

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ELIAS BARBOSA AROUCHE**

**INTERNET VIA REDE ELÉTRICA**

São Luís – MA

2019

**ELIAS BARBOSA AROUCHE**

**INTERNET VIA REDE ELÉTRICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Diniz da Penha

São Luís – MA

2019

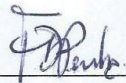
**ELIAS BARBOSA AROUCHE**

**INTERNET VIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.


Aprovada em: 13/02/2019

**BANCA EXAMINADORA**




---

Prof. Dr. Fernando Diniz da Penha  
(Orientador. DEEE-UFMA)



---

Prof. Dr. Angel Fernando Torrico Cáceres  
(DEEE-UFMA)



---

Prof. Me. Patryckson Marinho Santos  
(DEEE-UFMA)

Arouche, Elias Barbosa.

Internet via rede elétrica / Elias Barbosa Arouche. -  
2019.

59 f.

Orientador(a): Fernando Diniz Penha.

Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica,  
Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2019.

1. Internet. 2. PLC. 3. Rede Elétrica. I. Penha,  
Fernando Diniz. II. Título.

Dedico esse trabalho a minha mãe, Joaquina Barbosa, por estar sempre ao meu lado nos momentos difíceis que passei durante toda a minha trajetória pelo curso, me dando forças e apoio para chegar até o final.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me dar forças para superar todas as dificuldades encontradas durante esta jornada e conseguir mais uma conquista ao concluir este trabalho.

A concepção desse trabalho foi incentivada por várias pessoas e seus ensinamentos serão, a partir de agora, indispensáveis em minha caminhada pessoal e profissional.

Ao professor e meu orientador pela sua paciência, inteligência e indicação deste tema para estudo, além dos ensinamentos que foram adquiridos em sala de aula.

Aos outros professores, mestres e doutores, que me repassaram seus conhecimentos, fazendo que o meu desenvolvimento dentro do curso fosse o melhor possível.

Aos meus amigos Mayra Moreira, Dennys Deleon, Carlos César e vários outros que estiveram comigo nessa jornada e compartilharam comigo seus conhecimentos.

A todos aqueles que contribuíram ou torceram de alguma forma pela concretização desse trabalho.

*“O passado serve para evidenciar nossas falhas e dar-nos indicações para o progresso no futuro.”*

*Henry Ford*

## RESUMO

Em busca de novas tecnologias, surge a ideia da transmissão de dados de internet via rede elétrica. A tecnologia mais conhecida para o uso da internet por esse meio, é a tecnologia PLC, que utiliza a rede elétrica e toda a sua infraestrutura já existente para o transporte de dados entre o provedor e o usuário final, assim conectando este a rede mundial de computadores. Nesse âmbito, este trabalho tem como objetivo discorrer sobre o uso da internet via rede elétrica, seu contexto histórico, os equipamentos que são necessários para o seu funcionamento básico em uma rede de distribuição em média ou baixa tensão, as vantagens e desvantagens do uso dessa tecnologia, interferências que são encontradas na utilização desse sistema, bem como o levantamento de sua utilização no Brasil e no mundo e, na conclusão, é descrita a possibilidade de inclusão digital a partir da internet via rede elétrica, além de algumas ressalvas sobre o uso da tecnologia.

Este trabalho foi elaborado a partir de pesquisa bibliográfica, com busca em diversas fontes: resoluções de órgãos governamentais, livros, dissertações, periódicos, artigos e relatórios com o intuito de construir uma fonte de informações sólida, objetiva e de fácil compreensão para o leitor.

Palavras-Chave: Internet. Rede elétrica. PLC. Tecnologia. Inclusão digital.



## **ABSTRACT**

Looking for new technologies, came across the idea of data transmission by electric network. There is a technology more acquainted, it is PLC Technology, that technology is used to use electric network and all of its infrastructure already existing in order to transport data nearby provider and the final user, as a result connecting him to the world network of computers. On that hand, this academic labor, has as focus treat about network using and by electric network, its historic context, office equipment which is needed in order to get a basis working on a distribution network in a medium or low tension, the advantages or disadvantages from this technology use, interferences which are found using this system, also talking about the measure of Brazilian using and throughout the world as well. And as conclusion, run through digital inclusion through internet by electric network, besides that, it brings interesting points about this technology use.

This academic labor was made supported by bibliographic searches, that was looked for on a several sources: governmental organ resolutions, books, dissertations, periodic, academic article which have as subject built a solid source of information. Easy to the comprehend for the reader.

Key-Worlds: internet. electric network. PLC. technology. Digital Inclusion.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Topologia de rede PLC .....	20
Figura 2 – Topologia de rede PLC indoor em uma residência .....	22
Figura 3 – Topologia de rede PLC indoor em um prédio .....	22
Figura 4 – Topologia de PLC outdoor .....	23
Figura 5 – Desenho de um modem PLC conectado a tomada e ao computador .....	25
Figura 6 – Topologia de rede PLC indoor e outdoor conectador; e os componentes da PLC .....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação conforme a taxa de dados .....	27
Tabela 2 – Tabela de modulação utilizada na PLC .....	28

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES  
ANEEL – AGÊNCIA A NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA  
ANSI – AMÉRICA NATIONAL STANDARTS INSTITUTE  
BPL – BROADLAND OVER POWER LINES  
BPSK – BINARY PHASE SHIFT KEYING  
BT – BAIXA TENSÃO  
CELG – COMPANHIA ENERGETICA DE GOIÁS  
COPEL – COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA  
DSP – DIGITAL SIGNAL PROCESSOR  
FFT – FAST FOURIER TRANSFORM  
FSK – FREQUENCY SHIFT KEYING  
HZ – HERTZ  
IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS  
IBM – INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES  
IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY  
IEC – INTERNATIONAL ELECTRTECNICAL COMMISION  
IEEE – INSTITUTE OF ELETRICAL AND ELETRONICS ENGENEERS  
IFFT – INVERSE FAST FOURIER TRANSFORM  
KBPS – KILOBITS PER SECOND  
KHZ - KILOHERTZ  
MAC – MEDIA ACESS CONTROL  
MBPS – MEGABITS PER SECOND  
MHZ – MEGAHERTZ  
MT – MÉDIA TENSÃO  
OFDM – ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING  
OSI – OPEN SYSTEM INTERCONNECTION

PHY – PHYSICAL LAYER

PLC – POWER LINE COMMUNICATION

PSK – PHASE SHIFT KEYING

QAM – QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION

RWE – RHEINISCH-WESTFÄLISCHES ELEKTRIZITÄTSWERK

SE – SUBESTAÇÃO DE ENERGIA

SFSK – SPREAD FREQUENCY SHIFT KEYING

SOC – SYSTEM-ON-CHIP

USB – UNIVERSAL SERIAL BUS

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Objetivos</b>	<b>15</b>
1.1.1. Objetivo Geral	15
1.1.2. Objetivos Específicos	15
<b>2. CONTEXTO HISTÓRICO</b>	<b>17</b>
<b>3. PLC COMO CANAL DE TRANSMISSÃO DE DADOS</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Funcionamento básico do PLC</b>	<b>19</b>
<b>3.2. Topologia</b>	<b>20</b>
3.2.1. Topologia PLC Indoor	21
3.2.2. Topologia PLC Outdoor	23
<b>3.3. Componentes do Sistema PLC</b>	<b>23</b>
3.3.1. Injetor	24
3.3.2. Repetidor	24
3.3.3. Extrator	24
3.3.4. Modem	25
3.4. Camadas	26
3.5. Modulação	27
<b>4. INTERFERÊNCIAS RELACIONADAS AO SISTEMA PLC</b>	<b>29</b>
<b>4.1. Ruído</b>	<b>29</b>
<b>4.2. Efeito antena</b>	<b>30</b>
<b>4.3. Atenuação</b>	<b>30</b>
<b>5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE PLC's</b>	<b>31</b>
<b>5.1. Vantagens</b>	<b>31</b>
5.1.1. Sistema elétrico já instalado	31
5.1.2. Custo compartilhado	32
5.1.3. Inclusão Digital	32
<b>5.2. Desvantagens</b>	<b>33</b>
5.2.1. Padronização	33
5.2.2. Qualidade da rede elétrica	33

5.2.3. Multiacesso .....	34
<b>6. PLC NO BRASIL E NO EXTERIOR .....</b>	<b>35</b>
6.1. Brasil .....	35
6.2. Exterior .....	36
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO A – Resolução Nº 527/2009 .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO B – Resolução Nº 537/2010 .....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a internet está entre os principais meios de comunicação a nível mundial, sendo considerada uma importante ferramenta de acesso e difusão à informação, seja em qualquer área de atuação como no entretenimento, comunicação, empreendedorismo, trabalho, cultura, entre outros. (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT, 2004)

Devido a sua popularização nos últimos anos, houve um aumento na demanda de usuários e, conseqüentemente, da necessidade de ampliação de redes que possam oferecer e dar suporte para os serviços de telecomunicações na transmissão de dados em alta velocidade e com qualidade, serviço que só tende a crescer no decorrer dos anos. (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT, 2004)

Para preencher essa exigência existente no mercado, existe a necessidade de desenvolver novas tecnologias e redes de comunicações acessíveis, visto que no ponto de vista econômico, a tendência é de gerar grandes receitas para o setor de telecomunicações e no ponto de vista social, popularizar a internet em lugares onde as principais fontes de informação são vindas da TV e rádio, fazendo que a internet seja uma nova fonte em busca de informações. (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT, 2004)

Entretanto, uma das grandes barreiras que existem para a ampla difusão do acesso a internet no Brasil é a falta de um meio de transmissão de dados de baixo custo que possa chegar a todas as residências, principalmente, para as famílias carentes que não possuem condições financeiras para assinar com um provedor de internet que utilize outros meios de transmissão de dados, além da fibra ótica e conexão via rádio. (ROCHA, 2012)

Em busca de novas tecnologias, surge a ideia da transmissão de dados de internet via rede elétrica. A tecnologia mais conhecida para o uso da internet via rede elétrica é a PLC. O PLC (Powerline Communications), também conhecida como BPL (Broadband Over Powerline), se encaixa no cenário dito acima, pois utiliza a rede elétrica e toda a sua infraestrutura já existente para o transporte de dados entre o provedor e o usuário final, assim conectando este a rede mundial de computadores e o Brasil possui essa infraestrutura existente em praticamente em todo o seu território e



isso poderia ser usado ao seu favor na implantação dessa tecnologia, sendo que no último estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) no ano de 2010 informa que a energia elétrica está presente em 98% das residências brasileiras. (ROCHA, 2012)

Os atuais provedores de internet tem como objetivo oferecer uma conexão a internet em alta velocidade a um determinado valor e que, geralmente, para usufruir dessa tecnologia, o cliente precisar gastar certa quantia pela instalação e valores mensais para continuar a ter esse serviço.

A fim de compreender essa tecnologia, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, de caráter explicativo, com intuito de apresentar a internet via rede elétrica, suas vantagens e desvantagens, seus componentes, além do levantamento de sua utilização no Brasil e no exterior. Dados estes que podem favorecer o conhecimento e, posteriormente, a inclusão digital, através de um modelo de transmissão dados diferenciado.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Realizar uma abordagem sobre os aspectos gerais a internet via rede elétrica, fazendo uma análise sobre sua área de aplicação, um breve histórico sobre o seu surgimento, componentes elétricos envolvidos, suas vantagens e desvantagens e levantamento do uso da mesma a nível Brasil e exterior.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os aspectos gerais da internet via rede elétrica;
- Apresentar um breve histórico de como a rede elétrica passou a ser utilizada para a transmissão de dados;
- Descrever a aplicação do sinal de internet junto à rede elétrica;
- Realizar um estudo sobre a estrutura básica para a aplicação da tecnologia;

- Mostrar as vantagens e desvantagens da internet via rede elétrica através do uso do PLC;
- Fazer levantamento sobre a utilização da internet através da rede elétrica no Brasil e no exterior.

