TECNOLOGIA POWER LINE COMMUNICATION (PLC): Comparativo entre o Brasil e outros Países.

Beto Douglas Alves Cardoso[1]
Bruno Ramon de Almeida[2]
Edilmarcio Reis Costa Silva[3]
Jakson Ferreira de Sousa[4]

RESUMO: O artigo em questão, aborda a tecnologia Power Line Communication (PLC), no qual é utilizada para o uso de tráfego de dados via cabeamento elétrico, apresentando suas características principais, mostrando um comparativo da tecnologia no Brasil e em outros países. Foi realizado um estudo bibliográfico para o desenvolvimento do artigo, visando mostrar as vantagens e desvantagens da tecnologia Power Line Communication, relatando as barreiras que impedem com que essa tecnologia possa ser implementada com sucesso em nosso país, destacando alguns estudos de caso que foram implementados e que não deram continuidade, e ressaltar o porquê da mesma tecnologia funcionar em alguns países. A pesquisa mostra que atualmente resolver o problema de última milha é inviável, porém, existe a possibilidade de uso da PLC, tendo em vista que o local esteja de acordo os padrões exigidos pela ABNT.

Palavras chave: Tecnologia. Power Line Communication. Cabeamento Elétrico. Trafego de dados.

ABSTRACT: The article in question discusses the technology Power Line Communication (PLC), which is used for the use of data traffic via electrical wiring, with its main features, showing a comparative technology in Brazil and other countries. a bibliographic study for the development of the article, aiming to show the advantages and disadvantages of Power Line Communication Technology, reporting the barriers that prevent that this technology can be successfully implemented in our country, highlighting some case studies that were implemented was conducted and that did not continue, and emphasize why the same technology work in some countries. Research shows that currently solve the last mile problem is not feasible, however, there is a possibility of PLC use. Provided that the site is according the required standards ABNT.

Key words: Technology. Power Line Communication. Electrical wiring. Data traffic.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia Power Line Communication (PLC), é uma tecnologia que surgiu a muito tempo, com o objetivo de usar a rede de energia elétrica como meio de transmissão de dados, com o intuito de solucionar alguns problemas existentes, como o de última milha, que é fornecer dados como, internet e outras mídias até as últimas

[1] Autor – Graduando em Sistemas de Informação/ Unibalsas - Faculdade de Balsas-MA/ b.douglas6@hotmail.com.
[2] Orientador – – Mestre em Ciências da Computação/Unibalsas Faculdade de Balsas-MA/ brunoramonalmeida@gmail.com.
[3] Orientador – Mestre em Redes e Segurança da Informação/ Unibalsas Faculdade de Balsas-MA/ edilmarcio@hotmail.com
[4] Orientador – Especialista em Sistema de Informação/Unibalsas Faculdade de Balsas-MA/ Jaksontecmicro@yahoo.com.br

pessoas que possuírem energia elétrica, tendo em vista, ampliar o número de pessoas no processo de inclusão digital.

Com o passar dos anos, algumas empresas realizaram testes PLC em vários países da Europa e da América Latina, obtendo bons resultados, sendo eles partindo de laboratórios, com isso, aplicaram o mesmo teste em ambiente real, no qual a tecnologia PLC para ser utilizada tem sua vantagem, que é possuir infraestrutura pronta. Algumas empresas como a ASCON que é fabricante de equipamentos PLC, se tornou parceira de várias empresas que possuem fornecimento de energia elétrica, com isso, algumas dessas empresas do Brasil foram contempladas, como a CEMIG, COPEL e outras empresas. As mesmas realizaram seus projetos, tendo em vista que os resultados de ambas foram semelhantes, encontraram os mesmos problemas, os mesmos obstáculos ressaltando as suas vantagens. (TELECO, 2010)

Os resultados obtidos pelas empresas que aplicaram os testes, ambas em suas respectivas cidades, destacaram a viabilidade de uso do trafego de dados por cabeamento elétrico, de acordo com os relatórios obtidos, notou-se alguns pontos negativos e outros positivos, no qual se forem corrigidos a viabilidade de acesso pode melhorar.

Como a Power Line Communication é considerada uma tecnologia descontinuada no Brasil, o objetivo da pesquisa, visa identificar e mostrar através de estudos bibliográficos o porquê dessa tecnologia não ter dado sequência. Mostrando suas vantagens e desvantagens, problemas e soluções da tecnologia abordada, e destacar o porquê a mesma tecnologia funcionar em outros países, abordando o diferencial para o funcionamento.

Ressaltando que, a tecnologia PLC pudesse ser viabilizada de forma comercial, as vantagens seriam inúmeras, todas as pessoas que possuíssem energia elétrica teriam acesso a essas transmissões de dados, sendo ela qual for: internet, TV, Rádio e outras mídias. Por ser uma tecnologia que para ser implementada já possui uma infraestrutura pronta, não teria muito com o que gastar. Relevando que toda a estrutura elétrica tanto para OUTDOOR quando para INDOOR estivessem padronizadas de acordo com as novas da ABNT. Nesse caso, os gastos só seriam com os equipamentos de transmissão, O Master, Modem, Repetidores, Filtros e Caixa

de transmissão, esses são os equipamentos necessário para a implementação da PLC.

2. POWER LINE COMMUNICATION.

O uso da tecnologia PLC tem o intuído de beneficiar as pessoas que estão mais afastadas do meio social, que é caracterizado como o problema de última milha. Com isso, a implementação da Power Line Communication visa de certa forma o meio de inclusão digital.

O PLC (Power Line Communication), é uma tecnologia que utiliza as redes de energia elétrica como meio físico para fazer o transporte de dados. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2009), a tecnologia PLC é um sistema que permite a transmissão de dados como: Sinais de internet, comunicação analogia e digital, voz e vídeo, tudo pelo cabeamento elétrico de energia. (SANTOS, 2008).

