	50 ms
PLC CED	1000	50	50	0%	7	5	45 ms
PLC CED	5000	6	6	0%	7	5	36 ms
PLC CED	500	1120	1024	8%	7	5	123 ms
PLC CED	50000	10	10	0%	7	5	45 ms
PLC CED	5000	100	88	12%	7	5	439 ms
PLC CED	500	20	20	0%	7	5	64 ms
PLC CED	1000	65	65	0%	7	5	106 ms
PLC CED	10000	265	241	9%	7	5	250 ms
WIFI SED	1000	250	250	0%	2	0	27 ms
WIFI SED	1000	1000	940	6%	2	0	18 ms
WIFI SED	1000	50	50	0%	2	0	36 ms
WIFI SED	5000	6	6	0%	2	0	16 ms
WIFI SED	500	1120	986	12%	2	0	27 ms
WIFI SED	50000	10	10	0%	2	0	22 ms
WIFI SED	5000	100	48	52%	2	0	45 ms
WIFI SED	500	20	20	0%	2	0	22 ms
WIFI SED	1000	65	65	0%	2	0	19 ms
WIFI SED	10000	265	265	0%	2	0	25 ms
WIFI CED	1000	250	250	0%	7	5	23 ms
WIFI CED	1000	1000	1000	0%	7	5	24 ms
WIFI CED	1000	50	38	24%	7	5	12 ms
WIFI CED	5000	6	6	0%	7	5	27 ms
WIFI CED	500	1120	1120	0%	7	5	20 ms
WIFI CED	50000	10	10	0%	7	5	17 ms
WIFI CED	5000	100	99	1%	7	5	28 ms
WIFI CED	500	20	20	0%	7	5	37 ms
WIFI CED	1000	65	65	0%	7	5	11 ms
WIFI CED	10000	265	265	0%	7	5	20 ms

CED – Com o uso de eletrodomésticos; SED – Sem o uso de eletrodomésticos

Fonte: Do autor (2019).

A figura 12 apresenta um gráfico onde podem ser verificadas essas variações, aonde a cor azul representa o PLC sem os eletrodomésticos, a cor cinza Wi-Fi sem eletrodomésticos e amarela Wi-Fi com eletrodomésticos, aonde o tempo de resposta não varia muito, já a cor laranja que representa o PLC com os eletrodomésticos apresenta um tempo de resposta maior comparado as cores citadas anteriormente.

Figura 12 - Gráfico do tempo de Resposta



Fonte: Do autor (2019).

O segundo teste foi realizado em laboratórios de Computação do Departamento de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense como ilustra a figura 11. Neste ambiente com os computadores ligados na rede, foram conectados os dois Notebooks na rede local com modems PLC, sendo um na tomada 13 do laboratório 1, e o outro PLC na tomada 4 que se encontra da Sala 3. Em seguida sem os computadores ligados na rede, foram conectados os dois Notebooks na rede local com modems PLC, sendo um na tomada 19 do laboratório 1, e o outro PLC na tomada 4 que se encontra da Sala 3.

Figura 13 – Laboratórios utilizados para testes



Fonte: Do autor (2019).

Utilizando a tecnologia de rede Wi-Fi, e um dos notebooks na tomada 19 do laboratório 1 e outro na tomada 4 Sala 3 com computadores ligados com objetivo de causar interferência na rede.

Em seguida sem os computadores ligados na rede, com um dos notebooks na tomada 19 do laboratório 1 e outro na tomada 4 Sala 3.

O resultado obtido com o teste realizado nos laboratórios descritos é apresentado na tabela 2, onde pode-se observar que não houve um grande impacto provocado pela utilização de computadores conectados na mesma rede.

Tabela 2 – Dados da pesquisa cenário 2

TESTES	BYTES	PACOTES ENVIADOS	PACOTES RECEBIDOS	PERDAS	COMPUTADORES	TEMPO RESPOSTA / ms
PLC CC	250	116	116	0%	24	4ms
PLC CC	1000	250	250	0%	24	23ms
PLC CC	50	160	160	0%	24	3ms
PLC CC	100	185	185	0%	24	3ms
PLC CC	1120	94	94	0%	24	23ms
PLC CC	80	123	123	0%	24	3ms
PLC CC	100	165	165	0%	24	3ms
PLC CC	20	107	107	0%	24	3ms
PLC CC	500	85	85	0%	24	3ms
PLC CC	266	333	333	0%	24	3ms
PLC SC	250	455	455	0%	0	3ms
PLC SC	1000	124	124	0%	0	25ms
PLC SC	50	140	140	0%	0	3ms
PLC SC	600	150	150	0%	0	3ms
PLC SC	1120	150	150	0%	0	27ms
PLC SC	100	103	103	0%	0	3ms
PLC SC	1000	114	114	0%	0	3ms
PLC SC	200	115	115	0%	0	3ms
PLC SC	65	161	161	0%	0	3ms
PLC SC	265	500	500	0%	0	3ms
WI-FI CC	250	115	115	0%	24	5ms
WI-FI CC	1000	610	610	0%	24	38ms
WI-FI CC	50	60	60	0%	24	5ms
WI-FI CC	600	86	86	0%	24	23ms
WI-FI CC	1120	69	69	0%	24	7ms
WI-FI CC	100	112	112	0%	24	6ms
WI-FI CC	1000	89	89	0%	24	7ms
WI-FI CC	200	100	100	0%	24	11ms
WI-FI CC	65	180	180	0%	24	4ms
WI-FI SC	250	116	116	0%	0	3ms
WI-FI SC	1000	250	250	0%	0	6ms
WI-FI SC	50	160	160	0%	0	4ms
WI-FI SC	600	185	185	0%	0	3ms
WI-FI SC	1120	94	94	0%	0	3ms
WI-FI SC	100	123	123	0%	0	3ms
WI-FI SC	1000	165	165	0%	0	8ms
WI-FI SC	200	107	107	0%	0	11ms
WI-FI SC	65	85	85	0%	0	5ms
WI-FI SC	265	333	333	0%	0	30ms