## 2. CONTEXTO HISTÓRICO

A primeira utilização da rede elétrica com o intuito de transmissão de dados, ocorreu na Inglaterra, em 1938. Segundo CARCELE (2006, p.01 apud DANTE,2011, p.5), o físico inglês Edward Davy propôs a medição remota de baterias dos medidores de eletricidade de Londres e Liverpool, mas somente em 1897 o invento foi patenteado.

Na década de 50, por meio da tecnologia *Ripple Control*, mais conhecida, atualmente, como PLC (Power Line Communication) que as companhias responsáveis pela distribuição de energia à população, acionavam, automaticamente, a iluminação pública. Nos anos seguintes, houve a inserção de novas funções como a transmissão de informações operacionais e controle dessas empresas por meio dos circuitos de baixa e alta tensão, denominados de telemetria. Telemetria é um sistema de monitoramento utilizado para comandar, medir ou rastrear alguma coisa à distância.

Com o passar os anos, o PLC também começou a realizar transmissão de dados entre subestações, como relata FACCIONE (2008, p.55 apud DANTE, 2011, p.5):

Inicialmente era chamada de Power Line Carrier e muito usada em redes de alta tensão de 69KV a 500KV pelas concessionárias de energia elétrica para comunicação de voz e dados entre as subestações. Era de baixa velocidade e não ultrapassava os 9,6 Kbps, operando na faixa de frequência de 30 a 400 KHz.

Contudo, devido aos obstáculos recorrentes da utilização da rede elétrica como um meio de transmissão de dados, a Power Line Carrier voltou sua atenção, apenas, para os tradicionais serviços ligados a telemetria, comunicação entre as subestações e controle remoto. No entanto, com o grande crescimento da telecomunicação ao redor no mundo, em meados de 1991, houve interesse na retomada na utilização da tecnologia já supracitada.

A empresa inglesa Norverb Communications iniciou os testes em 1991, com o propósito de realizar a comunicação em alta velocidade utilizando as linhas de transmissão já existentes e os resultados encontrados mostraram que haveria a possibilidade da retomada do uso dessa tecnologia, apesar de apresentarem problemas grandes e graves de interferência e ruído.

Em 1997, a Norweb e Nortel conseguiram realizar o acesso à internet através da tecnologia que estava em desenvolvimento. Foi um grande marco que mostrou para o mundo uma forma inovadora e atrativa de acesso a rede de computadores, pois possibilitava uma promissora utilização à infraestrutura já disponível no mercado e que estava presente em uma grande parte das residências e escritórios de todo mundo.

### **3. PLC COMO CANAL DE TRANSMISSÃO DE DADOS**

O PLC é o equipamento que utiliza a rede elétrica para a transmissão de dados e pode ser utilizado em diversas aplicações como na internet banda larga, automação industrial e residencial e na telefonia.

Uma característica do PLC ao uso da internet via rede elétrica que se destaca diante as outras tecnologias é a possibilidade de integração com outras tecnologias como, por exemplo, a rede wireless, comumente conhecida como rede Wifi (OPERA, 2008), uma característica que permite que o alcance da internet chegue a áreas que não possuem uma malha de rede elétrica visíveis, como praças publicas. (KRONEMBERGER, 2009)

Dentre as principais aplicações que podem ser realizadas através do uso da internet via rede elétrica em um ambiente externo estão as que possibilitam a inclusão digital, através de uma forma alternativa de acesso à internet, com qualidade e com valores acessíveis a realidade financeira em regiões onde os provedores atuais não possuem interesse de atuarem, como bairros periféricos e zonas rurais, regiões que geralmente possuem conexões de baixa qualidade ou não possuem.

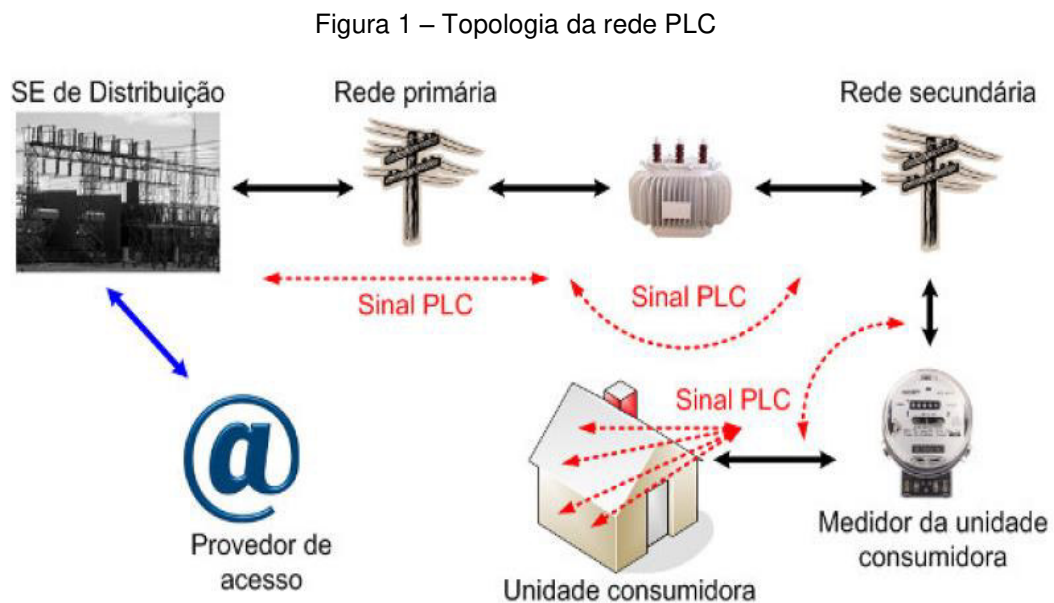
Já em um ambiente interno, por exemplo, em um ambiente residencial, visa compartilhar a internet com outros compartimentos da residência, onde não existe possibilidade da chegada do sinal do roteador ou repetidor wifi devido as barreiras feita pelas paredes ou por estar muito longe da fonte do sinal, assim eliminando uma nova fiação que seria necessária para realizar a transmissão de dados.

#### **3.1. Funcionamento básico do PLC**

O princípio de funcionamento básico do PLC consiste em utilizar o mesmo meio para a transmissão de energia e transmitir simultaneamente dados de comunicação. Essa operação consiste em sobrepor um sinal de alta frequência (MHz) ao sinal de 50Hz ou 60Hz, dependendo da região, existente na rede elétrica. Em se tratando da internet de banda larga, a faixa de frequência é tipicamente de 1MHz a 50MHz (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT, 2004)(ROSA, 2012)(COPEL, 2010).

### 3.2. Topologia

A rede PLC é uma rede de ponto multiponto, ou seja, possui um ponto central onde é determinado o início de toda a rede de comunicação para a transmissão de dados. A figura 1, abaixo, mostra um exemplo da topologia de aplicação da tecnologia PLC nas redes elétricas (OLIVEIRA, 2010).



Fonte: Otávio Luis Oliveira, 2010

A partir da figura acima, verifica-se que a rede PLC, nesse caso, inicia-se na subestação de distribuição de energia elétrica (SE). Nesse local encontra-se disponível um ponto de conectividade com a internet que é fornecido por uma empresa de telecomunicações qualquer. A seguir, o sinal do PLC segue pela rede primária de média tensão com o intuito de transmitir conexão em toda a extensão da rede de energia elétrica. Ao longo desta rede, existem transformadores de energia, que consiste em realizar a conexão entre as redes primárias de média tensão e redes secundárias de baixa tensão. Geralmente, nesse ponto ocorre o transporte de sinal da tecnologia PLC da rede primária para a rede secundária. Isso pode ocorrer em cada um dos ramais no qual se deseja obter conectividade. Em seguida, os sinais seguem em direção às residências. Portanto, os sinais adentram as residências oferecendo

conectividade à internet através da rede de energia elétrica, com o sinal oriundo da subestação de distribuição de energia, fazendo que qualquer tomada da residência possa se tornar um ponto de conexão com a internet (OLIVEIRA, 2010).

É fundamental destacar que os sinais não irão se propagar, indefinidamente, através da rede primária, sendo necessária a instalação de equipamentos ao longo da rede elétrica com a finalidade de reforçar e/ou repetirem os sinais que estão sendo transmitidos.

Segundo Rosa (2012) o emprego das redes PLC com diferentes topologias, depende da aplicação e para isso deverá ser avaliada levando em consideração uma série de aspectos como as necessidades e características do local escolhido, a aplicação, além de estar em concordâncias com os aspectos regulatórios vigentes.

De acordo com Vidal (2005) podemos classificar as tecnologias de aplicações de sistemas PLC em dois grandes grupos:

- Topologia PLC Indoor
- Topologia PLC Outdoor

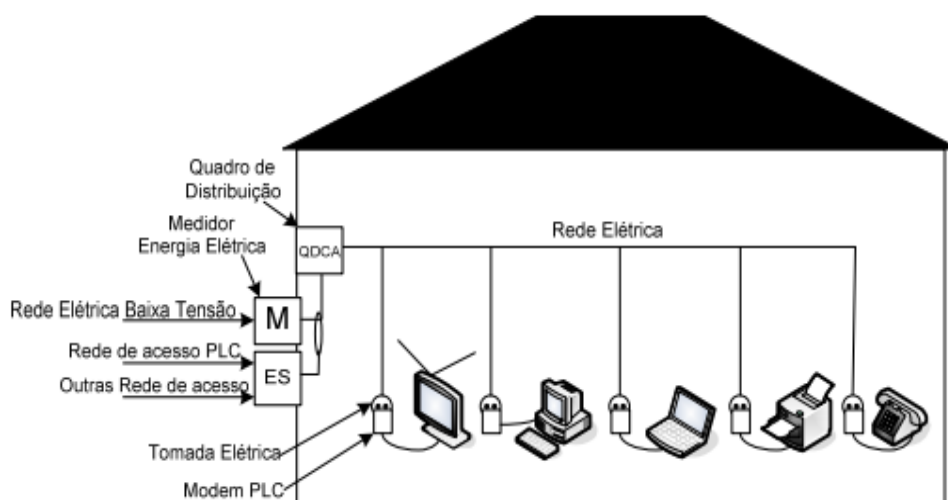
### 3.2.1. Topologia PLC Indoor

Essa topologia é constituída pela rede de distribuição elétrica secundária de baixa tensão, e pelos modems que serão utilizados para conexão dos equipamentos que serão interligados na rede. (ROSA, 2012)

De forma resumida, é a rede interna dentro das edificações (residenciais, comerciais e industriais). Esse modelo vai desde o medidor de energia da residência do usuário até as tomadas situadas no interior desta. Inúmeros modems podem estar conectados as diversas tomadas de energia disponíveis em toda a residência, tornando assim uma rede de amplo espectro. (CORREA, 2004)

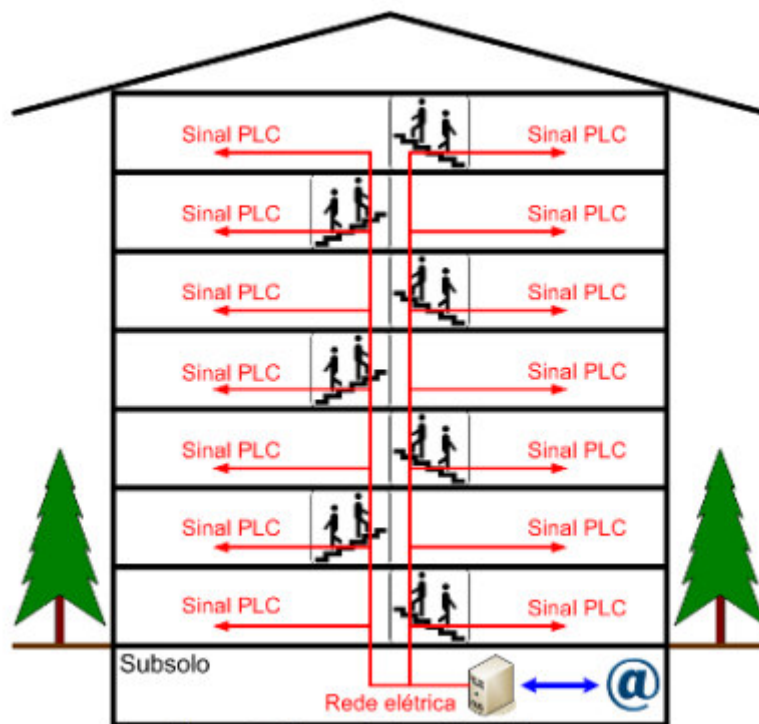
Essa topologia tem como principal destinação os prédios antigos que sejam de difícil cabeamento. As figuras 2 e 3 mostram as topologias da rede PLC indoor em ambiente residencial e predial respectivamente.