Por ser uma tecnologia antiga, a mesma vem ganhando seu espaço em virtude que possivelmente venha a solucionar um problema chamado “Última milha” da internet, conseguindo assim, levar conexão as áreas de difícil acesso e que não conseguem conexão com rede.

A ideia de transmitir dados sobre cabeamento elétrico surgiu por volta do ano de 1920, quando foram desenvolvidas as primeiras propostas de transmissão de dados em rede de alta tensão, que na época era utilizado uma modulação de 15 a 50 kHz. Mas somente em 1930 que foi possível realizar os primeiros testes de transmissão, com o auxílio de um *Ripple Control(RC)* que é um controlador de ondulação, o objetivo do RC era fazer as transmissões de sinais de controle de frequências baixas de 0,1 a 0,9 kHz, fazendo com que fosse realizado a comunicação a pequenas taxas e altas potencias. No entanto, essa tecnologia permitia uma comunicação de maneira unidirecional, ou seja, que envolve uma única direção, sendo assim, usada para fazer pequenas funções como: ativação de iluminação pública, sistemas de telemetria, controle remoto e comunicação de voz. (SANTOS,2008).

Nos anos 80 na Europa algumas empresas começaram a realizar pesquisas analisando as características da rede elétrica, e a mensurar a capacidade de utilização da rede elétrica como meio de comunicação. Com a realização dos testes, descobriu-se que as faixas de 5 a 500 kHz eram as que possuíam um melhor desempenho para

a utilização em relação ao sinal, ruído e atenuação. No ano de 1988 foi desenvolvido o primeiro protótipo de modem, utilizando a tecnologia *Spread Spectrum,* ou seja, utilizando um espectro alargado com o intuito de aumentar o espalhamento espectral, dessa forma, conseguiu transmitir dados com taxas de 60 bps a uma distância de um km. (BELETTINI apud TIBALD, 2007).

Com o passar dos anos, as pesquisas e testes ainda continuavam a serem desenvolvidas, no ano de 1991 na Inglaterra teve início aos testes de comunicação de alta velocidade. Em 1997 as duas grandes empresas de energia da Inglaterra a Norweb e a Nortel anunciaram que os problemas causados por ruídos e interferência tinham sido resolvidos e que estavam realizando testes de acesso à internet. (BELETTINI, 2015).

No decorrer dos anos, em abril de 1999 foi criado a APTEL, que é uma Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e de Sistemas privados de Telecomunicações, que juntamente com o subcomitê de comunicação do GCOI que é o Grupo de Coordenador para operação interligada e tem como objetivo coordenar o uso racional das instalações geradoras e de transmissão existente no sistema elétrico interligado. Assim realizava o acompanhamento do progresso e do desenvolvimento da tecnologia Power Line Communication. No mesmo ano em setembro foi realizado no Brasil o primeiro seminário a tecnologia em questão, com o tema: Tecnologia Power Line Communication (PLC). Com isso, em 2000 algumas empresas no Brasil iniciaram testes com a tecnologia PLC. (BELETTINI apud; SANTOS JÚNIOR; SILVA, 2010).

2.1 Funcionamento da PLC

De acordo com a resolução 527/2009 da ANATEL, no qual foi criada para definir os parâmetros para instalação, comercialização e utilização dos serviços PLC ou Sistema de Banda Larga por meios de redes de energia elétrica. No dia 13 de abril de 2009 foi publicado no Diário Oficial da União a resolução 527/2009 que aprova o regulamento sobre as condições de uso de radiofrequências. Essa resolução estabelece que a comunicação que será usada pelo sistema PLC, confinada nas redes de energia elétrica, somente poderá ocorrer nas faixas de radiofrequências de 1,705 MHz a 50 MHz. E que todos os equipamentos que compõe o sistema PLC serão

tratados como equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita e operem em caráter secundário. (TELECO,2010)

De acordo com a TELECO inteligência em telecomunicações, as radiações consideradas indesejadas que são causadas pelo sistema PLC, operando em rede considerada de Baixa e média tensão, devem estar limitados de acordo com a tabela descrita na próxima página:

Faixa de frequência (MHz)	**Intensidade de Campo (Microvolt por metro)**	**Distancia de medida (Metros)**
1,705 – 30	30	30
30 – 50	90	10

Tabela 1: Limites de radiações indesejadas causadas por sistemas PLC na Rede de Baixa Tensão

Fonte: TELECO, (2010)

De acordo com a resolução da ANATEL 527/2009 assegura que a tecnologia Power Line Communication deve ter as seguintes características técnicas para ser utilizada:

- ✓ Incorporar técnicas de mitigação de interferências que possibilitem reduzir remotamente a potência do sinal e remanejar as frequências em operação em tais sistemas, incluindo filtros ou permitindo o completo bloqueio de radiações indesejadas em frequências ou de faixas de frequências.
- ✓ Para frequências abaixo de 30 MHz, quando da utilização de filtros para evitar interferência em uma faixa de radiofrequências específica, os filtros devem ser capazes de atenuar as radiações indesejadas dentro desta faixa a um nível ao menos de pelo menos, 20 dB abaixo dos limites especificados na legislação vigente.
- ✓ Para frequências acima de 30 MHz, quando da utilização de filtros para evitar interferência em uma faixa de radiofrequências específica, os filtros devem ser capazes de atenuar as radiações indesejadas dentro desta faixa a um nível de, pelo menos, 10 dB abaixo dos limites especificados na legislação vigente.

