

TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE ELÉTRICA

Henrique Reginaldo Pereira¹
Anderson Duarte Betiol²

RESUMO

A rede de acesso à comunicação por rede elétrica ou *power line communications* (PLC) ganhou muito interesse nos últimos anos porque oferece uma solução alternativa de baixo custo e alto desempenho para redes de telecomunicações em área urbanas e rural, sendo essa segunda considerada uma dificuldade pela falta de infraestrutura. O objetivo desse estudo é analisar a utilização da tecnologia PLC. A metodologia utilizada é de revisão bibliográfica com abordagem qualitativa. Os resultados mostraram como grande vantagem da tecnologia PLC a utilização de uma infraestrutura já instalada da rede elétrica, o que, supera as demais tecnologias cabeadas.

Palavras-chave: Rede elétrica. Comunicação de dados. Power line communications (PLC). Meios de comunicação.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de comunicação, aliada e decorrente da globalização, fez com que o setor de telecomunicação crescesse de forma descontrolada (SONEGO; RIVEROS, WONZOSKI, 2017). Pilarski (2015) pontua que esse crescimento se deu por conta da prestação de serviços, tornando necessário a ampliação de infraestruturas de rede para levar acesso às localidades ainda ilhadas tecnologicamente. Ainda faz um alerta sobre a dificuldade de alguns meios de comunicação receberem essa infraestrutura dado a o custo elevado e demandar de grande tempo para realização.

Sonego, Riveros e Wonzoski (2017, p. 1) ressaltam que “Do ponto de vista econômico, o forte crescimento de um setor alimenta a perspectiva de lucro sobre ele, perspectiva essa que só se realizará caso seja acompanhada por investimentos neste mesmo setor.” Segundo os autores, apesar de as companhias de energia elétrica terem investido em telecomunicações, isso a nível mundial, limitaram-se as redes de transportes conectando inúmeros provedores, no

¹ Graduando no curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara – Uniara, 2018. E-mail: pereirahenrique683@gmail.com

² Prof. Me. no curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Araraquara – Uniara. E-mail: adbetiol@yahoo.com

entanto não atingindo ao usuário final. Assim, criou-se *links* de acesso transpondo grandes regiões geográficas (conexão entre assinante e provedor) mas, limitou investimento direcionados ao usuário final.

Tanenbaum e Wetherall (2011) explicam que a transmissão de dados se realiza por meio de uma camada física (cobre, fibra óptica, redes sem fios, satélites e Internet via cabo) permitindo que os dados trafeguem entre as estações de trabalho. Já a transmissão de dados via rede elétrica ou *power line communications* (PLC) se faz por meio de uma estrutura elétrica local, possibilitando a repetição de sinal de internet para outro ponto onde as tecnologias existentes para transmissão não teriam a mesma qualidade por motivos de obstáculos físicos, longas distâncias entre pontos de conexão, o que torna as conexões cabeadas inviáveis (PILARSKI, 2015).

Alves e Ramos (2017) e Brandão (2017) concordam em afirmarem que qualquer tomada elétrica pode torna-se um ponto de comunicação, o que corrobora com a facilidade para transmissão de dados via rede elétrica. Brandão (2017) ainda afirma que a infraestrutura elétrica facilita a implantação, o que por sua vez faz com que o PCL torne-se economicamente vantajoso, se comparada a outras tecnologias (cabos de para trançado e *wireless*).

No Brasil, o que ainda é um empecilho para disseminação do acesso a rede mundial ao público em geral é a falta de meio de transmissão de dados de baixo custo. Até pouco tempo os esforços para sanar esse problema concentravam-se nos *backbones*, ou “espinha dorsal” da internet, que corresponde a infraestrutura de comunicação capaz de suportar tráfego de informações na internet via dados. No entanto, isso aplica-se as residências da via urbana, excluindo residências de regiões afastadas, até por uma questão de custo (LIMA, 2001).

Cabe lembrar que Zimmermann e Dostert (2002) relatam que alguns aspectos dificultam a maturidade de transmissão via PLC, como: a fiação da rede elétrica não foi projetada para transmitir dados; os ruídos de diferentes origens contaminam a rede elétrica; apresenta grande flutuação em suas características elétricas (impedância) influenciando diretamente na qualidade de transmissão. No entanto, como meio de implantar a rede PLC, algumas companhias (CEMIG de Minas Gerais, COPEL do Paraná e a ELETROPAULO de São Paulo) estudam a distribuição de dados pela própria rede elétrica, trazendo como expectativa a internet como uma realidade e mais uma opção de conexão (LIMA, 2001).