Figura 2 - Topologia de rede PLC indoor em uma residência



Fonte: Silva e Pacheco, 2008

Figura 3 - Topologia de rede PLC indoor em um prédio



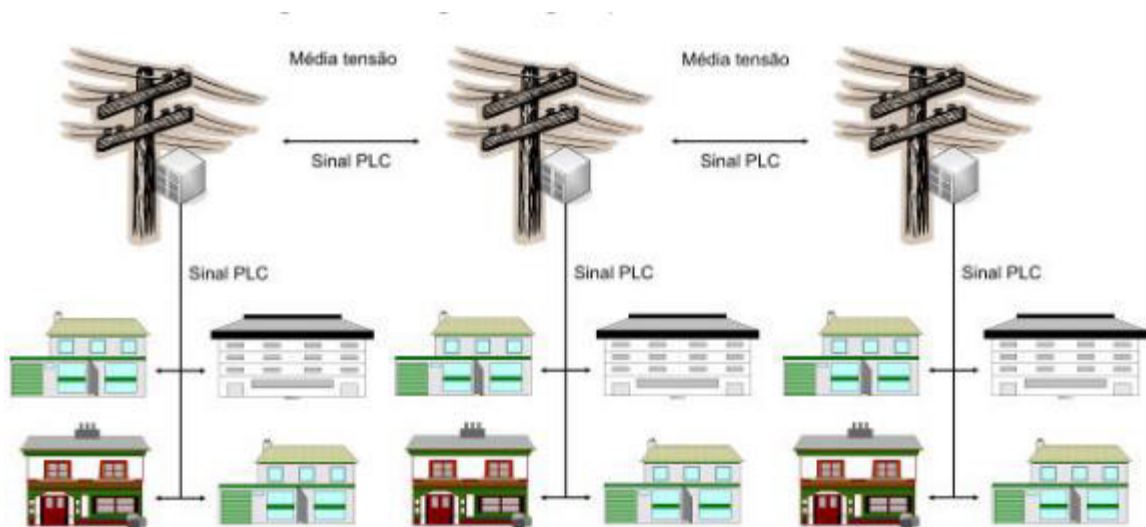
Fonte: Oliveira, 2010



### 3.2.2. Topologia PLC Outdoor

Nessa topologia o sistema PLC deixa de operar apenas na rede elétrica interna de um local específico e se expande para além dessa rede, gerando sub redes de menor porte. O sistema PLC pode se utilizar das redes de média e baixa tensão de energia para comunicar o usuário com a rede mundial de computadores através da internet. (PARENTE, 2011)(VIDAL, 2005)

Figura 4 – Topologia de PLC outdoor



Fonte: Oliveira, 2010

A figura 4 apresenta um exemplo da utilização da topologia PLC outdoor, onde os sinais foram injetados em uma rede de média tensão e estes foram transportados para as redes de baixa tensão. Desta forma, os sinais que estão presentes na rede de média tensão estão aptos de oferecerem conexão a internet para construções que estão ligadas as redes de baixa tensão. (OLIVEIRA, 2008)

### 3.3. Componentes do Sistema PLC

A seguir, são listados os principais equipamentos que compõem a rede do sistema PLC. Lembrando-se que dependendo do desenho da rede, alguns aparelhos podem, ou não, estarem presentes. (PARENTE, 2011)

### 3.3.1. Injetor

O injetor, conhecido também como estação-base é o dispositivo cuja finalidade é realizar a conexão entre a rede elétrica e a Internet. Para isso, ele pode ser, resumindo, como um modem que, ora modula a informação que vem através de um cabo de fibra ótica ou antena via rádio e a insere na rede elétrica, ora demodula sinal PLC em dados digitais e insere no mesmo cabo de fibra ótica ou antena via rádio. (PARENTE, 2011)

Dependendo da necessidade da rede, pode ser implantado, tanto na rede de media tensão, como na rede de baixa tensão.

### 3.3.2. Repetidor

Os cabos da rede de energia elétrica não são apropriados para a comunicação de dados em alta velocidade, visto que não foram construídos para essa finalidade. Para realizar o transporte de dados nas linhas de média ou baixa tensão sem degradá-los, são instalados equipamentos especiais para contornar essa situação. (BUENO, 2012)

O repetidor PLC atua semelhante a qualquer outro repetidor, sua função é recuperar e re-injetar o sinal PLC na rede elétrica. Pode ser instalado em postes intermediários da rede de média ou baixa tensão, com o intuito de reforçar o sinal original. Em alguns casos, é utilizado para corrigir o sinal onde há grandes atenuações entre o equipamento PLC do transformador e o modem PLC de acesso do usuário. Pode ter o seu uso descartado, quando houver uma boa qualidade de sinal. (WHAT, 2011)(ROCHA, 2012)

Segundo Parente (2011), o repetidor deve ser instalado a cada 300 – 500 metros para que possa ter uma comunicação confiável.

### 3.3.3. Extrator

Este equipamento é responsável por extrair o sinal do sistema PLC da rede de média tensão e injeta-lo na rede de baixa tensão de modo a contornar o

transformador de MT/BT. Portanto o extrator deve estar localizado ao lado do transformador. (PARENTE, 2011)

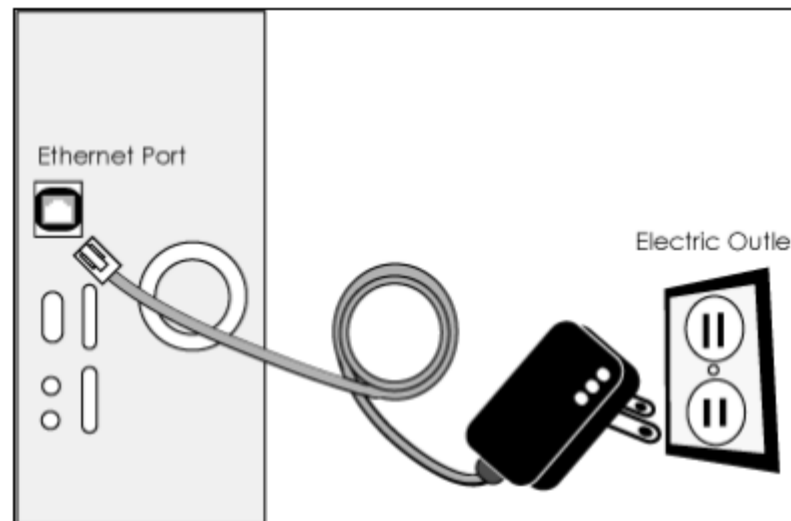
Dentro do extrator contém um repetidor com a função de reforçar o sinal que irá trafegar nas redes de baixa tensão. Dependendo de como será construída a rede PLC, alguns extratores podem possuir ainda uma placa de WiFi, possibilitando o acesso aos usuários via rede wireless próximos ao extrator. Nesta configuração, a rede PLC seria apenas a forma de entrega do sinal de dados para rede wireless. (PARENTE, 2011)

#### 3.3.4. Modem

O modem é o equipamento que conecta o assinante, diretamente, com a rede de internet, possuindo de um lado uma entrada/saída Ethernet ou USB e do outro lado um conector com a rede elétrica. Essa conexão com a rede elétrica deve ser realizada de um modo a funcionar como um filtro “passa-alta”, separando a frequência do sinal do PLC com o da transmissão de energia elétrica. (PARENTE, 2011)

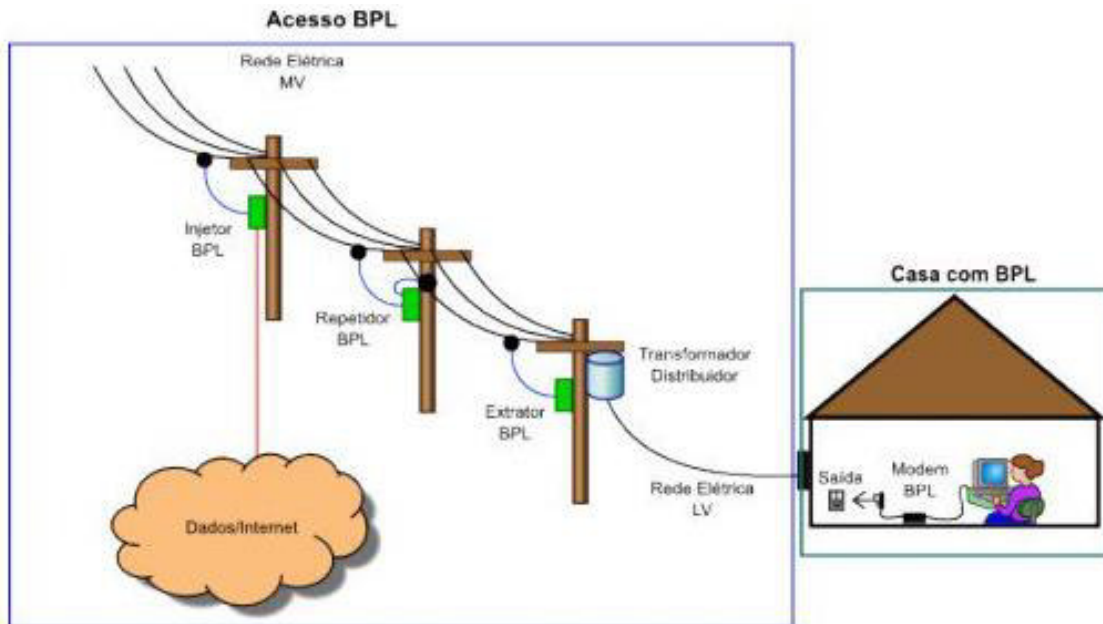
Na figura 5 mostra como é feita essa conexão entre um computador e a tomada, através do modem PLC.

Figura 5 - Desenho de um modem PLC conectado a tomada e ao computador



Fonte: How Stuff Works, 2004

Figura 6 – Topologia PLC Outdoor e Indoor conectados; e os componentes da PLC



Fonte: gudu.com.br, 2016

Na figura 6, acima, é possível perceber, em resumo, o caminho que o sistema PLC realiza, levando de internet para uma residência via a rede elétrica.

Primeiramente, esse sinal de internet é modulado no injetor e enviado, nesse caso, para a rede de média tensão e no trajeto encontra repetidores com finalidade de reforçar e ampliar esse sinal. Ao lado do transformador de MT/BT, possui um extrator no qual cria uma ponte, onde ela extrai o sinal da média tensão e passa-o para baixa tensão, assim contornando o transformador. A partir da baixa tensão, o sinal segue para a residência onde o usuário final precisa de um modem, para captar o sinal do PLC em qualquer tomada, demodular este sinal e assim poder acessar a internet através de um computador ou outro equipamento.