Segundo a resolução da ANEEL 357 de 25 de março de 2009, a diretoria da agência aprovou a proposta de regulamentação, como já tinha feito a ANATEL, permitindo assim as distribuidoras de energia elétrica fornecerem o serviço de acordo com a tecnologia PLC. Com a publicação no Diário Oficial da Justiça no dia 27 de março de 2009, as empresas responsáveis pela distribuição de energia, terá liberdade para o uso privativo da tecnologia Power Line Communication, no processo de distribuição de energia e no uso da tecnologia em projetos sociais com fins experimentais ou científicos. Com isso, para fazer uso da tecnologia PLC é necessário conhecer o modo de transmissão no qual ela deve ser usada, e suas características.

2.2 Características do sinal PLC

Os sinais de transmissão da tecnologia PLC é feito através de fios de cobre ou alumínio das redes de distribuição de baixa e média tensão. O sinal de transmissão de comunicação sobre as linhas de correntes alternadas foi complicado, mas hoje existem as técnicas de criptografia, segurança e modulação no qual superam alguns empecilhos. (TELECO, 2010). Por exemplo:

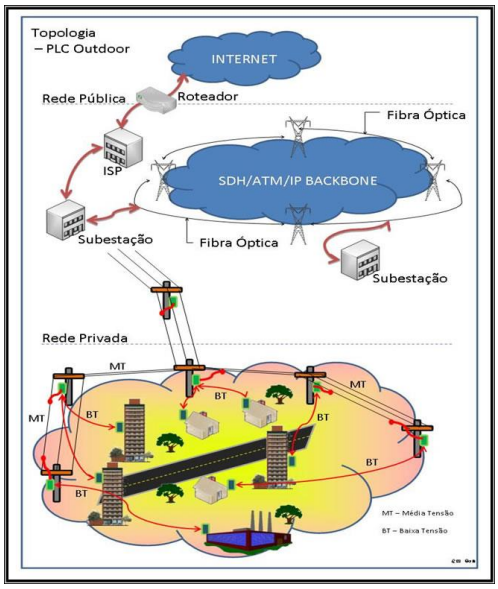
- ✓ As características topológicas das linhas de distribuição de energia elétrica (linhas abertas, de características não lineares, a existência de derivações ao longo de toda a linha, os transformadores, etc.);
- ✓ Existência de ruídos e interferências não previsíveis, causadas pela abertura e fechamento de circuitos, aparelhos conectados às tomadas, etc.;
- ✓ Problemas de segurança de dados pelo compartilhamento dos mesmos circuitos entre diversos consumidores;
- ✓ Irradiações das frequências transmitidas em linhas abertas, sem nenhum tipo de blindagem, com um enorme potencial de interferência com sistemas que operam na mesma frequência, em bandas licenciadas ou não, no espaço aberto.

No entanto, existem técnicas que permitem a superação dessas restrições, no caso as modulações. Que é o processo de transformação de um sinal em uma forma adequada para que ele possa ser transmitido por um determinado canal.

2.3 Topologias aplicáveis

De acordo com TELECO (2010) existem dois tipos de sistemas PLC, o INDOOR em que a transmissão é usada através da rede elétrica interna de um prédio, condomínio ou empresas, e a OUTDOOR onde é usada a rede pública externa como meio de transmissão. O OUTDOOR faz uso de uma estrutura de rede já disponível, as linhas de transmissão que são usadas nesta ocasião são a (MT) média tensão e (BT) baixa tensão como mostra a figura 1:

Figura 1: Topologia OUTDOOR



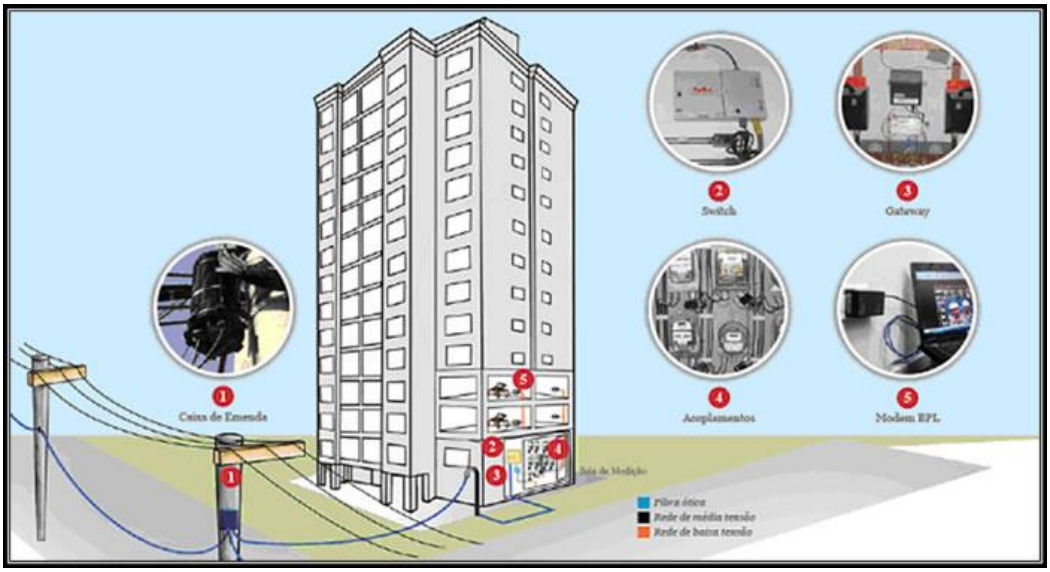
Fonte: Teleco (Inteligência em telecomunicações)

Pode-se observar que na imagem acima, a subestação de distribuição de energia chegará por meio de um servidor de internet o sinal dos dados, proveniente de outras infraestruturas e tecnologias, sendo este o sinal que será entregue ao dispositivo Master PLC. No qual fará as modulações que em seguida será injetada na linha de transmissão de média tensão, prosseguindo assim até as regiões dos consumidores. Sabendo que durante essa transmissão pode ocorrer atenuações, ruídos e interferências nos sinais de dados. Com isso, esses efeitos serão contornados através de inserção de repetidores, no qual vai fortalecer o sinal até chegar no seu destino. (TELECO, 2010).