Apesar das dificuldades apresentadas, As agências de regulação de eletricidade e telecomunicações brasileiras, ANAEL e ANATEL, no ano de 2009, emitiram as resolução nº 527 Anatel e resolução nº 375 da Aneel contendo regulamentações para a tecnologia PLC, o que se mostra um avanço para a utilização doméstica da tecnologia com desenvolvimento de

equipamentos permitindo seu uso, como os extensores de alcance, entretanto, seu alto custo não possibilita sua competitividade e disseminação (BRASIL, 2009a, 2009b).

Pinheiro, Coelho e Corrêa (2014) ressaltam que com o surgimento das *smart grids*, a PLC tornou uma forte alternativa de comunicação para redes industriais, redes de sensores e similares. As *smart grid* trata-se de um sistema de energia elétrica que utiliza da tecnologia da informação para fazer com que o sistema seja mais eficiente (econômica e energeticamente), confiável e sustentável, seu objetivo é interligar por uma rede de dados todas as etapas do processo de geração, transmissão, distribuição e consumo em tempo real.

Diante do exposto objetivo desse artigo é analisar a utilização da tecnologia PLC no Brasil e como vem sendo empregada para transmissão de dados. Para atingir a essa proposto, apresenta os conceitos básicos e o funcionamento desta tecnologia, e simultaneamente analisa os benefícios e desafios de sua efetiva implementação.

O método utilizado do ponto de vista da análise dos dados é uma pesquisa de abordagem qualitativa, pois não possui caráter estatístico (GIL, 2010). Do ponto de vista das técnicas compreende um estudo de caso, no qual Yin (2005) sugere ser um método empírico que investiga um fenômeno natural dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência.

2 POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC)

A *Power Line Communications* não é uma tecnologia recente e, tem sido relatada ao longo dos anos, e recentemente sua utilização tem sido para aplicações em banda larga. Segundo Faccione (2008, p. 56) é uma tecnologia que transforma a grade de potência em uma rede de comunicação pela superposição de um sinal de informação de baixa energia ao sinal de corrente alternada de alta potência, ou seja, “[...] é um sistema de telecomunicações que utiliza a rede elétrica como meio de comunicação.”

2.1 Breve histórico

Data de 1838 os primeiros registros de transmissão utilizando a tecnologia PLC, crédito do inglês Edward Davy, propondo uma forma de aferir remotamente níveis de tensão de baterias do sistema de telégrafo entre as cidades de Londres e Liverpool, sendo essa técnica patenteada

por Davy em 1897, e registrada como a primeira patente de sinalização via rede elétrica na Grã-Bretanha (RIBEIRO, 2007).

No início do século XX (1901-2000) surgiu o pensamento de transmitir dados via cabos de energia, no entanto não foi colocado em prática por não ser considerado um meio de comunicação viável, por oferecer baixas taxas de transmissão e de funcionalidade a um alto custo de implementação para sua viabilização (MELO JUNIOR; MENDES, 2009).

No ano de 1913 ocorreu um início de comercialização do sistema Ondas Portadoras de Linhas de Alta Tensão (OPLAT), recebendo o nome, no Brasil, de *Power Line Carrier* utilizando uma faixa entre 3 kHz a 148,5 kHz e a modulação AM/FM (TOSTES, 2005).

A Europa e os Estados Unidos foram os pioneiros em realizar pesquisas sobre transmissão de dados via energia elétrica quanto as características da rede para esse fim.

Schwartz (2009) afirma que os primeiros indícios do uso da rede elétrica para transmissão de dados foram gerados pelo *Ripple Control* (RPC) na década de 1950, utilizando baixas frequências, entre 100 e 900Hz e altas potências de transmissão. Nessa época a transmissão ocorria de forma unidirecional, os sinais eram enviados para realização de simples tarefas, como por exemplo o acionamento da iluminação pública. Nos anos 80 houve um avanço no desenvolvimento de sistemas, mas ainda as taxas permaneceram modesta.

No início da década de 1980, na Inglaterra, ocorreram as primeiras transmissões via energia elétrica em alta velocidade, mas foi entre os anos de 1995 e 1997 que deu-se o desenvolvimento de diversas pesquisas mostrando a viabilidade da transmissão de dados utilizando a energia elétrica sem problemas de ruídos e interferências, oferecendo a possibilidade de uma comunicação bidirecional com menos níveis de potência (SCHWARTZ, 2009).