### 3.4. Camadas

A tecnologia de comunicação utilizada no sistema PLC possui como referencial o modelo OSI com sete camadas. Alguns chips PLC podem implementar apenas a camada física do OSI, na medida em que os outros podem contemplar todas

as sete camadas. É possível utilizar um processador de sinal digital (DSP) com a percepção de *software* do MAC e PHY externo, ou um otimizado que junta o PLC completo, MAC e PHY, denominado *System-on-Chip* (SoC). (WHAT, 2011)

Portanto é importante conhecer alguns aspectos da camada física, aprofundando em três segmentos com base na taxa de dados, conforme a tabela 1 a seguir. (WHAT, 2011)

Tabela 1 - Classificação conforme a taxa de dados

<b>CLASSIFICAÇÃO CONFORME TAXA DE DADOS</b>			
	<b>BAIXA TAXA DE DADOS</b>	<b>MÉDIA TAXA DE DADOS</b>	<b>ALTA TAXA DE DADOS</b>
<b>TAXA DE DADOS</b>	0 – 100kbps	10kbps – 1Mbps	>1Mbps
<b>MODULAÇÃO</b>	BPKS, FSK, SFKS, QAM	PSK+OFDM	PSK+OFDM
<b>PADRÃO</b>	IEC 61334, ANSI/IEA 709.1, UPB	PRIME, G3, P1901.2	G.hn, IEEE1901
<b>FAIXA DE FREQUÊNCIA</b>	ATÉ 500kHz	ATÉ 500kHz	EM MHz
<b>APLICAÇÃO</b>	CONTROLE E COMANDO	CONTROLE, COMANDO E VOZ	BANDA LARGA RESIDENCIAL

Fonte: o autor

Analisando a tabela 1, acima, podemos observar que a modulação PSK+OFDM são as mais usuais para levar internet para as residências, pois trabalham dentro da faixa de frequência necessários para realizar essa transmissão de dados.

### 3.5. Modulação

Existem variáveis técnicas de modulação que são utilizadas para trabalhar no envio dos sinais do sistema PLC. Entre os mais utilizados e conhecidos, destacam-se *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), *Binary Phase Shift Keying* (BPSK), chaveamento de frequência (FSK), *Spread-FSK* (S-FSK). Os critérios de eficiência de largura da banda e o custo devem ser utilizados para determinar a escolha adequada da modulação que deve ser utilizada para aquela determinada finalidade. (WHAT, 2011)

Tabela 2 - Tabela de modulação utilizada no PLC

<b>TÉCNICAS DE MODULAÇÃO UTILIZADAS NO PLC</b>		
<b>TÉCNICA DE MODULAÇÃO</b>	<b>EFICIÊNCIA DE MODULAÇÃO</b>	<b>COMPLEXIBILIDADE (CUSTO)</b>
BPSK	MÉDIA	BAIXA
FSK	MÉDIA	BAIXA
SFSK	BAIXA	MÉDIA
OFDM	ALTA	ALTA

Fonte: o autor

Como pode ser visto na tabela 2, a modulação OFDM apresenta os melhores resultados em relação à taxa de transmissão de dados, entretanto existe um sistema computacional mais sofisticado, que seja capaz de produzir Transformada Rápida de Fourier (FFT) e o inverso dela (IFFT). (WHAT, 2011)

E por outro lado, BPSK e FSK possuem a taxa de transmissão de dados mais baixos, contudo são simples e robustas, podendo ser realizada a partir de um microcontrolador. (WHAT, 2011)

## **4. INTERFERÊNCIAS RELACIONADAS AO SISTEMA PLC**

Levando em consideração que os cabos elétricos não representam um meio ideal para a transmissão de dados, existem vários problemas que estão relacionados ao uso do sistema PLC que devem ser contornados para que se obtenha uma comunicação de qualidade e satisfatória.

Por não possuir um tratamento adequado, o canal para o uso da internet via rede elétrica através do PLC possui uma variância que é dependente do fator climático e do local onde está sendo instalado, possui uma grande atenuação para a transmissão de dados, ruídos e percursos que não possuem um determinado fim, levando o PLC a se diferenciar em vários níveis de estrutura, propriedades físicas, topologia e quantidade de cargas existentes na rede, fazendo que a caracterização e a modulação do canal sejam importantes, para o trabalho em um projeto PLC. (SILVA, 2006).

Visando isto, é possível destacar algumas interferências mais relevantes do PLC:

### **4.1. Ruído**

Os cabos da rede elétrica são bastante sensíveis a ruídos que são oriundos de várias fontes, visto que estes não possuem uma blindagem adequada e, devido a essa falta de proteção, ocorrem vários acontecimentos que podem contribuir para o aparecimento de ruídos nas linhas de energia. (PARENTE, 2011)

Uma vez que não há uma exclusividade no meio de propagação do sinal, os ruídos e outros fatores que prejudicam na transmissão são inevitáveis, e uma das causas da criação desses ruídos é o chaveamento, ou seja, o ato de ligar e desligar dos aparelhos eletroeletrônicos que estão ligados à rede elétrica. (TAVEIRA, 2004)

Outro fator, é o atmosférico, já que os cabos de energia elétrica estão, diretamente, expostos ao ambiente externo e isso contribui para que tenha grande incidência direta de raios solares sobre eles e isso auxilia o aparecimento de ruídos. Diante a este fator, também existe a possibilidade de descargas elétricas tocarem nas linhas de energia ou no solo próximo a elas, produzindo um tipo de ruído que é prejudicial à comunicação.(PARENTE, 2011)

Finalizando, há os ruídos que são gerados, também, por fontes que emitem radiofrequência, como, por exemplo, as antenas de radioamador. (PARENTE, 2011)

### **3.2. Efeito Antena**

O transporte de altas frequências através dos cabos de linha de energia sem que estes possuam uma blindagem adequada, pode ocasionar um comportamento adicional e estes cabos se comportarem como antenas. (PARENTE, 2011)

Sabe-se que quando as correntes alternadas transitam por condutores elétricos, formam campos magnéticos ao redor deste condutor e campos elétricos, esses últimos apenas são criados quando há a existência de cargas elétricas. Os campos citados podem ser, extremamente, prejudiciais aos aparelhos que operam próximo as linhas de energia. (PARENTE, 2011)

O efeito antena também é considerado uma das maiores desvantagens do uso da tecnologia PLC e tem sofrido grandes críticas de diversos lugares no mundo, entre quais está à associação de radioamadores norte-americanos, que até nos tempos atuais, buscam o bloqueio dessa tecnologia. (PARENTE, 2011)

Ressalta-se que a radiação eletromagnética emitida pelo sistema PLC é um dos pontos-chaves que impedem a regulamentação dessa tecnologia em vários países.

### **3.3. Atenuação**

A atenuação é a perda gradativa da intensidade de qualquer fluxo através de um meio. Nas linhas de transmissão de energia, essa atenuação é causada pela distância, sendo que em longos percursos essa atenuação se torna mais crítica e isso faz que seja necessária a conexão de repetidores pela rede de energia para recompor o sinal que está sendo enviado e assim contornar o efeito indesejado. (PARENTE, 2011)

Deve-se considerar que a atenuação, em relação à faixa de frequência, não é uniforme, sendo que em frequências mais altas, ela se torna mais crítica. (PARENTE, 2011)



## **5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE PLC's**

Como em todas as tecnologias, quando comparadas a tecnologias semelhantes, existem inúmeras vantagens e desvantagens entre si. A seguir, serão apresentadas algumas das vantagens e desvantagens do PLC.

### **5.1. Vantagens**

Dentre as vantagens da tecnologia através do PLC, pode-se citar três que se destacam:

#### **5.1.1. Sistema elétrico já instalado**

Nos dias atuais, a rede elétrica está presente em, praticamente, todos os tipos de áreas, sejam elas comerciais, industriais ou residenciais, independentemente, do seu porte e da forma que chega até o consumidor final. E, atualmente, os novos projetos de engenharia voltados para área comercial e industrial possuem projetos de rede para transmissão de dados com tecnologias bem conhecidas, utilizando os meios físicos, como par metálico e/ou fibra ótica.

Porém, existem casos onde prédios e construções não podem ser contemplados com essas tecnologias, pois não houve previsão para esse tipo de instalação ou porque são construções antigas e desta forma, pode ser utilizado o sistema elétrico já instalado para a comunicação de rede, não sendo necessários novos custos para a implantação de rede lógica interna e de reformas, principalmente, em construções que são tombadas pelo patrimônio histórico e em lugares onde há uma dificuldade para a reforma e instalação de um novo cabeamento, considerando a natureza da atividade exercida no local, como por exemplo, hospitais e laboratórios, onde uma paralização pode acarretar grandes impactos como a interrupção do atendimento e as normas rígidas de limpeza do local. (PILARSKI, 2015).

#### **5.1.2. Custo compartilhado**

Segundo Pilarski (2015) a utilização do mesmo meio físico para a distribuição de energia elétrica e para a transmissão de dados pode ser rentável, levando-se em consideração o porte e a quantidade de pontos de comunicação de dados necessários em um determinado local, pois dependendo das variáveis ditas, pode não haver uma necessidade de realizar uma nova instalação de cabeamento para a transmissão de dados no local. Isso proporciona um demasiado ganho econômico, visto que há uma economia de gastos no momento da implantação do PLC.

### 5.1.3. Inclusão Digital

Outra grande vantagem que a utilização do PLC pode proporcionar é realizar a inclusão de pessoas no mundo digital através do acesso a internet. Geralmente, como cita Parente (2011), uma grande parte dos investimentos de comunicação de dados atinge somente a comunicação entre os provedores.

Com a implementação da tecnologia através do PLC, pessoas que residem em locais desprovidos de conexão com a internet por falta de meios físicos de transmissão de dados, sejam domiciliadas em zonas rurais e em lugares de difícil acesso em zonas urbanas, podem vir a obter essa conexão de dados disponibilizada através de poucos investimentos, por já possuírem a condição mínima para o uso da tecnologia em suas residências: a energia elétrica. Para que isso ocorra, é necessário investimento em equipamentos por parte dos provedores de serviço de transmissão de dados.

Em redes tradicionais de comunicação de dados, a compra e instalação de equipamentos também são necessárias, porém, é essencial investir na ampliação de cabeamento, algo que com a utilização do PLC já estaria disponível.

## 5.2. Desvantagens

É possível destacar algumas desvantagens do uso da tecnologia PLC:

### 5.2.1. Padronização

A falta de uma padronização entre os fabricantes do PLC é um dos grandes obstáculos para a popularização deste. De acordo com Cunha (2011), pelo fato de não existir uma padronização total para essa tecnologia, existem vários grupos de pesquisas na área que desenvolvem os seus próprios padrões, entre elas estão o PLC Utility Alliance na União Europeia, o United Power Line Council, nos Estados Unidos e o PLC-J atuante no Japão. Sem o uso de um padrão que seja determinado por todos os fabricantes, não há uma sincronização entre os equipamentos. A dependência de um fabricante obriga que os provedores de PLC fiquem dependentes da evolução e do preço do produto escolhido (SANTOS, 2008 apud PILARSKI, 2015, p. 17).

#### 5.2.2. Qualidade da rede elétrica

“Para um funcionamento da tecnologia PLC é fundamental que se tenha um link físico de boa qualidade, porém, devido às varias fontes de ruídos que podem ser encontrados e evitados em uma rede elétrica, esta qualidade é um dos fatores mais difíceis a serem garantidos.” (COPEL, 2010 apud PILARSKI, 2016, p. 17)

Nas instalações elétricas internas, para o bom uso de qualquer equipamento que dependa de energia elétrica é necessário que a fiação interna esteja em ótimas condições e dentro dos padrões técnicos, normas, para que se tenha um bom uso deste e que também seja durável dentro da sua vida útil. Portanto a utilização de emendas de baixas qualidades, excesso de emendas e instalações fora dos padrões mínimos são exemplos das dificuldades que devem ser superados e que influenciam, diretamente, em uma queda na qualidade do sinal para a transmissão de dados.