Na topologia INDOOR o sistema de transmissão é usado através das estruturas internas de energia elétrica, sendo ela de condomínios, empresas, residências e etc. Nesse local será instalado uma Switch que é um equipamento que transforma os

sinais ópticos em uma saída UTP (Cabo de par transado). Esse cabo será instalado no equipamento Master PLC, no qual fica acoplado na caixa de distribuição, assim, o sinal PLC fica disponível em toda a estrutura elétrica ligada nesse transformador fazendo com que todas as tomadas se transformem em um ponto de sinal PLC. Na outra ponta do sistema, um modem PLC que ao ser conectado a uma tomada elétrica para receber o sinal que está sendo transmitido pelo Master, irá fazer a decodificação dos sinais elétricos para os sinais de informação, como mostra a figura 2. (TELECO, 2010)

Figura 2: Topologia INDOOR



Fonte: TELECO Inteligência em tecnologia, (2010)

Com toda estrutura padronizada, a rede PLC está pronta para ser utilizada, de acordo com alguns testes já realizada, para ter um maior benefício sobre o desempenho da rede, é necessário possuir equipamentos padronizados e uma estrutura elétrica nas normas da ABNT.

3. EQUIPAMENTOS PLC

Para o funcionamento da rede PLC, faz se necessário o uso de equipamentos específicos da tecnologia PLC, ressaltando que, os aparelhos têm que ter toda uma padronização para alcançar um bom desempenho. Com isso, alguns desses aparelhos estão sendo citados nos tópicos abaixo.

3.1 Modem PLC

O modem PLC são equipamentos que funcionam como extrator e injetor, ou seja, ele realiza a ligação entre os aparelhos eletrônicos e a rede de energia. E uma estrutura PLC os modens podem se comunicar pelas tomadas nas residências, eles possuem características de acesso para rede sem fio quanto interface RJ45 para o uso de rede de internet. Como mostra a figura 3:

Figura 3: Modem PLC

Fonte: SANTOS (2008)

Além disso, pode possuir entradas USB e RJ11 que é utilizada para o uso de telefones comuns, permitindo assim separar as aplicações de voz e de dados, para os telefones e computadores. No mercado existe outros tipos de modem como: Ethernet ou USB que é usado para acesso à internet, modem para internet e telefonia que é o Ethernet/USB e RJ-11e modem só para a voz que é o RJ – 11.

3.2 Repetidor

O repetidor além de recuperar o sinal original e o re-injetar na rede elétrica após ter sofrido interferências de ruídos e atenuações, segundo as realizações dos testes, certificou-se que é necessário a implementação de um repetidor a cada 300 metros de fio. Dependendo do repetidor ele tem função WAP (*wireless acess point*) que é acionada quando necessário para não fazer o uso de rede de baixa tensão, como mostra a figura 4.

Figura 4: Repetidor PLC

Fonte: SANTOS (2008)

Em alguns casos pode ser usado para expandir a cobertura ou aumentar a largura da banda, eles são instalados geralmente em redes de baixa tensão em postes sem transformadores, em outras situações dependendo da topologia, não é necessário o uso do repetidor, no caso em que os transformadores conseguem uma grande qualidade.

3.3 Equipamento de concentração

A caixa de distribuição é um equipamento de concentração no qual é usado para distribuir o sinal PLC, ele otimiza a largura da banda para todos os usuários, geralmente possui um filtro para ruídos provenientes dos aparelhos acoplados na rede elétrica.

Figura 5: Caixa de Distribuição

Fonte: SANTOS (2008)

Em alguns prédios ou condomínios, a caixa de distribuição é geralmente instalada junto com a sala de medidores, em alguns casos podem ser utilizadas como um extensor de banda e expandir a cobertura em segmentos críticos da rede.

3.4 Equipamento de transformador (MASTER/Gateway)

O MASTER é um equipamento PLC que é instalado junto ao transformador de baixa tensão ou media tensão, e tem como função extrair os sinais que vem da rede PLC (Média tensão, fibra optica, rede a cabo entre outras), e injeta-las sobre as redes de acesso de baixa tensão, que a rede que chega em condomínios, prédios e residências. (TELECO, 2010)

Figura 6: Master/Gateway

Fonte: SANTOS, (2008)

Desse modo ele torna possível o fluxo de dados que vai do transformador até o repetidor ou modem, os aparelhos Master, são dotados com uma configuração modular flexível com: Placas BT (Baixa tensão), as quais injetam o sinal PLC proveniente da rede de distribuição PLC sobre os cabos de baixa tensão; Placas MT (Média tensão) que permitem a interconexão destes equipamentos sobre a rede de distribuição de média tensão.

3.5 Equipamento de subestação (High End)

É o equipamento que é instalado junto a subestação, e tem como função a interconexão com os provedores de serviços de internet, e por outro lado fazer a inserção de sinal na rede de MT, as funções do equipamento de subestação podem ser executadas de acordo com a configuração estabelecida pelo mesmo equipamento do transformador (SANTOS, 2008).

O High End é que faz a ponte entre a empresa de energia elétrica que recebe o sinal de um provedor e joga simultaneamente para o Master no transformador, no qual faz a distribuição para as redes de baixa e média tensão.

3.6 Isolador de ruídos

O isolador de ruídos geralmente é utilizado para diminuir a quantidade de ruídos que são causados pelo uso de outros aparelhos interligados na rede, com o uso dele implantado na residência o desempenho geral da rede aumenta.

