UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Engenharia Elétrica

NADIR BUENO DA ROCHA

PLC - INTERNET BANDA LARGA VIA REDE ELÉTRICA

Itatiba – São Paulo – Brasil

Dezembro de 2012

NADIR BUENO DA ROCHA – R.A. 002200600905

PLC - INTERNET BANDA LARGA VIA REDE ELÉTRICA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Orientador: Profº D.r. Washington Luiz Alves Corrêa

Itatiba – São Paulo – Brasil

Dezembro de 2012

NADIR BUENO DA ROCHA

PLC - INTERNET BANDA LARGA VIA REDE ELÉTRICA

Monografia apresentada para banca examinadora em 03 de dezembro de 2012 do curso de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do titulo de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Data de Aprovação: 03/12/2012

Banca Examinadora:

Profº D.r. Washington Luiz Alves Corrêa (Orientador)
USF – Universidade São Francisco – Itatiba – SP.

Profª D.ra. Annete S. Faesarella (Examinadora)
USF – Universidade São Francisco – Itatiba – SP.

Engº Daniel Brandão Nichele (Examinador)
Dynamic Air – Nazaré Paulista - SP

Saímos pelo mundo em busca de nossos sonhos e ideais. Muitas vezes colocamos nos lugares inacessíveis o que está ao alcance das mãos.

(Paulo Coelho)

A meus pais Durvalino e Maria, sem os quais não chegaria até aqui.

A meus irmãos e amigos, que durante toda esta caminhada, sempre me incentivaram e me apoiaram.

Sou eternamente grato a todos.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter colocado em minha vida pessoas tão especiais que me ajudaram atingir esse objetivo.

Agradeço à minha família pelo incentivo e apoio em todos os momentos passados juntos. Em especial à memória do meu pai, Durvalino da Silva, que me ensinou todos os valores morais e éticos, que me tornaram o homem que hoje sou.

Agradeço ao Profº Washington que aceitou o convite de orientador e contribuiu desde o início da proposta do presente trabalho.

Sumário

Lista de Siglas ..... **ix**

Lista de Tabelas ..... **x**

Lista de Figuras ..... **xi**

RESUMO ..... **xiii**

ABSTRACT ..... **xiv**

1 INTRODUÇÃO **15**
1.1 Objetivos 15
1.2 Justificativas 16

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **17**
2.1 A internet no Brasil 17
2.1.1 Infraestrutura brasileira 17
2.1.2 Posse de computadores nos domicílios brasileiros 18
2.1.3 Posse de internet nos domicílios brasileiros 21
2.1.3.1 Tipos de Conexão 25
2.1.3.2 Velocidade da internet nos domicílios brasileiros 31
2.1.3.3 Motivos para falta de internet nos domicílios brasileiros 35
2.2 A energia elétrica no Brasil 36
2.2.1 Posse de energia elétrica nos domicílios brasileiros 37
2.2.1.1 Distribuição de energia elétrica por região 38

3 METODOLOGIA **40**
3.1 Funcionamento básico 40
3.1.1 Funcionamento 43
3.1.2 Equipamentos 43
3.1.2.1 Transporte 44
3.1.2.2 Acoplador 44
3.1.2.3 Repetidor 45
3.1.2.4 Modem PLC 45
3.1.3 Camadas 47
3.1.4 Modulação 48
3.1.5 Padrões 49
3.1.6 Frequências 49
3.2 PLC no Mundo 50
3.3 PLC no Brasil 51
3.4 Interferência do sinal 51
3.5 Regulamentação no Brasil 53
4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS 54

Anexo A - Resolução Normativa Nº 375 – ANEEL..... 55

Referências Bibliográficas..... 59

Lista de Siglas

PLC	*Power Line Communication*
CGI.br	*Comitê Gestor da Internet no Brasil*
IBGE	*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*
TIC	*Tecnologia de Informação e Comunicação*
ONU	*Organização das Nações Unidas*
ITU-D	*Telecommunication Development Sector*
CENELEC	*European Committee for Electrotechnical Standardization*
ARIB	*Association of Radio industries & Businesses*
EPRI	*Eletric Power Research Institute*
FCC	*Federal Communications Commission*
IPEA	*Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*
PNBL	*Plano Nacional de Banda Larga*