Cunha (2006) confirma que a ideia de transmitir dados utilizando a rede de energia elétrica vem sendo discutida desde a década de 1920, quando se deram registros de patentes da *American Telephone and Telegraph Company*, utilizando redes trifásicas. No entanto requeria-se equipamentos para a transmissão dos dados em alta velocidade, e esse desenvolvimento deu-se muito posteriormente, ou seja, com a propagação da internet e da necessidade de transmissão e recebimento de grandes volumes de dados.

Lima (2001) relaciona a existência de duas tecnologias de PLC, a *Passport*, criada pela Intellog e a *Power Packet*, pela Intellon e escolhida pela Aliança *Home Plug* como padrão de redes PLC.

A comunicação via rede elétrica trata-se de uma tecnologia que utiliza a rede de energia elétrica para transmissão de dados e voz em banda larga. O fato de utilizar uma infraestrutura já disponível não requer obras de edificação, e conforme Esteca e Maia (2007), a PCL tem se

mostrado uma opção para fornecer conexão de banda larga. Corroborando com essa disponibilidade, os autores, ao relacionarem a realidade brasileira, lembram sobre alcance da rede elétrica, que busca um fornecimento mais abrangente à população, aliada às novas tecnologias que provêm taxas de até 200Mbps com qualidade de serviço, permitem aplicações para esta nova forma de comunicação. Zattar e Fontes (2015) complementam a respeito dessa velocidade, com base na evolução da tecnologia dos circuitos integrados, afirmam que em breve os adaptadores estarão operando com taxas de até 500 Mbps.

Zattar e Fontes (2015) asseveram que a tecnologia PLC vem evoluindo como meio de oferecer serviço de banda larga a locais onde as demais tecnologias (ADSL, *cable* modem, fibra ótica, *wireless* e satélite) não tem atendido por questões de custo / benefício. Essa tecnologia não está no mercado como concorrente das demais tecnologias, mas sim, visando ampliar o número de usuários a terem acesso a rede de banda larga, já que grande parte da população brasileira não tem acesso fácil a internet.

2.2 Funcionamento

O funcionamento da PLC se dá a partir da instalação de um equipamento em ponto próximo ao transformador de energia elétrica, no qual o sinal PLC é injetado nos cabos de energia elétrica. Isso proporciona a todas as residências ligadas no circuito elétrico receber o sinal em todas as tomadas da rede local. Um outro adaptador PCL é instalado em qualquer tomada na residência para recebimento do sinal transmitido pela rede PLC, disponibilizando-o para outra placa de rede do computador via cabo UTP categoria 5 (ZATTAR; FONTES, 2015).

Quanto ao tipo, a PLC pode ser *power line* ou *internal telecoms* (PLIC) e, *power line telecoms* (PLOC):

- PLIC – também chamado de *Broadband over Power Lines* (BPL) *in-house*, utilizada na rede elétrica para fornecimento de serviço local, como um sistema *homeplug*, podendo integrar PLC e *wifi* e receber dados a distância.

- PLOC – corresponde a uma rede de comunicação entre subestações elétricas e as redes residenciais e nas estações de média voltagem, a velocidade pode chegar a até 135 Mbps. Para conectar à Internet, pode-se usar *backbones* de fibra ou redes sem fio.

Machado (2013) resume os dois tipos como sendo: anterior (*indoor*), na qual a transmissão se dá usando rede elétrica interna (apto, prédio) e a exterior (*outdoor*) na qual a transmissão é conduzida utilizando rede pública exterior de energia elétrica.

Pinheiro, Coelho e Corrêa (2014) pontuam que a tecnologia PLC pode ser dividida em duas categorias, no que se refere a frequência, sendo: transmissão em banda estreita - *narrowband power line communication* (NPLC) e em banda larga - *broadband power line communication* (BPLC) e, quanto aos níveis de tensão presente na rede, que são de baixa tensão, pode ser subdividida em: *low voltage power line communication* (LVPLC) e média tensão - *medium voltage power line communication* (MVPLC). Sendo que a de banda estreita é a mais utilizada em transações que não requerem tráfego de muitos dados, tendo capacidade de poucas dezenas de *kbits*, já a tecnologia PLC banda larga compreende frequências maiores e de espectro de 2MHz até 50MHz.