#### 5.2.3. Multiacesso

Uma subestação de energia elétrica que esteja utilizando o PLC, tem um número determinado de usuários que estão ligadas a ela e uma determinada largura de banda que deve compartilhada entre estes. Caso todos os usuários utilizem a rede ao

mesmo tempo, a banda disponível será bastante particionada e, conseqüentemente, pode haver uma queda na velocidade da conexão e em alguns casos, não atender os usuários com a qualidade pretendida, devido à limitação na taxa de dados. (MARTINS; GIMENEZ; GOMES, 2016, p.4)

## **6. PLC NO BRASIL E NO EXTERIOR**

### **6.1. Brasil**

No início dos anos 2000 foram iniciadas as fases de testes do PLC nas residências brasileiras e as distribuidoras de energia elétrica que iniciaram as fases

foram a COPEL, no Paraná; Eletropaulo, em São Paulo; Celg, de Goiás; e a Light, do Rio de Janeiro.

A pioneira no uso dessa tecnologia no País, a COPEL (Companhia Paranaense de Energia Elétrica) instalou a PLC em 50 residências na região de Curitiba, em abril de 2001, de modo que pudesse realizar as suas comparações e realizar estudos sobre a viabilidade dessa tecnologia. Na época, a empresa escolhida para o uso da tecnologia do PLC foi a alemã RWE Plus e a COPEL investiu cerca de um milhão de dólares nesse projeto. Em sua fase de testes, encontrou resultados que foram satisfatórios em conexões de curta distância – em torno de 300 metros entre a fonte de sinal, emissor, e o receptor (ANDRADE, 2010, p.15).

No começo de 2009, a COPEL iniciou um projeto-piloto em Santo Antônio da Platina – PR onde teria 300 casas conectadas com a tecnologia PLC, mas dessa vez, utilizou equipamentos de outra empresa, a ILEVO, de fabricação da Schneider, onde prometia uma conexão de dados mais veloz o que a empresa anterior (COPEL, 2010, p.28). A partir desse projeto, a COPEL esperava uma regulamentação do PLC para que pudesse começar uma exploração em larga escala comercial que atingisse até 10 mil domicílios e diante dessa experiência, começaria um plano de negócios, que na época foi avaliado em US\$ 400 milhões, necessários para conectar um terço do Estado.

Porém, no mesmo ano, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) expediu a resolução 527/2009 (ANEXO A), regulamentando o uso de Radiofrequência por sistemas de banda larga por meio de Redes de Energia Elétrica. De acordo com o texto da resolução, o serviço só é operável em caráter secundário, em relação a outros serviços de telecomunicações, entre a faixa de 1.705kHz e 50MHz, e devendo possuir algum mecanismo externo que possibilite o desligamento de qualquer unidade que provoque interferência em outros serviços.

Em seguida, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) expediu a resolução 537/2009 (ANEXO B), que diz a respeito do uso da tecnologia PLC. Ela define que as distribuidoras de energia ficam proibidas de explorar, comercialmente, esse serviço de maneira direta, devendo constituir subsidiárias na área de telecomunicações para prestar serviços ou alugar a sua estrutura para que terceiros possam utilizá-las. Além disso, a portaria obriga que as distribuidoras de energia que

estejam obrigadas a utilizar o PLC em suas redes, realizem uma espécie de “leilão” público para o compartilhamento de rede e que o serviço de PLC não possa prejudicar o fornecimento de energia elétrica para os usuários da distribuidora.

A mesma resolução determina, também, 90% das receitas obtidas pelas distribuidoras de energia elétrica com o aluguel de sua rede para as empresas de telecomunicações, que deverão ser revestidas para a redução tarifária de energia elétrica, os 10% restantes para a manutenção de sua rede e que eventuais investimentos necessários para tornar a rede elétrica mais adequada ao PLC deverão ser feitas pela operadora de telecomunicações e não pela distribuidora de energia elétrica (SONEGO; RIVEROS; WONZOSKI, 2017) (COPEL, 2010).

Dessa forma, a partir das resoluções ditas, anteriormente, não há um incentivo para que as distribuidoras explorem o uso dessa tecnologia e a probabilidade que se tenha, à posteriori, é mínima, o que favoreceu a desistência da COPEL e as outras distribuidoras na realização de avanços do uso do PLC.

## **6.2. Exterior**

Em relação ao nível mundial, a tecnologia PLC tem sido utilizada com bastante frequência com o intuito de promover o acesso internet de forma viável, rápida e barata para o alcance de todos, sendo utilizada também para outras finalidades.

Na Rússia, existe, há alguns anos, um projeto em Moscou que tem instalado vários pontos de acesso à internet pela capital usando a tecnologia PLC, que no seu último levantamento, o número de pontos de acessos tinham ultrapassado os 70 mil pontos instalados.

Na França, existe um projeto que é elaborado pela Associação dos Departamentos de Paris (Paris e cidades da região metropolitana) que atende residências que não são atendidas pelas empresas de telecomunicações locais.

Na Espanha, a cidade de Puerto Real, localizada no litoral, possui serviços de internet e telefonia em todas as residências e esse serviço, é disponibilizado e servido pela distribuidora de energia local.

Nos Estados Unidos, o uso dessa tecnologia através do PLC está sendo mais utilizada para realizar a inclusão digital em áreas rurais e o governo tem incentivado o seu uso, tanto que ela possui uma parceria com o banco da IBM onde há um investimento de US\$ 2,5 bilhões para levar internet para áreas rurais.

Na Índia, o PLC tem sido utilizada para realizar a inclusão digital em áreas que não possuem outro tipo de tecnologia para conexão de dados e junto com medidores de energia, em alguns lugares no país, com o propósito de detectar falhas e fazer um monitoramento real na rede de energia elétrica.

## **7. CONCLUSÃO**

O Brasil possui uma grande malha de rede elétrica, sendo que, segundo dados do Censo Demográfico de 2010, 98% das residências brasileiras possuem energia elétrica.

Com base naquilo que foi estudado e apresentado nesse trabalho, é possível concluir que o uso da internet via rede elétrica, através do uso da tecnologia através do PLC, seria uma solução viável para realizar a inclusão digital em diversas partes do

país, principalmente, em locais de difícil acesso, onde as empresas de telecomunicações não possuem interesse em atuarem.

Essa tecnologia pode possibilitar o aumento no nível de informação da população, concedendo uma melhora no que se diz ao seu futuro, no que diz respeito à educação, cultura, renda e qualidade de vida, através da inclusão digital.

A sua utilidade pode ser aproveitada também em construções antigas, onde o implemento de um novo cabeamento necessita de reparos estruturais e isso pode entrar em atrito com os regulamentos internos de alguns lugares como museus, hospitais e outros, visto que na época de construção dos mesmos, não foi planejado a entrada de um cabeamento específico para o transporte de dados.

Porém, devido a algumas resoluções criadas pela ANATEL e ANEEL, as distribuidoras de energia elétrica perderam o interesse na utilização dessa tecnologia no Brasil, visto que, de acordo com as resoluções, as distribuidoras não podem explorar, diretamente, o uso dessa tecnologia, fato adverso do que é visto que em outras regiões do mundo, onde a concessão para o uso da internet via rede elétrica continua com a própria distribuidora.

Ainda é possível encontrar, em terras brasileiras, algumas concessionárias de energia elétrica que continuam a usar dessa tecnologia, em fase de testes, na espera de que os órgãos regulamentadores supracitados possam modificar/flexibilizar suas resoluções e, assim, realizar a distribuição em larga escala.

Entretanto, a probabilidade de não haver modificações é, consideravelmente, alta, podendo tornar essa tecnologia obsoleta nos próximos anos, uma vez que novas tecnologias surgem, o número de pessoas que possuem smartphones aumenta e, conseqüentemente, das empresas de telecomunicações que atuam em redes móveis, melhorando a cada dia suas redes a fim de entregar um sinal de qualidade e que abranja mais localidades.



## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rafael Teixeira de. **BPL (Broadband over powerlines) II: Características e aplicações**. 2010. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialbpl2/default.asp>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

CAMARGO, Alexandre. **Avaliação da Tecnologia de Internet Sob Rede elétrica**. 2010. Disponível em: <<https://www.ppgia.pucpr.br/~jamhour/RSS/TCCRSS08B/Alexandre%20Camargo%20Lu%20-%20Artigo.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

COPEL, Companhia Paranaense de Energia Elétrica -. **Relatório Técnico da avaliação da tecnologia powerline communications (PLC)**. 2010. Disponível em: <[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34359521/Relatorio\\_PLC\\_-\\_Completo\\_ver10.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543712168&Signature=KIUEMADXex15auBVAfjVzGZk7Zk%3D&response-content-disposition=attachment%3B%20filename%3DPLC\\_-\\_Relatorio\\_Copel.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34359521/Relatorio_PLC_-_Completo_ver10.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1543712168&Signature=KIUEMADXex15auBVAfjVzGZk7Zk%3D&response-content-disposition=attachment%3B%20filename%3DPLC_-_Relatorio_Copel.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CORRÊA, Josias Rodrigues. **PLC - Power Line Communications**. 2004. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/56734425/PLC-TCC-Josias-Rodrigues>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

HRASNICA, Halid; HAIDINE, Addelfatteh; LEHNERT, Ralf (Org.). **Broadband powerline communications. Network design**. 2004. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.174.4245&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

KRONEMBERGER, Ingo Henrique Mamede. **Implementação de um sistema indoor de comunicação de dados, pela rede elétrica, em um circuito isolado**. 2009. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3266/2/20114905.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

MARTINS, Gustavo V. S; GIMENEZ, Edson J. C.; GOMES, Evandro L. B.. **Power Line Communication: Arquitetura, Funcionamento e Aplicações**. 2016. Disponível em: <<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/apeuv/article/download/15226/7809>>. Acesso em: 25 set. 2018.

OLIVEIRA, Otávio Luís de. **Contribuições metodológicas à implementação da tecnologia PLC/BPL**. 2010. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-23082010-095600/publico/Dissertacao\\_Otavio\\_Luis\\_Oliveira.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-23082010-095600/publico/Dissertacao_Otavio_Luis_Oliveira.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2018.

PARENTE, Dante Aguiar. **Estudo de Sistemas PLC (Power Line Communications)**. 2011. Disponível em: <[http://www.cgeti.ufc.br/monografias/DANTE\\_AGUIAR\\_PARENTE.pdf](http://www.cgeti.ufc.br/monografias/DANTE_AGUIAR_PARENTE.pdf)>. Acesso em: 11 out. 2018.

PILARSKI, André Luis. **Power Line Communications - PLC**. 2015. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3755/1/CT\\_GESER\\_VI\\_2015\\_1.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3755/1/CT_GESER_VI_2015_1.pdf)>. Acesso em: 11 out. 2018.

ROCHA, Nadir Bueno da. **PLC - Internet banda larga via rede elétrica**. 2012. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2369.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2018.

ROSA, Magali da. **Monitoramento de temperatura do motor de aerogeradores de pequeno porte utilizando power line communication - PLC.** 2012. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/49308/000835347.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 dez. 2018.

SANTOS, Tulio Ligneul. **PLC - Power Line Communication.** 2008. Disponível em: <[https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos\\_vf\\_2008\\_2/tulio/index.htm](https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/tulio/index.htm)>. Acesso em: 14 out. 2018.

SILVA, Jair Adriano Lima. **Análise de desempenho de um sistema COFDM para comunicação via rede elétrica.** 2006. Disponível em: <[http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4039/1/tese\\_2351\\_Dissertacao%20de%20Mestrado%20Jair%20Adriano%20Lima%20Silva.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4039/1/tese_2351_Dissertacao%20de%20Mestrado%20Jair%20Adriano%20Lima%20Silva.pdf)>. Acesso em: 29 nov. 2018.

SONEGO, Adriano; RIVEROS, Lilian Joannete Meyer; WONZOSKI, Fabiano de Oliveira. **Estudo sobre comunicação de dados via rede elétrica - PLC.** 2017.

Disponível em:

<<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/apeuv/article/download/15226/7809>>. Acesso em: 28 out. 2018.

TAVEIRA, Danilo Michalczuk. **Redes de Computadores.** 2004. Disponível em: <[https://www.gta.ufrj.br/grad/04\\_1/redesplc/](https://www.gta.ufrj.br/grad/04_1/redesplc/)>. Acesso em: 01 dez. 2018.