Lista de Tabelas

TABELA 1 - **CLASSIFICAÇÃO CONFORME TAXA DE DADOS.** 48
TABELA 2 - **TÉCNICAS DE MODULAÇÃO UTILIZADAS NA PLC.** 48
TABELA 3 - **PADRÕES E ESPECIFICAÇÕES PLC.** 49
TABELA 4 - **FAIXAS DE FREQUÊNCIAS PARA PLC.** 50

Lista de Figuras

FIGURA 1 – GRÁFICO DA POSSE DE COMPUTADORES POR DOMÍCILIO NO MUNDO EM 2008. 16
FIGURA 2 – GRÁFICO DA POSSE DE COMPUTADORES DE ACORDO COM A RENDA POR DOMICÍLIO NO BRASIL. 17
FIGURA 3 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM COMPUTADORES NA ZONA RURAL E URBANA NO BRASIL. 17
FIGURA 4 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM COMPUTADORES POR REGIÃO NO BRASIL. 18
FIGURA 5 – GRÁFICO SOBRE OS MOTIVOS DOS BRASILEIROS EM NÃO POSSUIR COMPUTADOR. 19
FIGURA 6 – GRÁFICO DA POSSE DE INTERNET POR DOMÍCILIO NO MUNDO EM 2008. 20
FIGURA 7 – GRÁFICO DA POSSE DE INTERNET DE ACORDO COM A CLASSE SOCIAL NO BRASIL. 21
FIGURA 8 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET NA ZONA RURAL E URBANA NO BRASIL. 21
FIGURA 9 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET POR REGIÃO NO BRASIL. 22
FIGURA 10 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET DISCADA NA ZONA RURAL E URBANA NO BRASIL. 23
FIGURA 11 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET BANDA LARGA FIXA NA ZONA RURAL E URBANA NO BRASIL. 24
FIGURA 12 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET BANDA LARGA MÓVEL NA ZONA RURAL E URBANA NO BRASIL. 25
FIGURA 13 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET DISCADA POR REGIÃO BRASILEIRA. 26
FIGURA 14 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET BANDA LARGA FIXA POR REGIÃO BRASILEIRA 27
FIGURA 15 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET BANDA LARGA MÓVEL POR REGIÃO BRASILEIRA. 28
FIGURA 16 – GRÁFICO SOBRE O NÚMERO DE DOMICÍLIOS COM INTERNET BANDA LARGA FIXA CONFORME CLASSE SOCIAL NO BRASIL.. 29
FIGURA 17 – GRÁFICO SOBRE A VELOCIDADE DE CONEXÃO DOS BRASILEIROS. 32
FIGURA 18 – GRÁFICO SOBRE A VELOCIDADE DE CONEXÃO DOS BRASILEIROS CONFORME ZONA RURAL E URBANA. 33

FIGURA 19 – GRÁFICO SOBRE A VELOCIDADE DE CONEXÃO DOS BRASILEIROS CONFORME REGIÕES DO BRASIL. 34
FIGURA 20 – GRÁFICO SOBRE OS MOTIVOS DA FALTA DE INTERNET NOS DOMICÍLIOS QUE POSSUEM COMPUTADORES NOS BRASIL 35
FIGURA 21 – GRÁFICO SOBRE OS 3 MAIORES MOTIVOS DA FALTA DE INTERNET NA ZONA RURAL E URBANA DO BRASIL. 36
FIGURA 22 – GRÁFICO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS REGIÕES BRASILEIRAS. 38
FIGURA 23 – GRÁFICO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA ZONA RURAL E URBANA DO BRASIL. 39
FIGURA 24 – COMUNICAÇÃO WIRELESS. 41
FIGURA 25 – COMUNICAÇÃO ETHERNET 41
FIGURA 26 – COMUNICAÇÃO POR LINHA TELEFONICA 42
FIGURA 27 – COMUNICAÇÃO POR REDE ELÉTRICA 42
FIGURA 28 – SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. 44
FIGURA 29 – DESENHO DE UM MODEM CONECTANDO À TOMADA E AO COMPUTADOR. 46
FIGURA 30 – ESCOPO DE UMA REDE BANDA LARGA UTILIZANDO A TECNOLOGIA PLC. 47
FIGURA 31 – FREQUÊNCIAS DE OPERAÇÃO. 52
FIGURA 32 – ENERGIA ELÉTRICA X INTERNET BANDA LARGA. 54