Figura 7: Isolador de Ruídos

Fonte: SANTOS, (2008)

Os filtros são equipamentos que minimiza os fatores que possam desencadear perda de rendimento da rede PLC. Fazendo o uso de um filtro de ruídos, todos os aparelhos eletroeletrônicos que estão ligados junto a rede PLC, não irão ter tanta interferência no sinal. Caso não usasse o filtro de ruídos, o desempenho seria ruim.

4. VANTAGENS DA TECNOLOGIA PLC

Existem inúmeras vantagens ao fazer uso da tecnologia PLC, porém, esses benefícios ainda não são suficientes para que as grandes empresas adotem esse meio de telecomunicação. A tecnologia Power Line Communication apresenta uma grande vantagem em relação as outras tecnologias para o uso de transmissão de dados, a existência de uma infraestrutura já disponível para uso dessa tecnologia.

Segundo Bolsoni Et al (2009, p. 6), outras vantagens é a abrangência da rede de energia elétrica que chega praticamente em todas as casas do pais, com isso, a internet alcançaria todas as pessoas que tem acesso à energia elétrica, como já existe toda uma estrutura pronta, os gastos não seriam tão grandes. Além do mais, e tecnologia PLC suporta uma grande taxa de transmissão podendo chegar até 200 Mbti/s. Na tabela 2, mostra um comparativo da PLC com relação as outras tecnologias

de acordo com padrão de frequência estabelecida pela ANATEL com a resolução 527/2009 indica a frequência em que ela pode ser usada de 1,7 MHz a 50 MHz.

Conexão	Pró	Contra	Velocidade máxima
HSPA	Mobilidade	É cara e a cobertura é restrita	14,4 Mbit/s
ADSL 2+	Ampla cobertura	Velocidade baixa	24 Mbit/s
DOCSIS 3.0 Cabo	Boa velocidade	Velocidade baixa	160 Mbit/s
FTTH Fibra	Rápida e estável	Lenta em horário de pico	100 Mbit/s
Rádio	Vai a região afastada	Sujeita a falha	30 Mbit/s
PLC	Ampla cobertura	Pode sofrer interferências e ficar lenta	200 Mbit/s
Satélite	Vai a região isolada	Atraso na transmissão	10 Mbit/s

Tabela 2: Comparativo das tecnologias de acesso a rede junto a PLC

Fonte: Teleco apud Abrantes, (2009)

Aos países que implementar a tecnologia PLC, ela vai permitir o aumento de competitividade no fornecimento da rede de acesso, em especial a de última milha que é o problema onde as pessoas que moram mais distantes não tem acesso, e acelerar a difusão dos principais objetivos da inclusão digital. Outras vantagens segundo a TELECO, (2010), foi a crescente redução dos preços dos equipamentos PLC, e um benéfico de longo prazo para os negócios das prestadoras de utilidade. Além de todas essas vantagens, existem também as desvantagens.

5. DESVANTAGEM DA TECNOLOGIA PLC

Devido ter alguns empecilhos que impedem o uso da tecnologia Power Line Communication ter um rendimento que satisfaça todos os usuários, faz com que a PLC tenha desvantagem em relação as outras tecnologias.

As principais implicações em relação a usabilidade da tecnologia PLC, referem-se as interferências causadas pelos aparelhos eletrônicos, sendo que qualquer ponto de energia pode se tornar uma interferência, ou seja, todos os equipamentos que

fazem uso de radiofrequência estão entre os vilões. Porém, o coordenador da COOPEL Orlando Cesar de Oliveira, afirma que o uso de filtros instalados nos disjuntores reduz um pouco esses prejuízos. (MARTINS, 2006).

Outra desvantagem é o fato de que a PLC é uma mídia compartilhada e estruturada de modo paralelo, assim, todas as residências que estiverem conectadas em uma mesma subestação local estarão compartilhando a mesma banda disponível. Com isso, o nível de desempenho da conexão pode diminuir de acordo com a quantidade de pessoas que estiverem navegando ou baixando arquivos simultaneamente. (MARTINS, 2006).

Outro fator que impõe em desvantagem a tecnologia PLC é a de padronização dos fabricantes de equipamentos, segundo Pilarski (2015 p. 17) devido a tecnologia Power Line Communication não estar totalmente padronizada, vários grupos que vem pesquisando essa tecnologia desenvolvem seus próprios padrões, como por exemplo: United Power Line Council nos Estados Unidos, PLC Utility Alliance na Europa e a PLC-J no Japão. (PILARSKI, 2015).

Com isso, sem um padrão a ser seguido por todo os fabricantes, os equipamentos não operam entre si, com essa dependência de um fabricante padrão faz com que todos os provedores de da tecnologia PLC fiquem dependendo da evolução e dos preços dos produtos escolhidos.

6. ESTUDOS DE CASO REALIZADOS NO BRASIL

Existem vários estudos de caso, implementação e comercialização pelo mundo em relação a tecnologia PLC. No Brasil, a tecnologia PLC vem sendo estudada e testada desde 2000.

6.1 Estudo de caso da CEMIG

Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) iniciou seu projeto de implementação da tecnologia PLC no Brasil em 2001 e 2002, o projeto acoplou vários tipos de infraestrutura elétrica, como escolas públicas, casas e apartamentos, sendo um total de 40 pontos ativos e com uma banda de 2Mbps. O local escolhido para a realização do teste, foi a cidade de Belo Horizonte, nos bairros Vila Paris e Belvedere.

Foi utilizado no decorrer do projeto um formulário online para os consumidores avaliarem o desempenho e qualidade de acesso. Depois de 5 meses de testes foi realizado a primeira avaliação que apontou que 53% dos usuários consideraram a conexão ótima ou boa, depois de 7 meses, foi realizada outra pesquisa que apontou que 94% dos usuários consideram a conexão boa ou ótima. (PILARSKI apud ROCHA, 2015).