Segundo Andrade (2010) a tecnologia PLC utiliza a faixa de frequências de 1,705 MHz a 80 MHz sobre linhas de distribuição de energia elétrica, porém, o uso de disseminação de sistemas de comunicação de dados sem normalização e homologação dos equipamentos pode levar a contaminação de espectro reservado em ambientes que operem com serviços baseados em radiofrequência nesta faixa.

A tecnologia PLC também tem recebido denominações de *power line telecoms* (PLT), *broadband over power lines* (BPL) ou *digital power line* (DPL), mas existe uma diferença entre elas, ou seja, enquanto a tecnologia BPL utiliza a tecnologia PLOC para fornecer acesso de banda larga à Internet através das linhas de energia elétrica, a tecnologia DPL é usada para transmitir dados a 1 Mbps pela rede elétrica, projetada pela empresa Nortel Networks, ou seja, trata-se de uma tecnologia anterior, desenvolvida na década de 90, e devido as dificuldades de implementação foi abandonada (JOHNSON, 2018).

2.3 Vantagens do uso da PLC

A maior vantagem do uso da rede PLC, é sem dúvida a utilização da infraestrutura já existente da rede de energia elétrica. Sendo que qualquer ponto é um potencial ponto de rede, requerendo apenas a ligação do equipamento de conectividade (geralmente um *modem*) na tomada, possibilitando o uso da rede de dados. Lima (2001) ainda acrescenta, o baixo custo pela disponibilidade de conectar em qualquer saída elétrica, a facilidade de instalação, e a possibilidade de uso de dispositivos (impressora) sem estar conectada diretamente ao computador, ou fisicamente perto de qualquer computador em rede, não requerendo placa PCI instalada no computador.

2.4 Desvantagens do uso da PLC e possíveis resoluções

Se por um lado a grande vantagem é o uso de qualquer ponto, isso também se constitui como uma das grandes desvantagens do uso da PLC, que usa a faixa de frequências de 1,7 MHz a 50 MHz, com espalhamento harmônico até frequências mais altas, isso porque qualquer ponto pode tornar-se um ponto de interferência, já que todos os outros equipamentos (rádio, telefones sem fio, alguns tipos de interfone, alguns televisores, etc) utilizam radiofrequência utilizadas em comunicações sem fio propenso a erros (ESTECA; MAIA, 2007). Os autores alertam que à grande atenuação do sinal de modulação neste meio (10-30MHz), requer uso de repetidores para recuperá-lo e transmiti-lo a uma maior distância. Phu Do; Hrasnica; Lehnert (2007) reafirmam sobre a necessidade desse repetidores e acrescentam como consequência dos problemas deste canal, o tipo de rede utilizado que é mestre-escravo, assim, a característica de latência condiciona-se ao número de escravos associados a cada mestre.

Esse modelo de comunicação, mestre-escravo, é descrito por Araújo do Nascimento e Lucena (2003, p. 1) “onde apenas o único dispositivo mestre pode inicializar a comunicação, também conhecida como *query*, e os demais dispositivos escravos, respondem enviando os dados solicitados pelo mestre, ou realizam alguma ação solicitada.” Já ao dispositivo mestre é permitido endereçar a cada dispositivo escravo da rede individualmente ou ainda acessar a todos da rede por meio de mensagens em *broadcast*.

Referente aos valores, diante dos altos custos para aquisição de mecanismos de detecção de colisões para transmissão, aliado às retransmissões por conta dos erros gerados pelas interferências, uma das soluções, apontadas por Esteca e Maia (2007) é utilizar em equipamentos mais novos o mecanismo de CSMA/CA nas redes locais, similar ao descrito na norma IEEE 802.11, e mecanismos de QoS como a classificação e priorização de tráfego descrita nas normas 802.1p e 802.1Q.

Zattar e Fontes (2015) sugerem, para os ruídos de fundo, análise estatística com modelos no domínio do tempo da frequência, podendo ser caracterizado por três parâmetros: amplitude do pulso, largura de pulso e tempo, já que no domínio da frequência o modelo do erro impulsivo é realizado levando em conta apenas medições.

Uma segunda desvantagem dessa tecnologia é o fato de ser *half-duplex* e banda partilhada, características essas que fazem com que o débito seja reduzido comparado a outras tecnologias. Para Machado (2013) essa é maior desvantagem da tecnologia PLC, a utilização de tomada para adaptador PLC, e ser *half-duplex*, ou seja, cada adaptador pode transmitir e receber dados através dele, não havendo a possibilidade de funcionar simultaneamente.