RESUMO

Esta monografia apresenta um estudo no segmento de inclusão digital, através da distribuição de internet banda larga a toda população, utilizando como meio de transporte a infraestrutura da rede elétrica. Nos primeiros tópicos serão abordados dados sobre o perfil dos domicílios brasileiros, estudando minuciosamente tipos de acesso e tecnologias presentes. Nos tópicos seguintes abordaremos arquiteturas e equipamentos existentes para implantação da PLC, analisando segurança na transmissão dos dados, possíveis interferências, viabilidade, aplicações e por fim normas e padrões regulamentadores.

Palavras-chaves: inclusão digital, internet banda larga, rede elétrica, PLC.

ABSTRACT

This monograph presents a study on the segment of digital inclusion, through the distribution of broadband internet to the entire population, using as transportation infrastructure of the power grid. In the first topics will be addressed data on the profile of Brazilian households, studying minutely types of access and technologies present. We will discuss the following topics existing architectures and equipment for deployment of PLC, analyzing security in data transmission, possible interferences, viability, applications and ultimately regulatory norms and standards.

Keywords: digital inclusion, broadband internet, electricity, PLC

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o principal meio de comunicação mundial é a internet, sendo considerada a mais importante ferramenta de acesso e disseminação à informação, seja para trabalho, entretenimento, comunicação, difusão cultural, etc. [1]

Com sua popularização, nas últimas décadas, a demanda e necessidade de redes que possam oferecer e suportar os serviços de telecomunicações em altas velocidades e com qualidade só tende a crescer. [1]

Para suprir essa exigência do mercado, existe a necessidade do desenvolvimento de novas redes e tecnologias de comunicações acessíveis, uma vez que do ponto de vista econômico, a expectativa é de grandes receitas para o setor. [1]

Porém um dos grandes empecilhos existente para a ampla disseminação do acesso à Internet no Brasil é, sem dúvida, a falta de um meio de transmissão de dados de baixo custo que possa atingir de forma global todas as residências. [1]

A tecnologia PLC (Power Line Communication) se encaixa perfeitamente nesse cenário promissor, uma vez que os dados são transmitidos através da infraestrutura da rede elétrica, segundo estudo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, presente em 98% das residências brasileiras.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivos principais estudar a inclusão da internet nos lares brasileiros e evidenciar o grande potencial que temos para distribuir o serviço de banda larga a toda população, numa infraestrutura já existente, sem a necessidade de altos investimentos para suprir essa carência.

1.2 Justificativas

Por ainda se tratar de uma tecnologia pouca difundida, devido ao fato de ir contra os interesses econômicos de grandes companhias de telecomunicações, a PLC se encontra em fase de estudos e testes no Brasil, o que impossibilita coleta de dados e resultados práticos para apresentação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A internet no Brasil

Acredita-se, que assim como a energia elétrica foi a grande responsável pelo desenvolvimento e evolução da humanidade no século passado, a Internet será a grande responsável por essa continuidade no século XXI.