De acordo com a conclusão do projeto, no qual os resultados finais foram publicados em janeiro de 2003, onde, constatou-se uma grande influência de carga da rede no desempenho, onde maior a carga maior era a degradação no acesso dos usuários. (PILARSKI apud VARGAS, 2004). De acordo com o gesto da CEMIG, esta situação estava ligada diretamente com o perfil dos usuários, e que para solucionar esse problema, teria que partir dos desenvolvedores de equipamentos da tecnologia PLC, no qual os equipamentos não possuem um padrão especifico para todos os usuários, ou desenvolver módulos de correção dinâmicos para compensar de forma eficiente as constantes alterações de perfil de carga atrelada ao sistema, tanto em ambiente externo e interno.

A CEMIG constatou também que as características estruturais dos cabos elétricos do Brasil em relação ao Europeus eram mais desfavoráveis ao trafego de sinais PLC, além do que, o perfil dos brasileiros é mais agressivo em relação ao consumo doméstico. A conclusão final da CEMIG destacou que o acesso comercial via PLC seria viável se todas as alterações necessárias fossem implementadas. (PILARSKI apud PINTO, 2004).

6.2 Estudo de caso da COPEL

A companhia Paranaense de Energia trabalhou em seus projetos de 2001 a 2009, em 2001 a COPEL já havia realizado testes na cidade de Curitiba no bairro Água verde com 50 usuários. Foram realizados testes em 2008 em laboratório desenvolvido dentro do polo KM3 da empresa, após esses testes, foi apresentado um relatório técnico da avaliação da tecnologia PLC, segundo esse relatório, a tecnologia apresentou diversos problemas devido as restrições tecnológicas. (COPEL, 2010).

Logo após todos os testes, foi instalado uma nova estrutura em duas agencias da companhia, no Centro e no Bairro de Santa Felicidade. No seu principal estudo de caso foi escolhido a cidade de Santo Antônio da Platina que fica localizada no norte

do estado do Paraná, que possui uma população atual aproximadamente 42.700 habitantes de acordo com o IBGE.

Segundo a COPEL a cidade foi escolhida por possuir quatro motivos:

I – Não ser muito grande, nem muito pequena;

II – Estar na rota do principal anel de Backbone Óptico, passagem da rede de transporte e rede Ethernet de comunicação;

III – Ter equipes da subsidiária de Distribuição de Energia da COPEL;

IV – Ter equipes da subsidiária de Telecomunicações da COPEL.

No projeto da COPEL foi instalado 10 circuitos na cidade, beneficiando diversos tipos de consumidores, como residências, comércios e áreas industriais, somando um total de 300 usuários. A COPEL implementou o projeto de última milha, que é favorecer acesso até a última pessoa que possui energia elétrica em sua residência, no qual o modem Master é alimentado com fibra óptica fazendo a transformação do sinal recebido em PLC. (PILARSKI apud CORREA, 2004).

No teste foi disponibilizado 100Mbps de banda para ser compartilhada com todos os usuários, no entanto, a maioria dos usuários receberam uma velocidade na faixa de 5 a 10Mbps. Já os testes realizados em bancada no qual o ambiente era propicio a taxa obtida foi de 70Mbps de velocidade. Para ter um melhor resultado nos testes aplicados, foram realizados testes externos e internos.

6.2.1 Teste OUTDOOR

De acordo com testes realizados com os 10 circuitos instalado pela COPEL, foi possível diagnosticar alguns obstáculos que estavam interferindo nas transmissões de dados, no trafego OUTDOOR foram as que ficaram mais evidentes, ocorreu irregularidades quanto aos ruídos na rede do circuito durante a extensão, em alguns casos notou-se a necessidade de implantação de mais repetidores devido as irregularidades, permitindo assim, que o sinal pudesse chegar de forma razoável ao seu destino final, em outra situação não houve essa necessidade de instalar repetidor. No mesmo relatório obtido pela COPEL, notou-se que, em alguns casos foi possível a detecção das causas dos ruídos, em outros foi possível estimar as causas e em outros não foi possível identificar as causas das interferências. (PILARSKI, 2015).

Com isso, a COPEL pode afirmar que é possível a transmissão através de cascateamento de repetidores, apesar das configurações serem complexa, é a solução relativamente viável e funcional.

6.2.2 Teste INDOOR

Já nos testes obtidos em INDOOR, a própria COPEL certificou-se que possuía dificuldade de distribuição de energia, além das estruturas internas tanto residências quanto comercias, estarem todas fora de padrão e até mesmo com grandes falhas de instalação, com isso, para obter um bom desempenho, todos esses problemas teriam que ser resolvidos readequando todas as estruturas para as normas da ABNT, com isso beneficiaria muito a qualidade do sinal. (PILARSKI, 2015).

Da mesma forma que foram detectados os causadores de ruídos em OUTDOOR, também foi encontrado em INDOOR, no qual esses ruídos são bem comuns em instalações elétricas residenciais, tais como, lâmpadas, aparelhos que possuem fontes chaveadas, como celulares, computadores, televisores entre outros. Todos esses equipamentos são vilões na comunicação PLC, são eles os causadores de ruídos, que diminui a qualidade de transmissão no PLC.

De acordo com o relatório da COPEL, existe meios para diminuir esse tipo de ruído, minimizando os efeitos e melhorando o sinal de transmissão, no caso, são usados os filtros de ruídos, no entanto, alguns filtros não mostraram eficácia, pois o mesmo não possuíam padrão brasileiro, sendo necessário desenvolver novos equipamentos adequados, podendo assim, melhorar a capacidade e melhorar o desempenho.