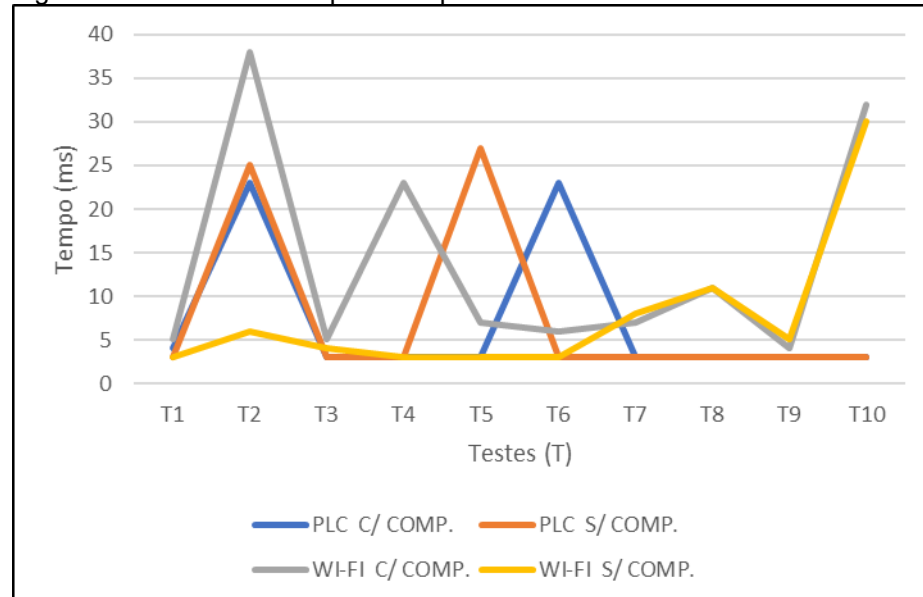
SC – Com computadores; SC – Sem computadores.

Fonte: Do Autor (2019)

Já no segundo teste pode-se observar a partir do gráfico que o tempo de resposta não varia em todos os cenários, mesmo com a presença de computadores na mesma rede.

Sendo assim na figura 14, a cor azul representa o PLC com os computadores conectados à rede, a cor cinza Wi-Fi com os computadores, cor amarela Wi-Fi sem computadores e cor laranja que representa o PLC sem os computadores.

Figura 14 – Gráfico do tempo de resposta



Fonte: Do autor (2019).

5.3 RESULTADOS

Nesta seção, é abordado sobre os dados coletados dos testes aplicados nesta pesquisa por meio do software de monitoramento de tráfego e apresenta-se os resultados obtidos da análise desses dados. Esta análise permite observar se as tecnologias PLCs são viáveis para uso indoor ou não. Os equipamentos utilizados durante a pesquisa contribuíram ou não para que o tráfego da rede PLC apresentasse bons resultados ou não.

Por fim, foi feita uma análise aos dados de cada cenário a partir de dados qualitativos, também, discutiu-se os resultados apresentados com base a análise estatística apresentada, para constatar eficiência das duas tecnologias apresentadas.

5.4 ANÁLISE E RESULTADOS

Os dados coletados foram organizados e analisados com auxílio do programa *IBM Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21.0. As variáveis quantitativas foram expressas por meio da mediana e da amplitude interquartil (com correção de *Tukey*).

As análises estatísticas inferenciais foram realizadas com um nível de significância alfa = 0,05, portanto, 95% de confiança. A distribuição dos dados quanto à normalidade foi avaliada por meio da aplicação do teste de *Kolmogorov-Smirnov* como ilustram as tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Análise estatística do cenário 1

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	SED n = 3754	CED n = 2830	
PLC	28,0 (5,0 – 33,0)	33,0 (6,0 – 40,0)	<0,001 [†]
WI-FI	13,0 (9,0 – 22,0)	13,0 (9,0 – 22,0)	0,819

AIQ – Amplitude Interquartil; CED – Com o uso de eletrodomésticos; PLC – Power line communications; SED – Sem o uso de eletrodomésticos; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Tabela 4 - Análise estatística do cenário 2

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	SC n = 1613	CC n = 1619	
PLC	3,0 (3,0 – 5,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	<0,001 [†]
WI-FI	3,0 (3,0 – 4,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	1,000

AIQ – Amplitude Interquartil; SC – Com computadores; PLC – Power line communications; SC – Sem computadores; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

As tabelas 5 e 6 mostram quanto à comparação das medianas das variáveis quantitativas, tempo de envio de pacotes por meio do *Power Line Communications* (PLC) e do Wi-Fi, entre as categorias das variáveis quantitativas dicotômicas, sem o uso de eletrodomésticos e com o uso, foi aplicado o teste U de *Mann-Whitney*.

Tabela 5 - Análise estatística do cenário 1

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	PLC n = 4380	WI-FI n = 2204	
SED	28,0 (5,0 – 33,0)	13,0 (9,0 – 22,0)	<0,001 [†]
CED	33,0 (6,0 – 40,0)	13,0 (9,0 – 22,0)	<0,001 [†]

AIQ – Amplitude Interquartil; CED – Com o uso de eletrodomésticos; PLC – Power line communications; SED – Sem o uso de eletrodomésticos; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Tabela 6 - Análise estatística do cenário 2

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	PLC n = 4380	WI-FI n = 876	
SC	3,0 (3,0 – 5,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	<0,001 [†]
CM	3,0 (3,0 – 4,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	<0,001 [†]

AIQ – Amplitude Interquartil; SC – Com computadores; PLC – Power line communications; SC – Sem computadores; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Sendo assim, a tecnologia PLC apresentou-se ideal para uma possível utilização em ambientes de indoor com pouco uso de eletrodomésticos, como apartamentos entre outros, onde um usuário que não possui muitos equipamentos na residência poderia utilizar a tecnologia com menos problemas de interferências.

As tecnologias de redes pesquisadas foram muito importantes para que esse estudo fosse possível, o *power line* é necessário quando um repetidor não consegue fazer com que o Wi-Fi chegue no cômodo desejado. Isso ocorre em várias situações: a casa pode ser muito grande, ter dois andares ou ainda ter paredes muito grossas ou obstáculos que interferem na propagação do sinal sem fio.

O PLC não sofre com nenhum desses problemas, pois tudo é feito pela rede elétrica. E a grande vantagem disso é ter Internet via cabo sem precisar instalar mais fios, o que significa não ter que furar paredes. O consumo de energia é baixo, ficando entre 1 W a 5 W, o que significa que ele não impacta na conta de luz.

A tecnologia PLC se mostrou uma solução de simples aplicação, é importante ressaltar a facilidade de acesso à tecnologia, por se tratar de uma tecnologia de fácil comercialização.

Sendo assim, quase todos os objetivos propostos foram atingidos, resultando em um estudo sobre o tráfego das tecnologias PLC e Wi-Fi em ambientes

indoor, com diversas possibilidades de aprimoramento e em uma linha de pesquisa que permite a aplicação de diversos recursos tecnológicos diferentes e ainda assim muito carente de novos recursos.