Além dos ruídos (fontes chaveadas, motores e até *dimmers*) a que a rede elétrica está sujeita, dentro e fora de casa, outra desvantagem é a oscilação dessas redes elétricas, características como impedância, atenuação e frequência podem variar, à medida que luzes ou aparelhos ligados à rede são ligados ou desligados. E se a transmissão de informação pretendida for para longa distância, os transformadores constituem-se em barreiras para a transferência de dados, ainda que ocorra a passagem de corrente alternada a 50 Hz ou 60 Hz com quase 100% de eficiência, os transformadores acabam atenuando outros sinais de maior frequência. Apesar dessa demanda, a problemática relacionada as influências eletromagnéticas produzidas por linhas de transmissão de energia elétrica é um tema que vem sendo abordado por especialistas de todo o mundo, no entanto, permanece atual e ainda impõe desafios (MARTINS-BRITTO, 2017).

O fato de o PLC ser uma mídia compartilhada e estruturada de modo paralelo, faz com que todas as residências ligadas numa mesma subestação compartilhem da mesma largura da banda disponível, o que conseqüentemente afeta o desempenho da ligação, conforme o número de pessoas conectadas (ROSOLEN, 2011).

2.5 Instalação de rede PLC

De forma geral, segundo Zattar e fontes (2015), a instalação da rede de PLC requer equipamentos específicos, *software* e sistema de gerenciamento de serviço, sendo os principais os adaptadores PLC, a estação base PLC, repetidores de sinais, filtros de bloqueio de ruídos e acopladores de fase.

Para interligação do adaptador PLC com o computador pode-se utilizar cabo UTP categoria 5, cabo USB ou cabo coaxial. Todas as funções da camada física, incluindo modulação e codificação podem ser implementadas como o adaptador PLC. A camada de enlace é a responsável por detectar e opcionalmente corrigir erros que possam ocorrer na camada física. Nessa camada de enlace estão as subcamadas de controle de acesso ao meio (*Medium Access Control – MAC*) e controle lógico do enlace (*Logical Link Control – LLC*).

O gerenciamento e controle de acesso da rede, assim como a interface com *modems* ADSL e roteadores *wireless* dependem a estação de base PLC. A função do filtro PLC é bloquear os ruídos (provocados por fontes de alimentação, liquidificadores, secadores de cabelo, barbeador elétrico e outros eletrodomésticos) na rede elétrica, mantendo as características de frequência do sinal de entrada, sendo que esse filtro atua na faixa de

frequência de 100 KHz – 100 MHz, com nível de atenuação de ruído acima de 50 dB (ZATTAR; FONTES, 2015).

No entanto, as duas empresas concorrentes do mercado, Intellon e Intelogis, utilizam métodos diferentes para estabelecer redes PLC. A *power packet da intellon*, base da Aliança Home Plug Powerline, utiliza de forma aumentada a multiplexação de divisão frequencial orthogonal (OFDM) com correção de erro, similar à tecnologia achada em modem de DSL. A Intelogis utiliza a chave de frequência (FSK) que usa duas frequências (um para 1s e o outro para 0s, para enviar informação digital) para enviar dados em cima dos fios elétricos das residências (LIMA, 2001).

2.6 Parâmetros elétricos de interesse

Quando se trata de transmissão de dados, é necessário que o meio no qual o sinal será conduzido seja de conhecimento a fim de se projetar e simular o enlace de comunicação. A tecnologia PLC, se utiliza de fios da rede elétrica, que também conduz a energia elétrica, sendo que seu projeto é para atender a essa segunda função, logo, não foi projetada para transmitir dados e atender ambas as funções pode levar a uma criticidade.

Os principais parâmetros elétricos que podem ser medidos para caracterizar o meio de transmissão são a impedância da linha, níveis de ruído, atenuação, perdas eletromagnéticas, atraso de sinal, interferência cruzada (*cross talk*, passíveis de transmissão e produzem informações que ao serem processadas por técnicas estatísticas e de modelamento oferecem modelos genéricos do meio de transmissão). Esses parâmetros fornecem dados que ao serem utilizados por técnicas de processamento estatístico e modelamento fornecem um modelo genérico do meio de transmissão. Dado a importância dessa mensuração, requer-se que seja feita “em diferentes pontos da rede, em diferentes tempos (para uma análise temporal do comportamento da rede que é influenciada pelo comportamento humano no uso dos equipamentos elétricos ligados à rede) e em variadas frequências.” (PINHEIRO; COELHO, CORRÊA, 2014, p. 2742).