Apurando todos os relatórios, a COPEL afirmou que é possível o uso da tecnologia PLC, porem todos os usuários teriam que se adequar as suas estruturas elétricas de acordo as normas da ABNT, a tecnologia funciona, 90% dos usuários conceituaram a velocidade da banda como muito boa e boa, sendo que muitos deles estavam dispostos a mudarem suas estruturas para obter o serviço, no entanto, a cidade não conta com serviços mais modernos de conexão. Dentre os pontos a serem melhorados e dificuldades encontradas, o relatório cita alguns fatos importantes, no caso, o valor que teria que ser investido para mudar a estrutura elétrica para usufruir do serviço, de acordo com o estudo de caso, seria uma quantia de seis mil reais. Com isso, a COPEL conclui que no momento atual não é possível afirmar o uso da PLC no

Brasil, mas, com o desenvolvimento de novos equipamentos, principalmente dentro dos padrões brasileiros, torna-se uma possibilidade alternativa para o desenvolvimento de inclusão digital. Outros estudos e testes foram realizado pela empresa Eletro Paulo e CELG, no qual a Eletropaulo fez testes, mas seus projetos estão inacabados. Tendo em vista que em outros países a tecnologia PLC é usada de forma satisfatória.

7 . PROJETO COM PLC NO EXTERIOR

Devido alguns países da Europa e da América Latina possuírem estruturas diferenciadas, e melhores padrões de qualidade em suas estruturas elétricas, todo esse diferencial facilita o uso da tecnologia PLC.

No brasil existe um grande desafio em implementar a tecnologia PLC, no qual, teria que se adaptar ao sistema elétrico brasileiro, como não existe um padrão mundial de equipamentos PLC, ou muda a rede para adaptar ao sistema PLC ou desenvolve equipamentos de acordo com a estrutura brasileira. Já na Europa e nos Estados Unidos da América, a rede elétrica é subterrânea, com isso, não sofre interferência do meio ambiente. (LIMA, 2010).

De acordo com a ASCOM *Powerline Communicaions (APC),* que é uma subsidiaria da ASCOM Holding, no qual é uma empresa de telecomunicação, a APC está em processo de expansão e vem colaborando com algumas das maiores empresas do mundo de utilidade pública e na área de energia elétrica, no Brasil atuou com a CEMIG Companhia de Energia Elétrica de Minas Gerais, atualmente atua na Europa, na América Latina, e na Ásia, na fabricação de equipamentos.

Outro projeto realizado na Europa foi o OPERA (*Open PLC European research Alliance*), a sigla significa uma aliança europeia que se uniram para desenvolver pesquisas sobre novos equipamentos, visando buscar uma interação de redes através da tecnologia PLC. De acordo com os resultados apresentados em todos os países no qual fizeram parte da pesquisa, notou-se que, a viabilidade de trafego de dados pela rede de energia elétrica é viável e que tem um bom desempenho. (LIMA, 2010).

Com isso, várias empresas do ramo de distribuição de energia elétrica resolveram investir nessa nova tecnologia, ressaltando que, a tecnologia PLC devido ter uma estrutura já pronta para o uso, existe padrões e normas a serem seguidas

para poder desenvolver a implementação e comercialização dessa tecnologia. De acordo com Purva (2015), que é o diretor da Qualcomm Atheros afirma que houve um grande crescimento nos últimos anos, e que já foram vendidos mais de 180 milhões de Powerlines desde o ano de 2011.

Os Powerlines são equipamentos desenvolvidos pela HomePlug Alliance, que é constituída por 44 empresas que trabalham com o objetivo de certificar e desenvolver novos protocolos para a tecnologia PLC. Os Powerlines são aparelhos que precisam ser conectados com algum cabo de internet para receber o sinal e ao se conectar à rede elétrica através da tomada, distribui sinal por toda a rede INDOOR. Além disso, os Powerlines são considerados itens de varejo, Purva relata que várias empresas que trabalham com provedores de banda larga em todo o mundo, vem adotando esse método para oferecer novas experiências para seus clientes. (TELMEX, 2016).

A última empresa na América Latina a adotar essa postura foi a Telmex, do México. Que é uma empresa de telecomunicações Mexicana, no qual fornece serviços para o México, Argentina, Brasil através da subsidiaria Embratel, e outros países da América latina.

8. ANÁLISE DE RESULTADOS

No decorrer do desenvolvimento da pesquisa, observou-se que a tecnologia Power Line Communication é uma ideia que existe viabilidade para seu uso, no entanto, existem suas peculiaridades que impedem com que a PLC resolva o problema de última milha, que foi a ideia central dos primeiros idealizadores desse projeto.

No entanto, o uso da PLC em projetos privados, residenciais e comerciais podem ser implementados com sucesso, ressaltando que todas as localidades estejam seguindo os padrões exigidos pelas normas da ABNT. Assim como no exterior a tecnologia Power Line Communication vem sendo usada com frequência por empresas no ramo de energia elétrica, tendo em vista que, na Europa, na América e na Ásia as redes de energia elétrica são subterrâneas, e isso diminui o risco de interferência.

Já no Brasil, os fatores que impedem com que a PLC seja considerada uma tecnologia descontinuada, é o fato de que o Brasil não possui uma estrutura

padronizada, de acordo com alguns estudos de caso a estrutura elétrica em alguns lugares estão defasadas, todos esses fatores são determinantes para o não funcionamento da tecnologia PLC.

Com isso, a pesquisa mostra que o uso de tráfego de dados via cabeamento elétrico é viável, conforme seus padrões exigidos pelas normas da ABNT, mesmo com alguns empecilhos como interferências e ruídos, os resultados obtidos por usuários foram considerados satisfatórios segundo a COPEL.