5.5 DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos, PLC apresenta um campo mais maduro para discussão, visto que há uma quantidade significativa de estudos disponíveis investigando seus supostos benefícios e limitações. Existem vários outros estudos como a comunicação de dados via rede elétrica para aplicações de Automação residencial/predial, nesta pesquisa foi realizada uma comparação entre modems para comunicação via rede elétrica e posteriormente foram feitos experimentos usando um modem comercial, embora que em estudo da PLC voltados a áreas industriais vem crescendo bastante.

Porém, os resultados promissores obtidos levam a crer também na viabilidade de utilização dessa Tecnologia. Dos variados estudos disponíveis sobre a PLC em ambientes indoors, faz crer que existe poucos estudos relacionados a estudo da viabilidade do tráfego de dados via PLC, foi possível identificar certo grau de consenso na comunidade acadêmica e o que ainda necessita de mais investigação, além das principais perspectivas futuras que serão apontadas.

De acordo com os resultados obtidos, e como pode ser observada na figura 20, a PLC apresenta um bom desempenho quando não usado vários eletrodomésticos no mesmo recinto, no que se refere a tráfego de dados na rede. Já no cenário onde não foi utilizado eletrodoméstico a PLC teve um bom desempenho, mostrou um tráfego de dados semelhantes ao Wi-Fi utilizado dentro do cenário de testes. Além disso, a aplicação da PLC possibilita a identificação de equipamento que possam causar interferências na sua instalação, uma recomendação é que a PLC não seria uma escolha viável em ambientes aonde há presença de vários eletrodomésticos via rede elétrica.

6 CONCLUSÃO

A execução do presente trabalho de conclusão de curso proporcionou adquirir conhecimentos em diversas áreas. Foi possível perceber a evolução das redes e o potencial das mesmas no mercado atual. O tráfego de dados da rede foi o principal conceito que direcionou essa pesquisa, levando a aplicação das diversas outras técnicas abordadas neste trabalho.

As técnicas e tecnologias abordadas nesse trabalho, foram aplicadas buscando atender um objetivo principal: avaliar e comparar o desempenho das tecnologias PLC e Wi-Fi em ambientes indoor, através de um teste de desempenho de transmissão de dados.

Os objetivos específicos elencados para a execução desse trabalho foram todos atingidos, os quais foram responsáveis por orientar a pesquisa e o desenvolvimento, além de permitir que o objetivo geral do trabalho também fosse alcançado.

Com o estudo da tecnologia PLC e Wi-Fi, adquiriu-se embasamento teórico imprescindível para a determinação dos métodos aplicados aos testes realizados. Uma principal tecnologia esteve diretamente ligada ao objetivo geral, sendo ela a *Power Line Communication* (PLC).

Durante o levantamento bibliográfico, buscou-se compreender o funcionamento da tecnologia PLC e como aplicá-la no ambiente proposto. A mesma se mostrou eficiente no seu melhor cenário. Um resultado positivo encontrado foi que na grande maioria dos testes conseguiu-se transmitir dados, mesmo em ambiente com eletrodomésticos ligados.

Ressalta-se que durante o desenvolvimento do trabalho foram observadas algumas dificuldades, como por exemplo, a escassez de material bibliográfico aprofundados sobre a tecnologia PLC, especificamente para auxiliar no enriquecimento do conteúdo do capítulo 3, sendo que as poucas referências encontradas, devido a poucos matérias científicos disponíveis.

A parte negativa da transmissão de dados foi a interferência causada por eletrodomésticos ligados a mesma rede elétrica. Um interessante trabalho a ser realizado é uma avaliação mais ampla dos parâmetros de comunicação de dados. Relações como número de pacotes (bytes) enviados, perdidos e retransmitidos versus distância podem gerar uma melhor caracterização da comunicação PLC. Além disso, a realização de testes em redes elétricas especiais onde seja possível controlar o nível de ruído presente na comunicação seria fundamental para este tipo de análise.

Mesmo sendo um pouco antiga, a tecnologia PLC ainda requer estudos na área de desenvolvimento de soluções em áreas como as das técnicas de modulação,

para que cada vez mais, os sinais sejam imunes a ruídos, assim como o de equipamentos que diminuam a incidência destes ruídos.

Para mais trabalhos futuros seria feito um estudo sobre a eficiência do uso de repetidores de sinal Wi-Fi e a PLC em ambientes indoor e outdoor.

REFERÊNCIAS

AMAIREH, Ayman. **Intrusion Detection**: New York: Nyit, 2006. 38 slides, color. Disponível em: <http://www.just.edu.jo/~tawalbeh/nyit/incs745/presentations/PacketSniffing.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2018.

CAVALCANTE, André Nascimento; MENESES, Lair Aguiar de. **Transmissão de dados via rede elétrica**. Engenharia de Telecomunicações, Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM, 2008.

DIANA FILHO, Rogério Pereira. **Uma Abordagem Sobre Segurança Em Redes Wireless**. 2003. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena – Mg, 2003. Disponível em: <http://www.unipac.br/site/bb/tcc/tcc-a517345722726c9a4e50e51eae58e3ac.pdf>. Acesso em: 28 maio 2018.

DUQUE, C. A. **Transmissão de dados em redes elétricas**. Juiz de Fora, MG, 2001. Relatório Técnico. UFJF Home Page. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ppee/producao-bibliografica/dissertacoes/2001-7-dissertacoes/transmissao-de-dados-em-redes-eletricas/> Acessado em: 03/06/2018.

MACÊDO, Diego. **Introdução ao Wireshark: Detecção e captura de tráfego em redes**. 2016. Disponível em: <https://www.diegomacedo.com.br/introducao-ao-wireshark-deteccao-e-captura-de-trafego-em-redes/>. Acesso em: 23 jun. 2018.

MARQUES, Fábio da Silva. **Contribuições Para Regulamentação Da Tecnologia Plc No Brasil Com Base Em Testes De Campo**. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia da Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/987/1/dissertacao_fabio_eec.pdf. Acesso em: 05 jun. 2018.

MAGALHÃES, Murilo Vill. **Estudo De Utilização Da Energia Eólica Como Fonte Geradora De Energia No Brasil**. 2009. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://tcc.bu.ufsc.br/Economia291554>. Acesso em: 18 maio 2018.

MELO JUNIOR, Alcir Rodrigues de; MENDES, Luís Augusto Mattos. **Transmissão De Dados Por PLC: Um Estudo Comparativo Entre As Tecnologias Cabeadas E Wi-Fi**. **Unipac**, Mg – Brasil, v. 15, p.1-15, maio 2009. Disponível em: <http://www.unipac.br/site/bb/tcc/tcc-ad8073a1555f00fb37f8953f1322b08a.pdf>. Acesso em: 05 maio 2018.