VIDAL, Alexandre de Moura. **Estudo do estado da arte e análise de desempenho de sistemas de comunicação PLC de banda larga.** 2005. Disponível em:

<<lcs.ufsc.br/files/2018/03/diss-alexandre-vidal.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2018.

What is Power Line Communication? 2011. Disponível em:

<[https://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1279014&page\\_number=1](https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1279014&page_number=1)>. Acesso em: 27 nov. 2018.

## ANEXOS

### ANEXO A - RESOLUÇÃO 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.

**O CONSELHO DIRETOR DA AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES**, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pelo [art. 22](#) da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, e pelo [art. 35](#) do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações, aprovado pelo Decreto nº 2.338, de 7 de outubro de 1997,

CONSIDERANDO que, de acordo com o disposto no [inciso VIII. do art. 19](#), da Lei nº 9.472, de 1997, cabe à Anatel administrar o espectro de radiofrequências, expedindo as respectivas normas;

CONSIDERANDO que, de acordo com o disposto no [art. 159](#) da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, serão consideradas na destinação das faixas, as atribuições, distribuições e consignações existentes, objetivando evitar interferências prejudiciais;

CONSIDERANDO que, de acordo com o disposto no [art. 160](#) da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, poderá ser restringido o emprego de radiofrequências com o objetivo de regular o uso eficiente do espectro;

CONSIDERANDO as contribuições recebidas em decorrência da Consulta Pública nº 38, de 25 de agosto de 2008, publicada no Diário Oficial da União de 26 de agosto de 2008;

CONSIDERANDO o que consta do processo nº 53500.017793/2008;

CONSIDERANDO deliberação tomada em sua Reunião nº 517, realizada em 2 de abril de 2009,

#### **RESOLVE:**

Art. 1º Aprovar o Regulamento sobre Condições de Uso de Radiofrequências por Sistemas de Banda Larga por meio de Redes de Energia Elétrica (BPL).

Art. 2º Estabelecer que as atualizações quanto ao centro das zonas de proteção e exclusão de estações costeiras e terrestres definidas nos Anexos I, II e III do Regulamento sobre Condições de Uso de Radiofrequências por Sistemas de Banda Larga por meio de Redes de Energia Elétrica, quando solicitadas pelas Forças Armadas ou Órgãos de Segurança, serão realizadas por ato da Superintendência competente para tratar da administração do uso do espectro de radiofrequências, e disponibilizadas na página da Anatel na Internet.

Art. 3º Estabelecer que, caso o funcionamento de estações que utilizem sistemas BPL estiver associado à exploração do serviço de telecomunicações, será necessária a correspondente autorização do Serviço de Comunicação Multimídia ou do Serviço Limitado Privado, bem como o licenciamento das estações que se destinem à:

a) interligação às redes das prestadoras de serviços de telecomunicações; ou

b) interligação a outras estações da própria rede por meio de equipamentos que não sejam de radiação restrita;

Art. 4º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

RONALDO MOTA SARDENBERG

Presidente do Conselho

ANEXO À RESOLUÇÃO Nº 527, DE 8 DE ABRIL DE 2009

## **REGULAMENTO SOBRE CONDIÇÕES DE USO DE RADIOFREQUÊNCIAS POR SISTEMAS DE BANDA LARGA POR MEIO DE REDES DE ENERGIA ELÉTRICA**

### **CAPÍTULO**

#### **DAS DISPOSIÇÕES GERAIS**

Art. 1º Este Regulamento tem por objetivo estabelecer as condições de uso de radiofrequências por sistema de “banda larga por meio de redes de energia elétrica” (BPL), em especial quanto às radiações indesejadas causadas por estes sistemas.

Art. 2º A comunicação a ser estabelecida pelo sistema BPL, confinada nas redes de energia elétrica, somente poderá ocorrer na faixa de radiofrequências de 1,705 MHz a 50 MHz.

Art. 3º Os equipamentos que compõem o sistema BPL serão tratados como equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita e operam em caráter secundário.

#### **CAPÍTULO II**

#### **DAS DEFINIÇÕES**

Art. 4º Para os efeitos deste Regulamento, considera-se:

I - BPL: banda larga por meio de redes de energia elétrica;

II - Faixas de exclusão: faixas de radiofrequências em que os sistemas BPL não poderão emitir sinais;

III - Interferência Prejudicial: qualquer emissão, irradiação ou indução que obstrua, degrade seriamente ou interrompa repetidamente a telecomunicação;

IV - Linha de distribuição de Baixa Tensão (BT): linha de distribuição de energia elétrica com tensão nominal igual ou inferior a 1kV, situada entre os transformadores da rede de distribuição de energia elétrica e as instalações do usuário BPL, podendo ser aérea ou subterrânea;

V - Linha de distribuição de Média Tensão (MT): linha de distribuição de energia elétrica com tensão nominal maior que 1 kV e menor que 69 kV, situada entre as subestações e os transformadores da rede de distribuição de energia elétrica, podendo ser aérea ou subterrânea;

VI - Radiação indesejada: fluxo de energia indesejado liberado sob a forma de ondas de rádio, por uma fonte qualquer;

VII - Rede de distribuição de Baixa Tensão (RBT): conjunto de instalações de distribuição de energia elétrica, com tensão nominal igual ou inferior a 1 kV;

VIII - Rede de distribuição de Média Tensão (RMT): conjunto de instalações de distribuição de energia elétrica, com tensão nominal maior que 1 kV e menor que 69 kV;

IX - Zona de proteção de estações costeiras: compreende a área circunscrita ao círculo de raio de 1 km com centro nas coordenadas geográficas das estações costeiras listadas no [Anexo I](#);

X - Zona de proteção de estações terrestres: compreende a área circunscrita ao círculo de raio de 1 km com centro nas coordenadas geográficas das estações terrestres listadas no [Anexo II](#);

XI - Zona de exclusão de estações terrestres: compreende a área circunscrita ao círculo de raio de 1 km com centro nas coordenadas geográficas das estações terrestres listadas no [Anexo III](#);

XII - Zona de exclusão de presídios: compreende a área restrita aos limites dos estabelecimentos penitenciários.

### CAPÍTULO III

#### DOS REQUISITOS GERAIS

Art. 5º As radiações indesejadas causadas por sistemas BPL, operando na rede de distribuição de Baixa Tensão, devem estar limitadas aos valores descritos na Tabela I.

Tabela I

Limites de radiações indesejadas causadas por sistemas BPL de RBT

Faixa de frequências (MHz)	Intensidade de campo (microvolt por metro)	Distância da Medida (metro)
1,705-30	30	30
30-50	100	3

Art. 6º As radiações indesejadas causadas por sistemas BPL, operando na rede de distribuição de Média Tensão, devem estar limitadas aos valores descritos na Tabela II.

Tabela II

Limites de radiações indesejadas causadas por sistemas BPL de RMT

Faixa de frequências (MHz)	Intensidade de campo (microvolt por metro)	Distância da Medida (metro)
1,705-30	30	30
30-50	90	10

Art. 7º Os sistemas BPL devem possuir as seguintes características técnicas:

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.

#### CAPÍTULO IV

#### DOS REQUISITOS ESPECÍFICOS

Art. 8º A operação do sistema BPL em RMT não poderá provocar radiações indesejadas nas faixas de exclusão listadas na Tabela III, que abrangem faixas de radiofrequências atribuídas ao Serviço Móvel Aeronáutico (R) e Radioamador.

Parágrafo único. As faixas de radiofrequências que vierem a ser atribuídas e destinadas posteriormente ao Serviço Móvel Aeronáutico (R) no segmento do espectro compreendido entre 1,705 MHz e 50 MHz também serão consideradas faixas de exclusão.

Tabela III  
Faixas de Exclusão

Faixa de frequências (MHz)
2,754-3,025
3,400-3,500
4,453-4,700
5,420-5,680
6,525-6,876
6,991-7,300
8,815-8,965
10,005-10,123
11,275-11,400
13,260-13,360
13,927-14,443
17,900-17,970

21,000-21,450
21,924-22,000
28,000-29,700

Art. 9º Dentro das zonas de proteção de estações costeiras deverão ser observados os seguintes critérios:

I - Na faixa de radiofrequências de 2,1735-2,1905 MHz, fica vedada a operação de quaisquer sistemas BPL.

II - Nas faixas de radiofrequências listadas na Tabela IV, atribuídas ao Serviço Móvel Marítimo, os limites de radiação indesejada causada pelos sistemas BPL em RMT devem estar atenuados a um nível de, pelo menos, 10 dB abaixo dos limites especificados nos arts. 5º e 6º deste Regulamento.

Tabela IV  
Faixas de Radiofrequências relativas à zona de proteção de estações costeiras

Faixa de freqüências (MHz)
4,122-4,128
4,177-4,178
4,207-4,208
6,212-6,218
6,268-6,269
6,312-6,313
8,288-8,294
8,364-8,365
8,376-8,377
12,287-12,293
12,520-12,521
12,577-12,578
16,417-16,423
16,695-16,696
19,680-19,681
22,376-22,377
26,100-26,101

Art. 10. Dentro das zonas de proteção de estações terrestres, na faixa de radiofrequências de 1,705 MHz a 30 MHz, fica vedada a operação de quaisquer sistemas BPL.

Art. 11. Dentro das zonas de exclusão de estações terrestres e de presídios, fica vedada a operação de quaisquer sistemas BPL.



Art. 12. As Forças Armadas e/ou os Órgãos de Segurança, quando no cumprimento de suas missões constitucionais, poderão notificar a Anatel sobre a região geográfica e as faixas de radiofrequências que serão utilizadas.

§ 1º A Anatel informará ao operador do sistema BPL, que deverá proceder aos ajustes necessários, imediatamente, para não causar interferências prejudiciais aos sistemas daquelas entidades, incluindo a interrupção do serviço, se for o caso.

§ 2º No caso de interrupção do serviço BPL, por prazo superior a 5 dias, a Anatel poderá, por solicitação do operador do sistema BPL, intermediar e mediar junto às Forças Armadas e/ou Órgãos de Segurança, na busca por uma solução que permita o restabelecimento da porção do serviço BPL que foi interrompido.

§ 3º O não cumprimento do estabelecido no caput implicará, por solicitação das Forças Armadas e/ou Órgãos de Segurança, ações da Anatel, que determinarão novas zonas de exclusão e faixas de radiofrequências onde ficará vedado o uso de sistemas BPL, além das sanções administrativas cabíveis.

## CAPÍTULO V

### DO CONTROLE DO USO DE RADIOFREQUÊNCIAS

Art. 13. Adicionalmente às obrigações provenientes da autorização do serviço de telecomunicação pertinente, a prestadora do serviço de telecomunicações que fizer uso de sistema BPL deve prestar à Anatel, em até 30 dias antes de início de operação comercial, informações necessárias para a criação e manutenção de uma base de dados pública, disponível a quaisquer interessados, atualizando-as na entrada de operação do serviço e sempre que houver alterações, e especialmente:

- I - a identificação da prestadora do serviço de telecomunicações;
- II - o fabricante do equipamento BPL e os dados da estação certificada em utilização;
- III - a latitude e longitude de todas as estações, exceto as estações terminais do usuário;
- IV - o endereço completo, incluindo o CEP, da localidade atendida;
- V - a faixa de radiofrequências de operação do sistema BPL;
- VI - a data prevista para o início da operação;
- VII - a data de entrada em operação; e
- VIII - o contato do operador do sistema em cada localidade, incluindo telefone e correio eletrônico.

Parágrafo único. Os sistemas existentes na data de publicação deste Regulamento terão 30 dias para se adequarem ao estabelecido neste artigo.