9. CONCLUSÃO

A tecnologia Power Line Communication tendo em vista ter toda uma infraestrutura já disponível para o uso, isso não implica dizer que qualquer companhia de energia elétrica pode fornecer esse tipo de tecnologia, de acordo com a CONEL existe protocolos a ser seguidos para poder fazer uso da Power Line Communication. Em alguns países da Europa, América Latina e Ásia, além de possuir uma infraestrutura diferenciada no qual favorece o uso da tecnologia PLC, como estruturas elétricas subterrâneas que às impedem de interferências do meio externo, possuírem estruturas padronizadas de acordo com as normas da ABNT. Mesmo com a dificuldade de padronização de equipamentos, empresas se uniram na Europa para analisar meios de suprir essas necessidades, como a OPERA, que juntamente com outras empresas como a ASCON se juntaram para desenvolver equipamentos que pudessem favorecer qualquer usuário.

Já a CELG no projeto de P&D que estudou a aplicação da tecnologia PLC foi finalizado e seus resultados apresentados à ANEEL. No entanto as aplicações desenvolvidas à época não se encontram mais disponíveis, ou seja, não foram continuadas em termos de utilização pela Celg D.

Na atualidade a tecnológica PLC vem sendo empregada em larga escala na Europa, em países como Espanha e Itália, e também nos Estados Unidos, na implementação de soluções de AMI (*Advanced Meetering Infrastructure*), ou seja, medição inteligente, onde a mesma é utilizada na última milha, entre o consumidor e o transformador de distribuição.

No Brasil a tecnologia PLC está sendo utilizada em alguns pilotos de P&D, com implementações em medição inteligente, mas ainda não se tornou um padrão usual

nas concessionárias de energia elétrica, dependendo ainda de avaliação mais detalhada de sua aplicabilidade e homologação de sistemas pelo INMETRO.

Atualmente somente empresas particulares fazem o uso da tecnologia PLC, Na Espanha temos a Iberdrola[5], na Itália a ENEL [6]e nos EUA a ENDESA[7] (de origem espanhola). A TELMEX do México que é uma empresa de telecomunicação, faz o uso da PLC de forma diferenciada, tendo como prioridade o uso da PLC em INDOOR, ou seja, o uso de trafego de dados em ambiente interno. Através dos Powerlines, são os aparelhos que ao se conectar nas tomadas repassa a transmissão de dados para toda a rede interna, ressaltando que os mesmos para transmitir dados, ele tem que estar conectado em algum ponto de internet, e em seguida fará a transmissão.

No Brasil, de acordo com estudos de caso feito por algumas empresas, percebe-se que, no momento é impossível fazer uso dessa tecnologia, exceto alguma empresa que queira investir de maneira privada para favorecer a si própria. Os estudos indicam que a PLC é viável, porém, tem que fazer ajustes para diminuir as interferências, se o ambiente possuir uma estrutura padronizada, ter todos os equipamentos padronizados, não a nada que impeça o uso da Power Line Communication. A ideia do uso da PLC, foi de resolver o problema de última milha e de aumentar o número de inclusão digital, mas, na atualidade para solucionar esses problemas, o investimento seria muito grande.

Através das pesquisas realizadas para a elaboração desse artigo, contatou-se que, no Brasil a PLC é de fato uma tecnologia descontinuada, devido ter vários empecilhos que impedem a disseminação dessa tecnologia, além das próprias fornecedoras de energia elétrica afirmarem que ainda precisam melhorar seus serviços, as próprias estruturas elétricas dos usuários não favorecem para o uso de trafego de dados. No qual se diferencia dos outros países, que por sua vez, possuem estruturas de qualidade e padronização, facilitando assim, a implementação da tecnologia PLC.

[5] Líder mundial de energia Eólica, uma das 5 maiores empresas elétricas do mundo.
[6] Companhia dedicada ao desenvolvimento, operação e geração de energia a partir de fontes renováveis.
[7] Empresa espanhola que atua na distribuição de gás e de geração e distribuição de energia elétrica.

REFERENCIAS

BELETTINE, Cassiano Tramontini. **Estudo De Viabilidade Da Utilização Da Tecnologia Power Line Communication - PLC Em Redes Locais Em Comparativo Com Cabo De Par Trançado**. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/158927/TCC%20NAS%20NORMAS%20DA%20ABNT_CASSIANO_FULL_CORRIGIDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 02 de outubro de 16.

BOLSONI, Evandro Paulo, et al. **Computação Ubíqua, Cloud Computing e PLC para Continuidade Comunicacional diante de Desastres**. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2009/01/Artigo-14.pdf>. Acessado em: 02 de outubro de 16.

LIMA, Milton Xavier; **Redes PLC.** Disponível em: < http://www.lsi.usp.br/~ramc/cabeamento_arquivos/Redes%20PLC.pdf>. Acessado em: 27 de setembro de 16.

LIMA, Gilberto Castro. **Estudo Para Transmissão de Dados em Faixa Larga Sobre Rede de Energia Elétrica.** Disponível em: http://www.canavitsas.com.br/artigos/Dissert_GilbertoCastro_2010.pdf. Acessado em: 27 de setembro de 16.

MARTINS, Filadelfo Dias. **Proposta de Arquitetura e Modelo de Negócio em Sistema PLC.** Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10296/000558415.pdf?sequence1>. Acessado em: 02 de outubro de 16.

PILARSKI, André Luís. **Power Line Communication – PLC.** Disponível em:< http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3755/1/CT_GESER_VI_2015_1.pdf >. Acessado em: 28 de setembro de 16.

SANTOS, Tulio Liguinel. **Power Line Communication**. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/tulio/index.htm>. Acessado em: 02 de outubro de 16.

TELMEX. **Serviço de Telecomunicação**. Disponível em: http://telmex.com/web/empresas/conectividad. Acessado em 27 de setembro de 16.

TELECO. **Inteligência em Tecnologia**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/pdf2011/tutorialredesplc1.pdf >. Acessado em: 28 de setembro de 16.