MILNER, Marius. **NetStumbler**. 2015. Disponível em: <https://br.ccm.net/download/baixaki-10530-netstumbler>. Acesso em: 23 jun. 2018.

MODRO, Natacha Santos. **Tecnologia Plc – Uma Opção Para A Transmissão De Dados**. 2010. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Informática, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis-SP, 2010. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0711270259.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

OLIVEIRA, Lucas Vinícius de; BEM, Ricardo Orige de. **Análise e Proposta de Melhoria Na Estrutura De Redes Sem Fio Em Escolas Públicas Na Microrregião De Araranguá**. 2017. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/178597/TCC POSTAR AGORA.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/178597/TCC_POSTAR_AGORA.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 06 jun. 2018.

PARENTE, Dante Aguiar. **Estudo De Sistemas Plc (Power Line Communications)**. 2011. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Teleinformática, Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - Ceará, 2011. Disponível em: <http://www.cgeti.ufc.br/monografias/DANTE_AGUIAR_PARENTE.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.

PEREIRA, Samuel Castro. **TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA EM AMBIENTE INDUSTRIAL, FEITA DE FORMA ROBUSTA E CONFIÁVEL ATRAVÉS DO PADRÃO G3-PLC**. 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/comp15/Downloads/46-905-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/comp15/Downloads/46-905-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2019.

PILARSKI, André Luís. **Power Line Communications PLC**. 2015. 30 p. monografia (para obtenção do grau de especialista em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes) - Eletrônica, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [S.I.], 2015. Disponível em: <http://epositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3755/1/CT_GESER_VI_2015_1.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2018.

PETERSON, Larry L; DAVIE, Bruce S. **Redes de computadores: uma abordagem de sistemas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 587 p. ISBN 8535213805.
TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 945 p.

ROSA, Magali da. **Monitoramento de temperatura do motor do aero gerador de pequeno porte utilizando power line communication - PLC**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas Metalúrgica e Minerais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SOUSA, Lindeberg Barros de. **Redes de computadores: Dados, Voz e Imagem**. 4. ed. São Paulo: Érica, 1999. 496 p.
STALLINGS, William. **Redes e sistemas de comunicação de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 449 p.

SOUSA, Lindeberg Barros de. **Redes de computadores: dados, voz e imagem**. 4.ed. Rio de Janeiro: Érica, 2001. 496 p.

SANTOS, Túlio L. **Power Line Communications**. 2008. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/tulio/index.htm> . Acesso em: 04 jun. 2018.

SÁ, Gildácio José de Almeida. **FUNDAMENTOS DAS REDES** .Faculdade Chrisus, Fortaleza-Ce, 2012. Disponível em: <<http://www.ceara.pro.br/introducao/IV-redes/redes02.html>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

TASKIN, Metin; CTO; AIRTIES. **Comparando duas soluções sem fio e examinando seus méritos relativos em um ambiente de rede doméstica**. Disponível em: <<https://eandt.theiet.org/content/articles/2016/01/powerline-versus-wifi-the-pros-and-cons/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 923 p.

_____. **Redes de computadores**. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994. 786 p.

VIDAL, Alexandre de Moura; **Estudo do estado da arte e análise de desempenho de sistemas de comunicação PLC de banda larga**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2005.

BATISTA, M. A. SNIFFERS DE REDES: APRENDENDO SOBRE O WIRESHARK E EXEMPLIFICANDO UM TIPO DE ATAQUE. **Monografia**, [S. l.], p. 14, 9 set. 2016. Disponível em: http://roitier.pro.br/wp-content/uploads/2016/11/Miriane-Aparecida-Batista_3599_assignsubmission_file_Miriane-Batista-Artigo-Sniffers-de-Redes.pdf.

ROCHA, Nadir Bueno da. **PLC - INTERNET BANDA LARGA VIA REDE ELÉTRICA**. 2012. Disponível em: <<http://lyceumononline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2369.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018

RODRIGO, Rodrigo. Análise do tráfego de rede com o Wireshark. **Revista Infra Magazine 10**, [S. l.], p. 1, 19 jan. 2013. Disponível em: <https://www.devmedia.com.br/analise-do-trafego-de-rede-com-o-wireshark-revista-infra-magazine-10/27417>.

WIRESHARK. **Wireshark User's Guide**. 2019. Disponível em: <https://www.wireshark.org/docs/wsug_html/#ChapterCapture>. Acesso em: 05 maio 2019.

APÊNDICE (S)

POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC) INTERNET VIA ENERGIA ELÉTRICA: ESTUDO COMPARATIVO NO DESEMPENHO DE TRANSMISSÃO DE DADOS EM AMBIENTE INDOOR COM A TECNOLOGIA DE REDE: WI-FI

Edera Sofia Costa Barreto¹, Valter Blauth Junior²

¹Curso de Ciência da Computação

Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) – Criciúma, SC – Brazil

{ederabarreto, valterblauth}@unesc.net

Abstract. *The search for better services or means of access to local networks fosters the creative side of society. One of the concepts that has become popular is the concept of data transmission via electric energy. In this way technologies and equipment are emerging that help and facilitate access to local networks through various means. Based on this concept, this work aims to make a study about evaluation and comparison of the performance of PLC and Wi-Fi technologies in indoor environments, through performance tests of data transmission.*

Resumo: *A busca por melhores serviços ou meios de acesso as redes locais fomentam o lado criativo da sociedade. Um dos conceitos que vem se popularizando é conceito de transmissão de dados via energia elétrica. Desse modo vão surgindo tecnologias e equipamentos que ajudam e facilitam o acesso as redes locais por vários meios. Baseando nesse conceito, este trabalho tem como objetivo de fazer um estudo sobre avaliação e comparação do desempenho das tecnologias PLC e Wi-Fi em ambientes indoor, através de testes de desempenho de transmissão de dados.*

1. INTRODUÇÃO

Juntamente com esse avanço que a Internet tem tido nos últimos anos oferecendo aplicações e serviços, até então nunca imaginados por muitos, vem sendo necessário o investimento em pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias bem como o aperfeiçoamento daquelas já existentes em transmissão de dados, com a finalidade de oferecer melhor qualidade e maior velocidade também aumentando o número da população com acesso a rede. É dentro deste contexto que se encaixa a tecnologia *Power Line Communications* (PLC), que é aquela em que os dados são transmitidos utilizando o mesmo meio físico em que caminha a energia elétrica (MODRO, 2010).