Art. 14. Antes do início da operação comercial do sistema BPL, a prestadora do serviço de telecomunicações deverá fornecer às Forças Armadas e Órgãos de Segurança locais, assim como às Associações de Radiodifusão e Radioamadorismo da Unidade da Federação as informações enumeradas nos incisos I, IV, V e VIII do [artigo 13](#) deste Regulamento.

Parágrafo único. Em caso de interferência prejudicial, a entidade afetada deverá notificar a prestadora do serviço de telecomunicações, que se comprometerá a aplicar técnicas adicionais de mitigação de interferências, conforme o [art. 15](#) deste Regulamento.

Art. 15. Se, após o início da operação comercial da estação do sistema BPL, for detectada a existência de alguma interferência prejudicial deverá ser observada:

I - se a estação interferida opera em caráter primário, a estação BPL interferente deverá imediatamente cessar a sua transmissão e proceder aos ajustes necessários para eliminar a interferência;

II - se a estação interferida também opera em caráter secundário, os interessados devem proceder à coordenação de uso das radiofrequências de forma a eliminar as interferências.

## CAPÍTULO VI

## DAS DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS E FINAIS

Art. 16. Os equipamentos que compõem o sistema BPL devem:

I - possuir certificação expedida ou aceita pela Anatel, de acordo com a regulamentação vigente;

II - atender às normas cabíveis, referentes ao sistema elétrico, expedidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Art. 17. Os sistemas existentes até a data de publicação deste Regulamento, em desacordo com o aqui estabelecido, podem continuar em operação até 30 de junho de 2010, após o que deverão cessar sua operação.

Art. 18. A Anatel definirá critérios, procedimentos e sistemas específicos que permitam aos interessados prover o cadastramento previsto no [art. 13](#) deste Regulamento.

Parágrafo único. Até que tais critérios, procedimentos e sistemas sejam especificados, as operadoras deverão armazenar as informações relacionadas no [art. 13](#) para acesso pela Anatel, quando solicitado.

### Anexo I

#### Centro das Zonas de Proteção de Estações Costeiras

CIDADE	UF	Coordenadas Geográficas	
		LATITUDE	LONGITUDE
Arraial do Cabo	RJ	22S5655	42W0140
Belém	PA	01S2341	48W2927
Belém	PA	01S2752	48W3016
Belém	PA	01S2346	48W2644
Belém	PA	01S2701	48W2918
Brasília	DF	15S4707	47W5130
Brasília	DF	15S5947	47W5356
Cabo Frio	RJ	22S4258	42W0017
Duque de Caxias	RJ	22S4813	43W1727
Itajaí	SC	27S0435	48W4620
Ladário	MS	19S0014	57W5357
Manaus	AM	03S0818	60W0130
Manaus	AM	03S0827	60W0122
Manaus	AM	03S0616	59W5416
Natal	RN	05S4730	35W1313
Natal	RN	05S4732	35W1152
Niterói	RJ	22S5305	43W0758
Parnamirim	RN	05S5155	35W1618
Recife	PE	08S0604	35W0118
Rio de Janeiro	RJ	22S4645	43W0916

Rio de Janeiro	RJ	22S5226	43W0806
Rio de Janeiro	RJ	22S5357	43W1037
Rio de Janeiro	RJ	22S4937	43W1106
Rio de Janeiro	RJ	22S5451	43W1701
Rio de Janeiro	RJ	23S0000	43W3622
Rio Grande	RS	32S0150	52W0454
Rio Grande	RS	32S0824	52W0616
Rio Grande	RS	32S0202	52W0420
Rio Grande	RS	32S0823	52W0625
Rio Grande	RS	32S0349	52W0837
Salvador	BA	12S4830	38W2947
Salvador	BA	12S5827	38W3055
São Gonçalo	RJ	22S5045	43W0608
São Pedro da Aldeia	RJ	22S4927	42W0532

### Anexo II

#### Centro das Zonas de Proteção de Estações Terrestres

CIDADE	UF	Coordenadas Geográficas	
		LATITUDE	LONGITUDE
Rio de Janeiro	RJ	225403S	431128W
Rio de Janeiro	RJ	225032S	432328W
Rio de Janeiro	RJ	225319S	432408W
São Paulo	SP	233500S	463848W
São Paulo	SP	232854S	465230W
Porto Alegre	RS	300327S	511206W
Porto Alegre	RS	300353S	511305W
Belo Horizonte	MG	214444S	432130W
Curitiba	PR	252535S	491618W
Salvador	BA	125841S	383058W
Recife	PE	080642S	345410W
Belém	PA	012140S	482739W
Campo Grande	MS	202700S	543600W
Campo Grande	MS	202800S	543800W

Fortaleza	CE	034327S	383137W
Brasília	DF	154618S	475508W
Manaus	AM	030406S	600502W

### Anexo III

#### Centro das Zonas de Exclusão de Estações Terrestres

CIDADE	UF	Coordenadas Geográficas	
		LATITUDE	LONGITUDE
Brasília	DF	154243,10S	474980,92W
Brasília	DF	154253,63S	474930,46W
Brasília	DF	154236,23S	474856,93W
Brasília	DF	154243,58S	474846,61W
Campo Grande	MS	202746,72S	543812,51W
Manaus	AM	030447,26S	600442,39W
Porto Alegre	RS	300958,1S	511230,0W

Republica, com alterações, o Regulamento sobre Condições de Uso da Faixa de Radiofrequências de 3,5 GHz.

**O CONSELHO DIRETOR DA AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES - ANATEL**, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pelo [art. 22](#) da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, e [art. 35](#) do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações, aprovado pelo Decreto nº 2.338, de 7 de outubro de 1997,

CONSIDERANDO o disposto no inciso VIII do [art. 19](#) da Lei nº 9.472, de 1997, cabe à Anatel administrar o espectro de radiofrequências, expedindo as respectivas normas;

CONSIDERANDO a competência da Anatel para regular a utilização eficiente e adequada do espectro, restringindo o emprego, ou modificando a destinação de determinadas radiofrequências ou faixas;

CONSIDERANDO o fato do espectro de radiofrequências ser um bem público e escasso, administrado pela Agência;

CONSIDERANDO a necessidade de otimizar o uso das faixas de radiofrequências;

CONSIDERANDO a necessidade de adequar o uso das referidas faixas de radiofrequências à evolução tecnológica;

CONSIDERANDO a deliberação da última Conferência Mundial de Radiocomunicação - CMR, ocorrida no ano 2007, que identificou essa faixa para o uso, em aplicações móveis IMT –International Mobile Telecommunications, em diversos países;

CONSIDERANDO a necessidade de estímulo à tecnologia e à indústria nacionais, fomentando a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) visando o desenvolvimento de soluções tecnológicas para a promoção da inclusão digital no Brasil;

CONSIDERANDO as contribuições recebidas em decorrência da Consulta Pública nº 54, de 3 de novembro de 2008, publicada no Diário Oficial da União de 4 de novembro de 2008;

CONSIDERANDO o que consta do processo nº 53500.007846/2008; e

CONSIDERANDO deliberação tomada em sua Reunião nº 550, realizada em 2 de fevereiro de 2010;

#### **RESOLVE:**

Art. 1º Atribuir a Faixa de Radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz adicionalmente ao Serviço Móvel, em caráter primário.

Art. 2º Manter a destinação da Faixa de Radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz, em caráter primário, para prestação do Serviço de Comunicação Multimídia - SCM e do Serviço Telefônico Fixo Comutado – STFC.

Art. 3º Destinar, adicionalmente, a Faixa de Radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz, em caráter primário, para prestação do Serviço Móvel Pessoal - SMP.

Art. 4º Destinar, adicionalmente, a Subfaixa de Radiofrequências de 3.400 MHz a 3.410 MHz, em caráter primário, para prestação do Serviço Limitado Privado - SLP, para utilização direta ou indiretamente por órgãos ou entidades da Administração Pública direta ou indireta do Governo Federal, Estadual ou Municipal, com a finalidade de promover a inclusão digital, mediante autorização do SLP, não aberto à correspondência pública, de forma gratuita.

§ 1º Na utilização da Subfaixa definida no **caput**, as instituições públicas poderão contratar com terceiros o desenvolvimento de atividades inerentes, acessórias ou complementares ao serviço, bem como a implementação de projetos associados, observado o que segue:

I - Em qualquer caso, a instituição pública continuará sempre responsável perante a Agência e os usuários.

II - Serão regidas pelo direito comum as relações da instituição pública com os terceiros, que não terão direitos frente à Agência.

~~§ 2º As instituições públicas que implementarem sistemas na Subfaixa definida no **caput** deverão disponibilizar suas redes a outras instituições públicas interessadas em implementar projetos que visem a promoção da inclusão digital, mediante estabelecimento de acordo de utilização entre as partes. (Revogado pela Resolução nº 703, de 01 de novembro de 2018)~~

§ 3º A Subfaixa definida no **caput** somente poderá ser utilizada para prestação dos demais serviços para os quais está destinada por entidades que não estejam caracterizadas conforme o disposto no **caput**, quando houver manifesto desinteresse daquelas na prestação do SLP nos termos estabelecidos neste artigo, verificado pela não utilização dessas Subfaixas no período de 5 anos após a aprovação deste Regulamento.

Art. 5º Permitir o uso da Subfaixa de Radiofrequências de 3.400 MHz a 3.410 MHz por qualquer empresa, para prestação do SLP, em caráter secundário, para utilização em aplicações localizadas em ambiente marítimo, observado afastamento mínimo de 50 km da costa brasileira.

Art. 6º Republicar, com alterações, o Regulamento sobre Condições de Uso da Faixa de Radiofrequências de 3,5 GHz, aprovado pela Resolução nº 416, de 14 de outubro de 2005, publicada no Diário Oficial da União de 18 de outubro de 2005, na forma do Anexo a esta Resolução.

Art. 7º Manter a determinação de não mais outorgar autorização de uso de radiofrequência e de não licenciar nova estação ou consignar nova radiofrequência a estações já licenciadas na Faixa de Radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz para sistemas do Serviço Auxiliar de Radiodifusão e Correlatos - SARC, Especial de Repetição de Televisão - RpTV e Especial de Circuito Fechado de Televisão com Utilização de Radioenlace - CFTV, operando de acordo com as condições de uso estabelecidas na Resolução nº 82 – Anatel, de 30 de dezembro de 1998, e no respectivo Regulamento.

Art. 8º Revogar a [Resolução nº 416, de 14 de outubro de 2005](#), publicada no Diário Oficial da União de 18 de outubro de 2005.

Art. 9º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

RONALDO MOTA SARDENBERG

Presidente do Conselho

ANEXO À RESOLUÇÃO Nº 537, DE 17 DE FEVEREIRO DE 2010

## **REGULAMENTO SOBRE CONDIÇÕES DE USO DA FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS DE 3,5 GHz**

### **CAPÍTULO I**

#### **DAS DISPOSIÇÕES GERAIS**

Art. 1º Este Regulamento tem por objetivo estabelecer a canalização e as condições de uso da faixa de radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz, por sistemas digitais de radiocomunicação dos serviços fixos, em aplicações ponto-multiponto, e móveis, conforme definido no Regulamento de Radiocomunicações da UIT (S1.20 e S1.24).

Parágrafo único. A faixa de radiofrequências estabelecida no **caput** poderá ser empregada para uso de enlaces ponto-a-ponto para suporte de sistemas ponto-multiponto, entre estações nodais desses sistemas, de forma a permitir a operação sincronizada entre os mesmos sem a ocorrência de interferência.

Art. 2º A exploração industrial da capacidade excedente dos sistemas objeto deste regulamento poderá ser efetuada pelas detentoras de autorização de uso das respectivas radiofrequências, nos termos da regulamentação a ser editada pela Anatel.

### **CAPÍTULO II**

#### **DA FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS**

Art. 3º A faixa de radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz deve ser utilizada por sistemas que empreguem tecnologia onde a mesma portadora é utilizada na transmissão da estação da prestadora para a estação do usuário, e no sentido inverso (TDD).