No caso do PLC, Cavdar e Karadeniz (2008) propõem um método próprio para medir valores de impedância na rede que varia de 1 a 20Ω para a transmissão NPLC, tendo em vista ser a rede elétrica utilizada por muitos equipamentos, levando esse parâmetro à grandes variações, tornando-se uma das dificuldades da transmissão PLC. O método consiste na adaptação do transmissor PLC às variações de impedância para manter seu alcance de transmissão inalterado. Apesar de o estudo ter sido realizado na Turquia, ao assumir que as

linhas de outros países são semelhantes entre si, o resultado obtido a partir das medições podem ser usados universalmente no projeto do sistema PLC. Segundo Pinheiro, Coelho e Corrêa (2014), esse ambiente requer e justifica a necessidade de medir em diferentes pontos da rede e em diferentes tempos (para uma análise temporal do comportamento da rede que é influenciada pelo comportamento humano no uso dos equipamentos elétricos ligados à rede) e em variadas frequências.

Outro parâmetro muito importante para avaliação de uma transmissão é a análise do ruído na rede, como já abordado anteriormente por Zattar e Fontes (2015).

Também exercendo influência na rede tem-se o parâmetro da atenuação, que indica o esvanecimento do sinal no percurso entre transmissor e receptor, devendo ser mensurado em dois pontos. Essa medida é feita ligando a rede a um transmissor de potência conhecida e em outro ponto medir a potência do sinal recebido. Conforme Pinheiro, Coelho e Corrêa (2014, p. 2742) “a razão entre estas duas medidas, expressas em dB, indica a taxa de atenuação do sinal.”

Ainda remetendo as perdas eletromagnéticas está a *cross talk* ou interferência cruzada que ocorre quando há influência de uma linha próxima através dos efeitos eletromagnéticos ou quando da transmissão PLC chegar de forma indesejada a outra rede, fato que pode ocorrer pela rede elétrica ser toda interligada, atrapalhando o funcionamento e gerando interferências.

2.7 Regulamentação

A regulamentação e as normas nacionais que viabilizam o desenvolvimento e distribuição do PLC, ficam ao encargo da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

A ANEEL responsabiliza-se pela fiscalização da qualidade da energia elétrica e pela exploração do PCL quanto a não estar afetando a qualidade do fornecimento da energia elétrica para o consumidor final. À ANATEL cabe a regulamentação e acompanhamento da qualidade do serviço de transmissão de dados. No ano de 2009 ambas as agências emitiram resoluções definindo regras para a exploração do PLC (ANEEL, 2015).

2.7.1 Resolução N° 375 da ANEEL

Em 25 de agosto de 2009 as agências ANATEL e ANEEL publicaram resolução normativa regulamentando o uso e instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais.

Uma das normas define que o prestador de serviço PLC é toda pessoa jurídica detentora de autorização nos termos da regulamentação da ANATEL, para exploração comercial de serviço de telecomunicações utilizando a tecnologia PLC, o que evidencia que comercialmente a ANATEL é responsável pelo PLC. A mesma resolução descreve em seu artigo 3º, Parágrafo único, que as distribuidoras de energia elétrica podem fazer uso privativo da tecnologia PLC nas atividades de distribuição de energia elétrica, ou na aplicação em projetos sociais, com fins científicos ou experimentais, observadas as prescrições do contrato de concessão ou permissão e da legislação específica (BRASIL, 2009a).

2.7.2 Resolução nº 527 da ANATEL

Em 8 de abril de 2009, foi decretada e em 13 do mesmo mês foi publicada no diário oficial da união a resolução 527/2009 da ANATEL regulamentando as condições de uso de radiofrequências por sistemas de banda larga por meio de redes de energia elétrica.

Dentre as disposições gerais, encontra uma estabelecendo que a comunicação só pode ocorrer na faixa de radiofrequências de 1,705 MHz a 50 MHz. Demais determinações pontuam cinco características técnicas a serem seguidas na resolução:

- I - 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, em conformidade com este Regulamento.
- II - 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 de, pelo menos, 20 dB abaixo dos limites especificados neste Regulamento.
- III - 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 neste Regulamento.
- IV - manter as configurações de mitigação de interferência, mesmo quando houver falta de energia na rede ou quando o equipamento for desligado e religado, de forma consecutiva ou esporádica.
- V - dispor de mecanismo que possibilite, remotamente, a partir de uma central de controle, o desligamento da unidade causadora de interferência prejudicial, caso outra técnica de mitigação não alcance o resultado esperado. (BRASIL, 2009b).