O conceito de se transmitir sinais de dados pela rede elétrica relembra aos tempos do telégrafo (inventado em 1835), pois a utilização de cabeamento dedicado para dispositivos instalados sempre mostrou custos extras e nem sempre era a melhor opção. A rede elétrica foi inicialmente planejada para fornecer potência e não transmitir dados, mas, no início dos anos 1980, foi criado um dispositivo capaz de captar, modular e injetar na rede elétrica os sons captados por um microfone, sendo que esse sinal era capturado e demodulado em outro local e convertido novamente em som. Esse sistema foi batizado de “Babá Eletrônica”, pois possibilitava aos pais ter controle das suas crianças em outro cômodo da residência (DUQUE, 2001).

Sendo assim, a utilização da tecnologia PLC possibilita diversas vantagens quando comparada a comunicação sem fio. A transmissão sem fio (wireless), embora de fácil instalação, oferece um alto custo e está sujeito às variações climáticas e a localização do transmissor/receptor, visto que sinais de alta frequências utilizados nesses transmissores

normalmente necessitam de visada direta da antena, ou seja, paredes e elevações podem prejudicar a transmissão e diminuir a confiabilidade do sistema (PEREIRA, 2014).

Como outras tecnologias que ainda não são desenvolvidas, expandidas e conhecidas, o PLC pode transformar-se uma importante ferramenta para a inclusão de pessoas no mundo digital, por isso, é importante ser constantemente estudado e debatido para ser possível a melhoria e haver uma constante avaliação a respeito de sua viabilidade para o mercado (PILARSKI, 2015).

Este trabalho tem como objetivo efetuar um estudo sobre a tecnologia PLC para elaboração de uma comparação de desempenho de transmissão de dados com relação a tecnologia Wi-Fi.

2. METODOLOGIA

Para desenvolvimento da pesquisa, foi dividido em duas etapas principais: a primeira etapa foi feita com a finalidade de analisar os principais temas teóricos e a segunda etapa foi voltada para a área prática, onde ocorreu a implementação dos testes e as análises dos resultados obtidos.

Sendo assim, na primeira etapa foi realizada um levantamento bibliográfico, visto que estes conteúdos se encontram presentes em artigos científicos, livros, revistas científicas e outras fontes na Internet, que possuem referências sobre a PLC, rede elétrica, WI-FI, e softwares de monitoramento.

Na segunda etapa foi realizado o teste utilizando redes locais, criados cenários com a tecnologia WI-FI e PLC e análise de resultados.

O teste foi realizado em um apartamento com o provedor de internet e banda larga de 10 MB e no laboratório de Computação do Departamento de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense possuindo dois provedores de Internet de banda larga 400 MB e Algar de banda larga 200 MB, para efetuar o mesmo foram usados dois notebooks com processador Intel Atom Quad Core Z8300 e 2 GB de memória RAM em cada cenário, nestes cenários foram feitos os testes usando as tecnologias uma por vez. Com intuito de avaliar e chegar a resultados demonstrando a viabilidade da utilização da tecnologia PLC em redes indoors em comparação com WI-FI.

A escolha de dois cenários diferentes foi com objetivo de demonstrar as dificuldades mais comuns do dia-a-dia, para constatar viabilidade da tecnologia PLC em redes indoors.

3. REDES DE COMPUTADORES

De acordo com Tanenbaum (1997), com o avanço tecnológico, essas áreas estão a afluir rapidamente e são cada vez menores as desigualdades entre coleta, transporte, armazenamento e processamento de informações. À medida que cresce nossa prática de colher, processar e distribuir informações, fica ainda maior a necessidade por formas de processamento de informações ainda mais sofisticadas. A fusão dos computadores e das comunicações teve uma grande importância no modo como os sistemas computacionais eram organizados.

Com esse avanço, a busca por conectividade é exposta em dois requisitos próprios: a necessidade de software de comunicação, e a necessidade de redes (STALLINGS, 2005).

Uma rede de computadores é um conjunto de equipamentos ligados entre si de modo a realizar trocas de informações e compartilharem recursos como arquivos de dados gravados, impressoras, modems, software e outros equipamentos (SOUSA, 1999).

A partir de um hardware programável são montadas as redes de computadores, devido a sua capacidade de transportar vários tipos de dados diferente, e darem suporte a uma alta e crescente tipos de aplicações.

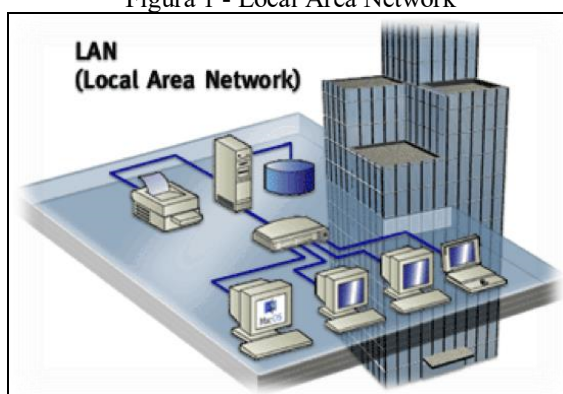
As redes de computadores podem ser classificadas em: Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Network (MAN) e Wide Area Network (WAN).

3.1. REDES LOCAIS OU LAN

Redes Locais são também designadas LANs, são redes privadas mantidas em um só edifício ou campus universitário com alguns quilômetros de extensão. São bastante utilizadas para interligar computadores pessoais e estações de trabalho em escritórios e instalações industriais de empresas, autorizando o compartilhamento de recursos (impressora) e troca de informações (TANENBAUM, 1997).

Tem características organizacional menos complexa das redes de computadores. Ela é um grupo de computadores ligados através de uma rede estando todos no mesmo lugar. Embora as LANs são redes mais simples, não quer dizer que sejam necessariamente pequenas ou simples. Mas podem ser grandes e complexas como ilustra a figura 1 (HAYDEN,1999).

Figura 1 - Local Area Network



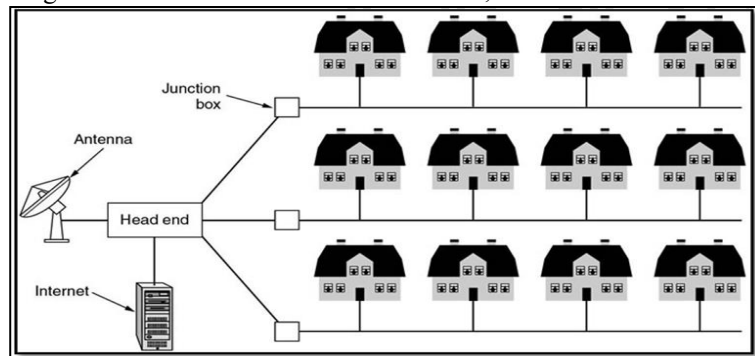
Fonte: Sá (2012).