§ 1º Os sistemas que operam em desacordo com o estabelecido no **caput** terão um prazo de 3 (três) anos a partir da data de publicação desse regulamento para serem adaptados.

§ 2º A Anatel poderá rever o estabelecido nesse artigo, de acordo com a evolução das tecnologias que operam nessa faixa, inclusive com a definição de blocos específicos para transmissão da estação nodal para a estação terminal e para transmissão da estação terminal para a estação nodal (FDD), com respectivo prazo adequado e razoável para adaptação, caso seja necessário.

Art. 4º A faixa de radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz é dividida em blocos conforme consta na [Tabela 1](#) do Anexo.

§ 1º No processo de autorização das subfaixas descritas na [Tabela 1](#) do Anexo, deverá ser considerada a evolução dos sistemas móveis, em particular as evoluções futuras dos sistemas autorizados em decorrência da [Resolução nº 454, de 11 de dezembro de 2006](#), ou outra que venha a substituí-la.

§ 2º A uma mesma Prestadora, sua coligada, controlada ou controladora, em uma mesma área de prestação de serviço, somente serão autorizadas as subfaixas de radiofrequências da [Tabela 1](#) do Anexo, até o limite máximo total de 45 MHz.

### CAPÍTULO III DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Art. 5º A potência entregue à antena pelo transmissor de uma estação nodal deve ser a mínima necessária à realização do serviço com boa qualidade e adequada confiabilidade e deve estar limitada a 30 Watts (W) para os sistemas fixos e para os sistemas móveis.

§ 1º Na subfaixa de radiofrequências de 3.400 MHz a 3.550 MHz a potência será limitada a 4 W durante 5 (cinco) anos a partir da publicação deste Regulamento, após o que poderá ser adotado o limite especificado no **caput**.

§ 2º Na subfaixa de radiofrequências de 3.550 MHz a 3.600 MHz, a potência será limitada a 2 W durante 5 (cinco) anos a partir da publicação deste Regulamento, após o que poderá ser adotado o limite especificado no **caput**.

§ 3º Na subfaixa de radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz, durante o período estabelecido nos parágrafos 1º e 2º, poderão ser utilizados valores de potência superiores aos especificados, observado o limite estabelecido no **caput**, desde que seja demonstrada a convivência harmônica com sistemas que operem na faixa de radiofrequências de 3.625 MHz a 4.200 MHz.

Art. 6º A potência *e.i.r.p.* de uma estação terminal deve ser a mínima necessária à realização do serviço com boa qualidade e adequada confiabilidade e deve estar limitada a 33 dBm para os sistemas fixos e para os sistemas móveis.

Art. 7º A utilização de potências de transmissão inferiores ao máximo permitido, associada ao uso de antenas de maior ganho, deve ser sempre um dos objetivos do projeto.

Art. 8º As estações terminais devem utilizar antenas com características de desempenho não inferiores às estabelecidas em Regulamentação adotada pela Anatel, referente às características mínimas de radiação de antenas.

Art. 9º Nas estações nodais, devem ser usadas antenas setoriais que cubram estritamente as áreas geográficas das estações terminais a elas relacionadas.

Parágrafo único. A Anatel poderá autorizar o uso de antenas omnidirecionais, desde que devidamente justificado por meio de parecer contendo análise técnica e econômica.

Art. 10. Podem ser utilizadas antenas com polarização linear (vertical ou horizontal) ou polarização circular (à esquerda ou à direita).

Parágrafo único. Para ambas as polarizações podem ser utilizados arranjos com polarizações cruzadas (ou inversas) para canais de radiofrequências adjacentes ou ambas as polarizações para um mesmo canal de radiofrequência, sendo que neste último caso em cada polarização devem ser transmitidas informações diferentes.

Art. 11. O nível de emissão de sinais espúrios fora da faixa de transmissão deve ser menor que -26 dBm para frequências entre 30 MHz e 12,75 GHz.

Parágrafo único. A faixa de resolução para a medida de emissão de espúrios é a constante da Tabela 2 a seguir.

Tabela 2: Faixa de resolução para medida de emissão de espúrios

Afastamento em relação aos limites da faixa destinada para Transmissão (A) – MHz	Faixa de resolução
$A \leq 5$	30 kHz
$5 < A \leq 10$	100 kHz

10 < A ? 20	300 kHz
20 < A ? 30	1 MHz
A > 30	3 MHz

Art. 12. O nível máximo de emissão de espúrios nas faixas de 54 MHz a 118 MHz, 174 MHz a 230 MHz e 470 MHz a 862 MHz deve ser de -47 dBm, medido numa faixa de resolução de 100 kHz.

Art. 13. A emissão de sinais espúrios fora da faixa de transmissão quando o transmissor estiver inativo deve ser menor que -47 dBm, em qualquer frequência dentro dos limites de 100 kHz e 12,75 GHz, com uma faixa de resolução de 100 kHz.

#### **CAPÍTULO IV DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE USO**

Art. 14. Os sistemas autorizados a operar, de acordo com o estabelecido neste Regulamento, devem possuir relação entre a capacidade de transmissão (Mbit/s) da estação nodal e a largura de faixa ocupada (MHz) de, no mínimo, 1,14 por setor.

Art. 15. A autorização do uso das subfaixas definidas em conformidade com o estabelecido neste Regulamento, ocorrerá de forma agregada, respeitado o limite mínimo de 10 MHz, conforme [Tabela 1](#) do Anexo.

Art. 16. A ocupação das subfaixas de radiofrequências de cada bloco ou agregado de blocos deve ser iniciada sempre da região central do bloco ou agregado para as suas extremidades.

#### **CAPÍTULO V DAS CONDIÇÕES DE COMPARTILHAMENTO**

Art. 17. A Anatel somente fará a consignação das radiofrequências à prestadora de serviços de telecomunicações que operar sistemas em conformidade com o Capítulo II deste Regulamento, quando essa prestadora apresentar documento comprovando a coordenação prévia com as demais que operem:

I - em um mesmo bloco ou em blocos adjacentes em área geográfica limítrofes; e

II - em blocos adjacentes em uma mesma área geográfica.

§ 1º Para efeito deste Regulamento, entende-se como coordenação prévia a atividade que consiste em acordar valores para parâmetros considerados necessários para garantir a convivência entre sistemas operando nas formas dispostas nos incisos I e II do **caput** deste artigo;

§ 2º Os sistemas que estejam operando de acordo com os incisos I e II do **caput** deste artigo deverão estar sincronizados na mesma referência de relógio.

§ 3º A eventual necessidade de faixa de guarda entre os blocos adjacentes, utilizados pelas entidades autorizadas em uma mesma área geográfica ou em áreas distintas, deve ser considerada como parâmetro de coordenação e definida dentro do respectivo bloco de radiofrequências autorizado.

§ 4º Caso a coordenação prévia não seja possível de ser realizada em função de alguns desses blocos não terem sido ainda objeto de autorização pela Anatel, a prestadora do serviço deverá apresentar, além do documento mencionado no **caput** deste artigo, com as operadoras existentes, termo garantindo que a operação de seu sistema não causará interferência prejudicial aos sistemas que operarem conforme incisos I e II do **caput** deste artigo;

§ 5º Quando se esgotarem todas as possibilidades de acordo entre as partes envolvidas no processo de coordenação prévia, mencionada neste Capítulo, a Anatel, por provocação de uma das partes, arbitrará as condições de compartilhamento.

#### **CAPÍTULO VI DAS DISPOSIÇÕES FINAIS**

Art. 18. O processo de autorização das Subfaixas objeto desse Regulamento deverá considerar a necessidade de estimular a participação das Microempresas e das Empresas de Pequeno Porte, caracterizadas de acordo com a Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006, ou outra que venha a ser editada em substituição, por meio do estabelecimento de condições específicas adequadas ao porte dessas empresas.

Art. 19. Na hipótese de não utilização das Subfaixas 1 e 2 da [Tabela 1](#) do Anexo, prevista no [§ 3º do art. 4º da Resolução](#) que aprova este Regulamento, as entidades citadas no artigo anterior terão direito de preferência no respectivo processo de autorização resultante.



Art. 20. O processo de autorização disciplinará deveres e obrigações para realização de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), com ênfase em projetos de desenvolvimento de sistemas de acesso banda larga sem fio, para fins de implementação de políticas públicas de inclusão digital no País.

Parágrafo único. As empresas vencedoras do processo de autorização e que se enquadrarem no porte das empresas caracterizadas de acordo com a Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006, poderão ser desobrigadas da realização dos investimentos previstos no **caput**, nos termos a serem definidos no respectivo processo.

Art. 21. Sistemas em operação na faixa de radiofrequências de 3.400 MHz a 3.600 MHz, regularmente autorizados, e cuja operação esteja em desacordo com o estabelecido neste Regulamento, poderão continuar em operação em caráter primário por 3 (três) anos, a partir da publicação deste Regulamento, após o que passarão a operar em caráter secundário.

Art. 22. Caso venha a ser necessária a substituição de algum sistema já autorizado, durante o período em que estejam operando em caráter primário, os custos dessa substituição deverão ser arcados pelo interessado.

§ 1º A substituição mencionada no **caput** deste artigo, para a desocupação das radiofrequências, será obrigatório, sendo que o prazo, a tecnologia e, eventualmente, a definição da nova faixa de radiofrequências a ser ocupada devem ser objeto de negociação entre a atual usuária e a interessada no uso.

§ 2º Quando se esgotarem todas as possibilidades de acordo entre as partes envolvidas, a Anatel, por provocação de uma das partes, arbitrará as condições da substituição.

Art. 23. O uso ineficiente das subfaixas de radiofrequências objeto deste Regulamento implicará na extinção da autorização de uso de radiofrequência, da subfaixa integral ou de parte dela, sem ônus para a Anatel.

Parágrafo único. Os critérios para avaliação de uso eficiente e adequado do espectro serão objeto de regulamentação específica.

Art. 24. As estações devem ser licenciadas e os equipamentos de radiocomunicações, inclusive os sistemas radiantes, devem possuir certificação expedida ou aceita pela Anatel, de acordo com a regulamentação vigente.

Art. 25. Para a prestação do SMP exclusivamente, a certificação dos equipamentos que utilizam a faixa objeto desse Regulamento poderá ser realizada sem as obrigações constantes no item 10 do Anexo à Resolução nº 492, de 19 de fevereiro de 2008, ou outra que venha a substituí-la.

Art. 26. A Anatel poderá determinar alteração dos requisitos estabelecidos neste Regulamento, inclusive para os sistemas em operação, com a finalidade de otimizar o uso do espectro de radiofrequências.

Art. 27. Estabelecer que, em virtude da necessidade de garantir a convivência harmônica com sistemas que operem em subfaixas adjacentes à faixa 3.600 MHz a 4.200 MHz, poderão ser determinadas, a partir da publicação deste Regulamento, condições específicas para seu uso.

**Tabela 1**  
**Blocos das Subfaixas de Radiofrequências**

Subfaixa	Canalização (MHz)
1	3400 a 3405
2	3405 a 3410
3	3410 a 3415
4	3415 a 3420
5	3420 a 3425
6	3425 a 3430
7	3430 a 3435

8	3435 a 3440
9	3440 a 3445
10	3445 a 3450
11	3450 a 3455
12	3455 a 3460
13	3460 a 3465
14	3465 a 3470
15	3470 a 3475
16	3475 a 3480
17	3480 a 3485
18	3485 a 3490
19	3490 a 3495
20	3495 a 3500
21	3500 a 3505
22	3505 a 3510
23	3510 a 3515
24	3515 a 3520
25	3520 a 3525
26	3525 a 3530
27	3530 a 3535
28	3535 a 3540
29	3540 a 3545
30	3545 a 3550
31	3550 a 3555
32	3555 a 3560
33	3560 a 3565
34	3565 a 3570
35	3570 a 3575
36	3575 a 3580
37	3580 a 3585
38	3585 a 3590
39	3590 a 3595

40	3595 a 3600
----	-------------