Observa-se que o sistema PCL, segundo Resolução, requer autorização do Serviço de Comunicação Multimídia ou do Serviço Limitado Privado para explorar o serviço de banda larga pela rede elétrica. Dentre todas as prerrogativas, a principal e não existência de impacto na qualidade e fornecimento da energia elétrica, e as concessionárias só poderão atuar por meio

da criação de uma pessoa jurídica a parte para firmar contratos de compartilhamento de rede com as prestadoras do serviço.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de tecnologias tem permitido sua utilização em sistema de distribuição de rede elétrica, dentre elas a rede elétrica como meio de transmissão de dados.

A literatura analisada demonstrou que apesar da baixa taxa de transmissão, a tecnologia PLC é eficaz e pode ser usada em ambiente residencial, no entanto, alguns problemas ainda são frequentes nessa nova tecnologia, ou seja, dentre eles, na linha de energia o ruído gerado a partir de todos os demais equipamentos conectados à rede pode dificultar o sinal recebido.

Pode-se observar que a nível nacional a automação residencial ainda é pouca difundida, o que requer a criação de sistemas de automação de baixo custo bem como a oportunidade de inserção de produto no mercado, que leve em conta a segurança, eficiência e principalmente a facilidade de expansão e interação com o usuário final.

A tecnologia PLC tem futuro promissor como meio e transmissão de dados no Brasil, sendo uma possibilidade que minimiza custos com infraestrutura, o que supera as demais tecnologias concorrentes. Ainda que não atinja níveis elevados como outras tecnologias cabeadas, sua grande vantagem é a utilização da infraestrutura das companhias de energia, o que permite comunicação de dados a preços competitivos, no entanto ainda requer investimentos em pesquisa a fim de adequação de soluções comerciais disponíveis.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. C.; RAMOS, G. S. Transmissão de dados via rede elétrica: um estudo bibliográfico sobre a tecnologia PLC. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE GESTÃO, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO, 1., Naviraí, MS, 2017. **Anais...** Naviraí, MS: UFMS, 2017.

ANDRADE, R. T. **BPL (Broadband Over Powerlines) II**: características e aplicações. FITEC: inovações tecnológicas. 27 nov. 2010 Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialbpl2.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

ARAÚJO DO NASCIMENTO, J. M.; LUCENA, P. B. **Protocolo Modbus**: Redes para Automação Industrial – DCA2401. Rio Grande do Norte: UFRN, 2003. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho3/trabalho3_13.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2018.

BRANDÃO, R.F. M. A solução powerline para o sector residencial. **Jornal Neutro à Terra**, n. 7, p. 27-30, 2017. Disponível em: < <http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/3619> >. Acesso em: 20 fev. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa nº 375, de 25 de agosto de 2009**. Regulamenta a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais. Brasília: ANEEL, 2009a. Disponível em: < www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009375.pdf >. Acesso em: 21 jun. 2018.

_____. **Aneel regulamenta o uso da rede de distribuição de energia elétrica para a comunicação de sinais**. [25/08/2009, última modificação: 25/11/2015]. Disponível em: < www.aneel.gov.br/home?...aneel...aneel-regulamenta-o-uso-da-rede-de-distribuicao-d... >. Acesso em: 22 jun. 2018.

_____. Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL. **Resolução normativa nº 527, de 8 de abril de 2009**. Aprova o regulamento sobre condições de uso de radiofrequências por sistemas de banda larga por meio de redes de energia elétrica. Brasília: ANATEL, 2009b. Disponível em: < <http://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2009/101-resolucao-527> >. Acesso em: 21 jun. 2018.

CAVDAR, H.; KARADENIZ, E. Measurements of Impedance and Attenuation at CENELEC Bands for Power Line Communications Systems. **Sensors**, Basel, Switzerland, v. 8, n. 12, p. 8027-8036, 2008. Available from: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3791005/> >. Acesso n: 23 Feb. 2018.

CUNHA, A. F. Power Line Communication – PLC: A Informação que vem pela Tomada. **Revista Saber Eletrônica**, São Paulo, ed. 405, p. 20-26, out. 2006. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/75335882/ARTIGO-PLC-Rev-saber-Eletronica> >. Acesso em: 20 fev. 2018.

ESTECA, D. F.; MAIA, R. F. **Modelo para comunicação via rede elétrica**. 2007. Disponível em: < <http://bt.fatecsp.br/system/articles/652/original/055.pdf> >. Acesso em: 20 fev. 2018.