3.2 REDES METROPOLITANAS OU MANS

São redes que associam várias LANs. Segundo Hayden (1999) geralmente quando uma LAN deixa de ser usada por poucos usuários e passa a ter milhares de usuários é provável que essa rede tenha se expandido para fora do seu local de origem. Quando o uso da rede é local, ou seja, dentro de uma região geográfica muito pequena não é comum a divisão de redes em várias redes menores, resumindo-as em uma MAN através de linhas telefônicas dedicadas de alta velocidade, ou hardware especiais que permitem a transferência de dados com alta velocidade de LANs.

Esse processo cresceu a partir de antigos sistemas de antenas comunitárias utilizadas em regiões com fraco atendimento do sinal de televisão pelo ar. Nesses principais sistemas, uma grande antena era utilizada no alto da colina junto ao sinal era então levado a casa dos usuários (TANENBAUM, 2003), como ilustra a figura 2.

Figura 2 - Rede Clássica de uma TV a cabo, usando o conceito de MAN

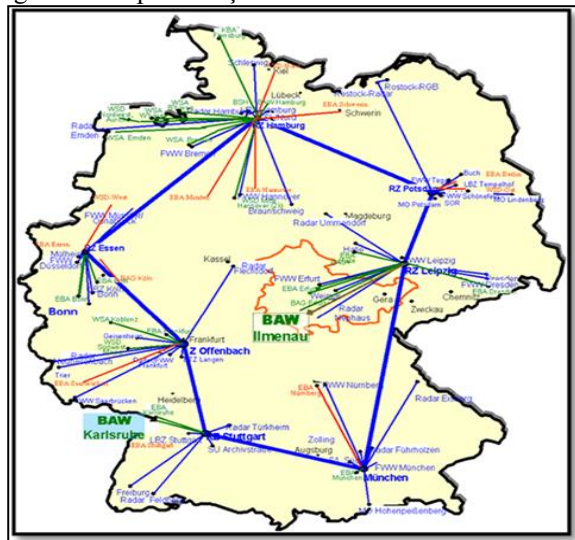


Fonte: Sá (2012).

3.3 REDES DE LARGA OU LONGA DISTÂNCIA OU WANS

Estas redes interligam várias MANs, ou seja, as WAN comumente conhecida por internet, e ela interliga todas elas LAN, MAN, WAN. Envolve uma grande extensão geográfica, com frequência um país ou continente. Inclui máquinas com a finalidade executar os programas ou aplicações do usuário (TANENBAUM,2003), como ilustra a figura 3.

Figura 3 – Representação das Redes WANs



Fonte: Sá (2012).

4. TECNOLOGIA PLC

Os primeiros pontos de vistas acerca de transmissão via cabos de energia elétrica apareceram no princípio do século XX, mas não avançaram, por não ser visto como um meio de comunicação viável sabendo que a mesma possuía baixa taxa de transmissão, baixa funcionalidade e um elevado custo de execução do projeto (MELO JUNIOR; MENDES, 2009). Deste modo as primeiras transmissões de dados com a ajuda da Tecnologia PLC foram comprovados em 1838, quando o inglês Edward Davy que indicou uma solução que permitia a comparação remota de níveis de tensão de baterias de sistema do telégrafo entre Londres e Liverpool, sucedendo em 1897, ele patenteou método de medição remota, ficando a primeira patente de sinalização via rede elétrica na Grã-Bretanha. Aconteceu em 1913 comercialização

sob o nome *Power Line Carrier*, Ondas Portadoras de Linhas de Alta Tensão (OPLA) como era conhecida no Brasil, tinha como particularidades a utilização de faixa estreita entre 3 kHz a 148,5 kHz e a modulação AM/FM. Eram manuseados equipamentos resistentes com durabilidade superior a trinta anos. Com o desenvolvimento das instalações de fibras óticas e atenuação dos preços dos sistemas em telecomunicação o sistema Carrier foi largado (MODRO, 2010).

Em 1950, a tecnologia PLC era, no entanto, conhecida por *Ripple Control*. Era por intermédio dela que companhias de distribuição de energia elétrica procedia o evento automático da iluminação pública, sua portadora tinha frequência na ordem de 100 kHz a 1 kHz (PARENTE, 2011).

Sem progresso por causa da falta de interesse por parte dos investidores em telecomunicação, então em 1970 a grande parte da implementação que usava PLC possuíam taxas de transmissão bastante baixas. Na década de 1980, ocorreu um avanço na tecnologia, foi possível a implementação de técnicas de processamento de sinais por modulação digital e a codificação de sinais em modems. Ainda na mesma época, na Europa foi definido o padrão CENELEC, pelo Comitê Europeu de Normalização Eletrotécnica (*European Committee for Electrotechnical Standardization*), que disponibilizava taxas de transmissão de dados de até 144 Kbps com frequência de máximo de 500 MHz (MODRO, 2010).

No final de 1980 e início de 1990 a comunicação bilateral foi desenvolvida. Mas em 1991, Dr. Paul Brown da empresa Norweb Communications uma empresa do sistema elétrico da cidade de Manchester, na Inglaterra, fez o primeiro teste para a transmissão de dados sobre a rede a energia elétrica (PEREIRA et al., 2010).

Sendo assim em Outubro 1997 Norweb e Nortel revelaram os problemas associados a ruídos em linha de transferência tinham sido solucionados (MODRO, 2010).

Comprovando ao mundo uma nova maneira de acesso a rede de computadores, de uma maneira interessante, proporciona uma esperança de uso das infraestruturas existente em grande parte das residências e escritórios de todo mundo (PARENTE, 2011).