Para se analisar a Internet, primeiro é necessário expor os diferentes acessos às tecnologias de informação e comunicação (TIC) predominante no país. [2]

Buscar conhecer a infraestrutura tecnológica, o perfil do usuário brasileiro, assim como os impactos sociais, econômicos e culturais decorrentes do seu uso, nos permite compreender e analisar com mais precisão a importância da internet para o desenvolvimento e inclusão digital. [2]

2.1.1 Infraestrutura brasileira

Utilizados como padrões de referência para se analisar a infraestrutura tecnológica de um país pela ONU, os seguintes índices por residência precisam ser conhecidos: percentual da população conectada à Internet, número de telefones (fixos/móveis), quantidade estimada de computadores e número de aparelhos de televisores. [2]

A televisão e o rádio já se encontram praticamente em todos os lares brasileiros e podem ser considerados como tecnologias universais. [2]

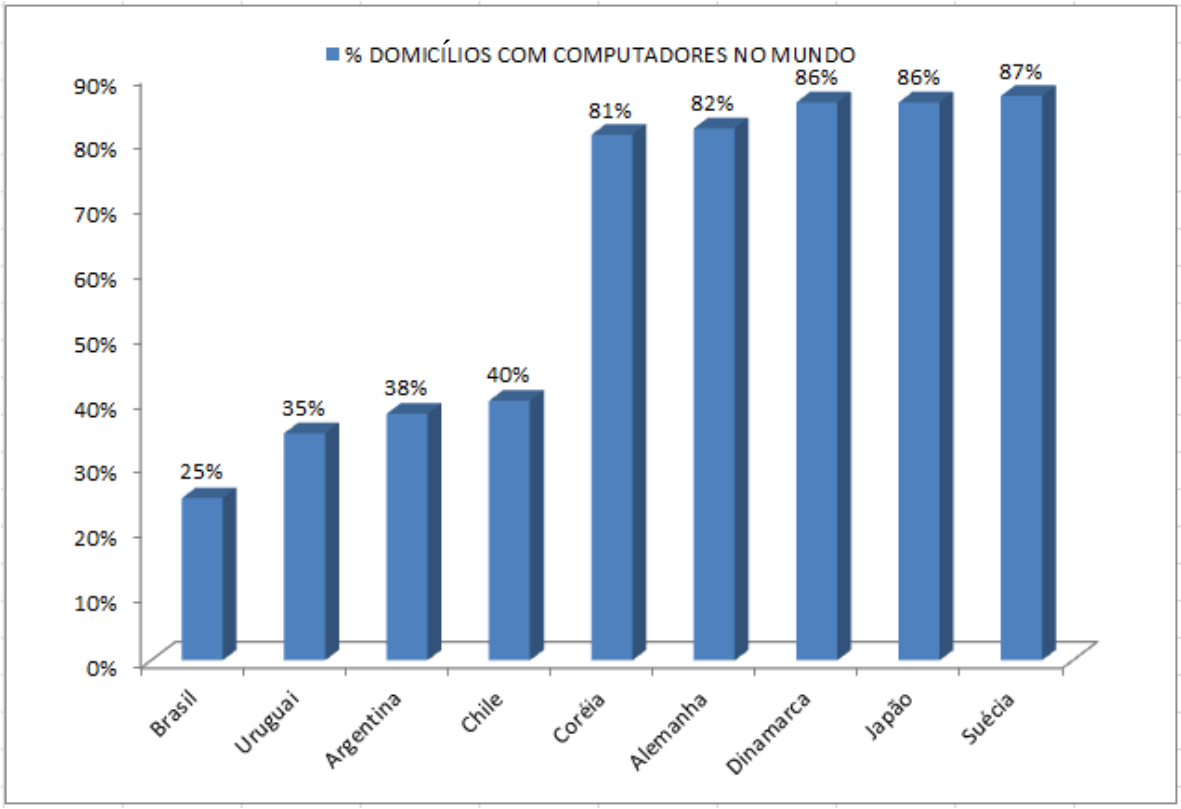
Já o computador e a Internet ainda têm muito a avançar para que se obtenham indicadores desejáveis em nível global. [2]

2.1.2 Posse de computadores nos domicílios brasileiros

Pesquisa públicada pela ITU-D, em 2008, já nos mostravam dados alarmantes sobre a posse de computadores nos domicílios brasileiros. [2]

Os resultados comparados a outros países na América do Sul evidenciaram a necessidade de melhorias na distribuição da tecnologia.