FACCIONE, A. H. Análise sobre a tecnologia PLC. **E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 54-74, jul./dez. 2008.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

JOHNSON, T, M. **PLC, BPL, DPL e PLT ... Qual a diferença?**. 2018. Disponível em: < <https://interproduct.wordpress.com/toolstechnology/plc-bpl-dpl-e-plt-qual-a-diferenca/> >. Acesso em: 20 mar. 2018.

LIMA, M. X. **Redes PLC**. 2001. Disponível em: < https://www.projetedoredes.com.br/tutoriais/tutorial_redes_plc_01.php > . Acesso em: 20 fev. 2018.

MACHADO, M. R. V. **Power line communication: A rede na tomada**. Instituto Federal De Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS CÂMPUS Porto Alegre, 2013. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/ELETRICIDADE_APLICADA-TRABALHO-PLC.pdf >. Acesso em: 20 fev. 2018.

MARTINS-BRITTO, A. G. **Modelagem das interferências eletromagnéticas entre linhas e tubulações metálicas subterrâneas e análise de impactos**. 2017. 104 F. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Elétrica)-Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2017.

MELO JUNIOR, A. R.; MENDES, L. A. M. **Transmissão de dados por PLC: um estudo comparativo entre as tecnologias cabeadas e wi-fi.** 2009. Disponível em: < <http://www.unipac.br/site/bb/tcc/tcc-ad8073a1555f00fb37f8953f1322b08a.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

PHU DO, L.; HRASNICA, H.; LEHNERT, R. Performance evaluation of the PLC-MAC protocol in accordance with the opera specification. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER LINE COMMUNICATIONS AND ITS APPLICATIONS, 2007, Pisa, Italy. **Proceedings...** Pisa, Italy: IEEE, 2007.

PILARSKI, A. L. **Pesquisa e análise da tecnologia power line communications.** 2015. 30 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Redes) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

PINHEIRO, A. P.; COELHO, J. C.; CORRÊA, F. A. C. Transmissão de dados usando a rede elétrica no contexto de redes smart grids e micro-redes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 20., Belo Horizonte, MG, 2014. **Anais...** Belo Horizonte, MG, 2014. Disponível em: < <http://www.swge.inf.br/cba2014/anais/PDF/1569935743.pdf> >. Acesso em: 20 fev. 2018.

RIBEIRO, M. V. P&D para apoio a regulamentação e a padronização da tecnologia PLC. In: WORKSHOP SOBRE POWER LINE COMMUNICATION. Brasília, DF, 2007. **Trabalho apresentado...** Brasília, DF: ANEEL, 2007. 27 p. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/4%20-Moises%20-%20UFJF%20-%20.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2018.

ROSOLEN, R. Internet via rede elétrica (PLC). **Revista do Bacharel em Sistemas de Informação**, Nova Odessa, SP, v. 1, n. 1, p. 219-227, 2011.

SCHWARTZ, M. Carrier-Wave telephony over power lines: early history. **IEEE Communications Magazine**, Columbia, v. 47, n. 1, p.14-18, Feb. 2009. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/4752669/>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

SONEGO, A.; RIVEROS, L. J. M.; WONZOSKI, F. O. Estudo sobre comunicação de dados via rede elétrica – PLC. **Anuário pesquisa e extensão Unoesc**, Videira, v.2, p. e15226-e15239, 2017. Disponível em: < <https://editora.unoesc.edu.br/index.php/apeuv/article/download/15226/7809> >. Acesso em: 20 mar. 2018.

TANENBAUM, A.S.; WETHERALL, D. J. **Redes de computadores.** 5. ed. Rio de Janeiro: Pearson, 2011.

TOSTES, H.G. Carrier Digital – Uma boa opção de meio digital para locais de difícil acesso. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - SNPTE. Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistema Elétrico – GTL. 18., 2005. Curitiba - Paraná. **Anais...** Curitiba, UBM, 2005.

YIN. R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed., Porto Alegre: Bookman, 2005

ZATTAR, H. FONTES, J. PLC – Qualidade da energia elétrica. **Portal o Setor elétrico, PLC – Qualidade da energia elétrica**, São Paulo, Edição 108, p. 1-14, jan. 2015. Disponível em:

< <https://www.osetoreletrico.com.br/plc-qualidade-da-energia-eletrica/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

ZIMMERMANN, A.; DOSTERT, K. A multipath model for the powerline channel. **IEEE Transactions on communications**, New York, v. 50, n. 4, p. 867-857, 2002.