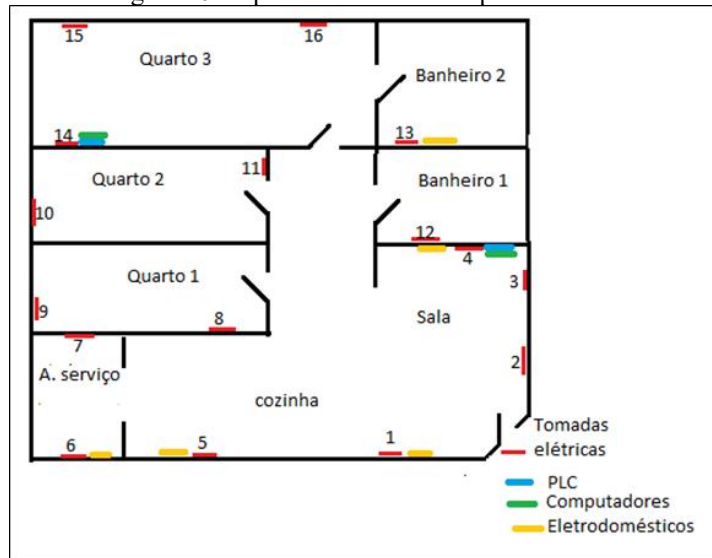
5. CENÁRIOS E TESTES

O primeiro teste com a tecnologia PLC foi efetuado em um apartamento aonde os modems foram conectados em várias tomadas diferentes para analisar a interferência na transmissão de dados conforme a figura 10, com auxílio do Wireshark, software de monitoramento citado anteriormente. Neste ambiente sem eletrodomésticos ligados na rede, foram conectados os dois Notebooks na rede local com modems PLC, sendo um na tomada 14 do Quarto 3, e o outro PLC na tomada 4 que se encontra na Sala.

Em seguida, com os eletrodomésticos ligados como: secador de cabelo, liquidificador, batedeira de bolo, geladeira, Tv nas tomadas 1,5,6,12 e 13 com objetivo de verificar possíveis interferências na rede.

Após o término do teste realizados com a rede local PLC, foi implementado no mesmo ambiente a rede local Wi-Fi, como ilustra a figura 11 o roteador estava ligado na tomada 2 e um notebooks na tomada 14 e outro na tomada 4. Em seguida com os eletrodomésticos como: secador de cabelo, liquidificador, batedeira de bolo, TV nas tomadas 1,4,5,6 e 13.

Figura 10 - Apartamento utilizado para testes



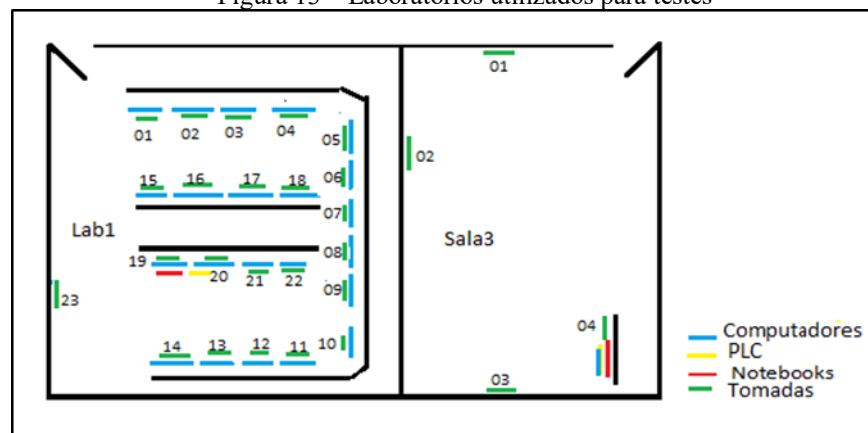
Fonte: Do autor (2019).

O segundo teste foi realizado em laboratórios de Computação do Departamento de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense como ilustra a figura 11. Neste ambiente com os computadores ligados na rede, foram conectados os dois Notebooks na rede local com modems PLC, sendo um na tomada 13 do laboratório 1, e o outro PLC na tomada 4 que se encontra da Sala 3. Em seguida sem os computadores ligados na rede, foram conectados os dois Notebooks na rede local com modems PLC, sendo um na tomada 19 do laboratório 1, e o outro PLC na tomada 4 que se encontra da Sala 3.

Utilizando a tecnologia de rede Wi-Fi, e um dos notebooks na tomada 19 do laboratório 1 e outro na tomada 4 Sala 3 com computadores ligados com objetivo de causar interferência na rede.

Em seguida sem os computadores ligados na rede, com um dos notebooks na tomada 19 do laboratório 1 e outro na tomada 4 Sala 3.

Figura 13 – Laboratórios utilizados para testes



Fonte: Do autor (2019).

6. ANÁLISE E RESULTADOS

Os dados coletados foram organizados e analisados com auxílio do programa *IBM Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 21.0. As variáveis quantitativas foram expressas por meio da mediana e da amplitude interquartil (com correção de *Tukey*).

As análises estatísticas inferenciais foram realizadas com um nível de significância $\alpha = 0,05$, portanto, 95% de confiança. A distribuição dos dados quanto à normalidade foi avaliada por meio da aplicação do teste de *Kolmogorov-Smirnov* como ilustram as tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Análise estatística do cenário 1

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	SED	CED	
	n = 3754	n = 2830	
PLC	28,0 (5,0 – 33,0)	33,0 (6,0 – 40,0)	<0,001 [†]
WI-FI	13,0 (9,0 – 22,0)	13,0 (9,0 – 22,0)	0,819

AIQ – Amplitude Interquartil; CED – Com o uso de eletrodomésticos; PLC – Power line communications; SED – Sem o uso de eletrodomésticos; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Tabela 4 - Análise estatística do cenário 2

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	SC	CC	
	n = 1613	n = 1619	
PLC	3,0 (3,0 – 5,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	<0,001 [†]
WI-FI	3,0 (3,0 – 4,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	1,000

AIQ – Amplitude Interquartil; SC – Com computadores; PLC – Power line communications; SC – Sem computadores; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

As tabelas 5 e 6 mostram quanto à comparação das medianas das variáveis quantitativas, tempo de envio de pacotes por meio do *Power Line Communications* (PLC) e do Wi-Fi, entre as categorias das variáveis quantitativas dicotômicas, sem o uso de eletrodomésticos e com o uso, foi aplicado o teste U de *Mann-Whitney*.

Tabela 5 - Análise estatística do cenário 1

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	PLC	WI-FI	
	n = 4380	n = 2204	
SED	28,0 (5,0 – 33,0)	13,0 (9,0 – 22,0)	<0,001 [†]
CED	33,0 (6,0 – 40,0)	13,0 (9,0 – 22,0)	<0,001 [†]

AIQ – Amplitude Interquartil; CED – Com o uso de eletrodomésticos; PLC – Power line communications; SED – Sem o uso de eletrodomésticos; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Tabela 6 - Análise estatística do cenário 2

	Tempo (ms), mediana (AIQ)		Valor - p
	PLC n = 4380	WI-FI n = 876	
SC	3,0 (3,0 – 5,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	<0,001 [†]
CM	3,0 (3,0 – 4,0)	3,0 (3,0 – 4,0)	<0,001 [†]

AIQ – Amplitude Interquartil; SC – Com computadores; PLC – Power line communications; SC – Sem computadores; [†]Valores obtidos após teste de U de Mann-Whitney

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Sendo assim, a tecnologia PLC apresentou-se ideal para uma possível utilização em ambientes de indoor com pouco uso de eletrodomésticos, como apartamentos entre outros, onde um usuário que não possui muitos equipamentos na residência poderia utilizar a tecnologia com menos problemas de interferências.

As tecnologias de redes pesquisadas foram muito importantes para que esse estudo fosse possível, o *power line* é necessário quando um repetidor não consegue fazer com que o Wi-Fi chegue no cômodo desejado. Isso ocorre em várias situações: a casa pode ser muito grande, ter dois andares ou ainda ter paredes muito grossas ou obstáculos que interferem na propagação do sinal sem fio.

O PLC não sofre com nenhum desses problemas, pois tudo é feito pela rede elétrica. E a grande vantagem disso é ter Internet via cabo sem precisar instalar mais fios, o que significa não ter que furar paredes. O consumo de energia é baixo, ficando entre 1 W a 5 W, o que significa que ele não impacta na conta de luz.

A tecnologia PLC se mostrou uma solução de simples aplicação, é importante ressaltar a facilidade de acesso à tecnologia, por se tratar de uma tecnologia de fácil comercialização.

Sendo assim, quase todos os objetivos propostos foram atingidos, resultando em um estudo sobre o tráfego das tecnologias PLC e Wi-Fi em ambientes indoor, com diversas possibilidades de aprimoramento e em uma linha de pesquisa que permite a aplicação de diversos recursos tecnológicos diferentes e ainda assim muito carente de novos recursos.

7. CONCLUSÃO

A execução do presente trabalho de conclusão de curso proporcionou adquirir conhecimentos em diversas áreas. Foi possível perceber a evolução das redes e o potencial das mesmas no mercado atual. O tráfego de dados da rede foi o principal conceito que direcionou essa pesquisa, levando a aplicação das diversas outras técnicas abordadas neste trabalho.

As técnicas e tecnologias abordadas nesse trabalho, foram aplicadas buscando atender um objetivo principal: avaliar e comparar o desempenho das tecnologias PLC e Wi-Fi em ambientes indoor, através de um teste de desempenho de transmissão de dados.

Os objetivos específicos elencados para a execução desse trabalho foram todos atingidos, os quais foram responsáveis por orientar a pesquisa e o desenvolvimento, além de permitir que o objetivo geral do trabalho também fosse alcançado.

Com o estudo da tecnologia PLC e Wi-Fi, adquiriu-se embasamento teórico imprescindível para a determinação dos métodos aplicados aos testes realizados. Uma principal tecnologia esteve diretamente ligada ao objetivo geral, sendo ela a Power Line Communication (PLC).

Durante o levantamento bibliográfico, buscou-se compreender o funcionamento da tecnologia PLC e como aplicá-la no ambiente proposto. A mesma se mostrou eficiente no seu melhor cenário. Um resultado positivo encontrado foi que na grande maioria dos testes conseguiu-se transmitir dados, mesmo em ambiente com eletrodomésticos ligados.

Ressalta-se que durante o desenvolvimento do trabalho foram observadas algumas dificuldades, como por exemplo, a escassez de material bibliográfico aprofundados sobre a tecnologia PLC, especificamente para auxiliar no enriquecimento do conteúdo do capítulo 3, sendo que as poucas referências encontradas, devido a poucos matérias científicos disponíveis.

A parte negativa da transmissão de dados foi a interferência causada por eletrodomésticos ligados a mesma rede elétrica. Um interessante trabalho a ser realizado é uma avaliação mais ampla dos parâmetros de comunicação de dados. Relações como número de pacotes (bytes) enviados, perdidos e retransmitidos versus distância podem gerar uma melhor caracterização da comunicação PLC. Além disso, a realização de testes em redes elétricas especiais onde seja possível controlar o nível de ruído presente na comunicação seria fundamental para este tipo de análise.

Mesmo sendo um pouco antiga, a tecnologia PLC ainda requer estudos na área de desenvolvimento de soluções em áreas como as das técnicas de modulação, para que cada vez mais, os sinais sejam imunes a ruídos, assim como o de equipamentos que diminuam a incidência destes ruídos.

Para mais trabalhos futuros seria feito um estudo sobre a eficiência do uso de repetidores de sinal Wi-Fi e a PLC em ambientes indoor e outdoor.

REFERÊNCIAS

MODRO, Natacha Santos. **Tecnologia Plc – Uma Opção Para A Transmissão De Dados**. 2010. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Informática, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis-SP, 2010. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0711270259.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

PEREIRA, Samuel Castro. **TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA EM AMBIENTE INDUSTRIAL, FEITA DE FORMA ROBUSTA E CONFIÁVEL ATRAVÉS DO PADRÃO G3-PLC**. 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/comp15/Downloads/46-905-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/comp15/Downloads/46-905-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2019.

PILARSKI, André Luís. **Power Line Communications PLC**. 2015. 30 p. monografia (para obtenção do grau de especialista em Configuração e Gerenciamento de Servidores e Equipamentos de Redes) - Eletrônica, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [S.l.], 2015. Disponível em: <http://epositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3755/1/CT_GESER_VI_2015_1.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2018.

DUQUE, C. A. **Transmissão de dados em redes elétricas**. Juiz de Fora, MG, 2001. Relatório Técnico. UFJF Home Page. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ppee/producao-bibliografica/dissertacoes/2001-7-dissertacoes/transmissao-de-dados-em-redes-eletricas/>> Acessado em: 03/06/2018.

MELO JUNIOR, Alcir Rodrigues de; MENDES, Luís Augusto Mattos. Transmissão De Dados Por PLC: Um Estudo Comparativo Entre As Tecnologias Cabeadas E Wi-Fi. **Unipac**, Mg – Brasil, v. 15, p.1-15, maio 2009. Disponível em: <<http://www.unipac.br/site/bb/tcc/tcc-ad8073a1555f00fb37f8953f1322b08a.pdf>>. Acesso em: 05 maios 2018.

SOUSA, Lindeberg Barros de. **Redes de computadores: Dados, Voz e Imagem**. 4. ed. São Paulo: Érica, 1999. 496 p.

STALLINGS, William. **Redes e sistemas de comunicação de dados**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 449 p.

DUQUE, C. A. **Transmissão de dados em redes elétricas**. Juiz de Fora, MG, 2001. Relatório Técnico. UFJF Home Page. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/ppee/producao-bibliografica/dissertacoes/2001-7-dissertacoes/transmissao-de-dados-em-redes-eletricas/>> Acessado em: 03/06/2018.