Quando comparado com os padrões Europeus e Asiáticos, os resultados foram mais alarmantes, observando-se que na maioria desses países os índices estavam próximos dos níveis desejados para total inclusão dessa tecnologia.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 1: Gráfico da posse de computadores por domícilio no mundo em 2008.

Pesquisa realizada pela CGI.br em 2010, nos mostraram um crescimento do número de domicílios com computadores.

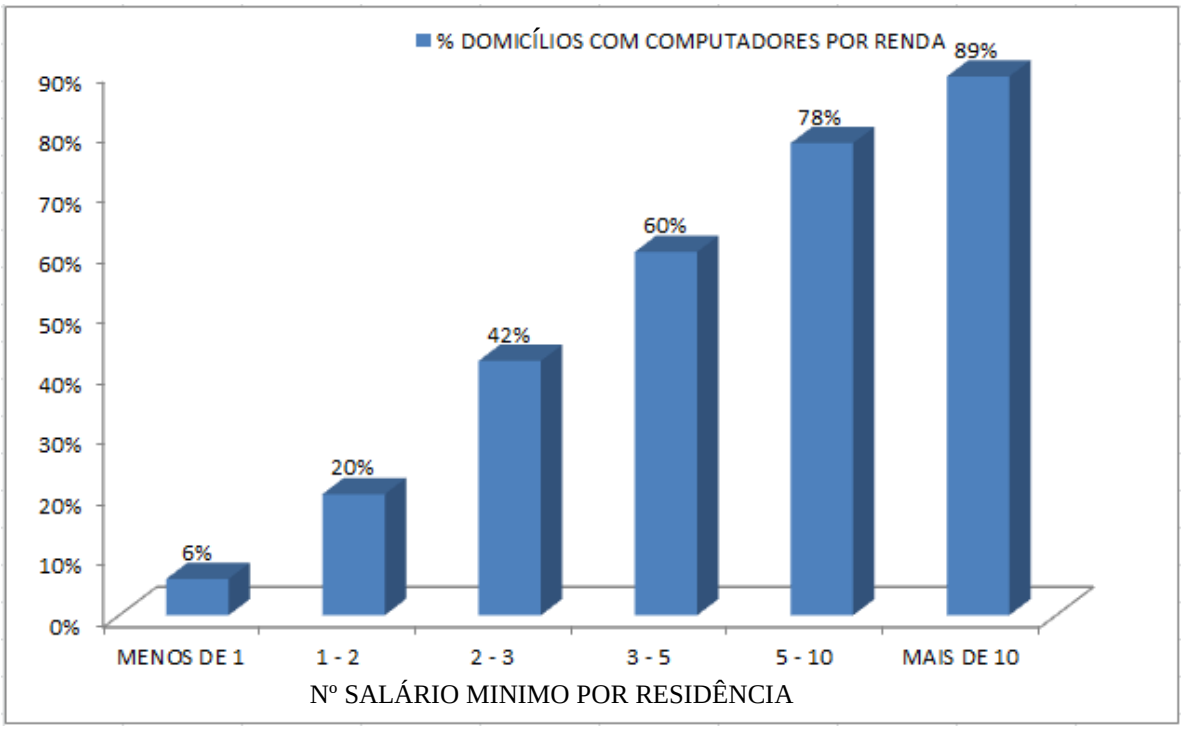
A presença do computador nas residências brasileiras atingiu o patamar de 35%.

Porém, apesar do crescimento do índice se comparado com 2008, ainda fica explícito o grande desafio de universalizar o acesso a esta tecnologia.

É evidente que governos e outros setores necessitem buscar soluções alternativas para que o Brasil deixe a posição desfavorecida que ocupa no cenário internacional.

Porém, para haver melhorias nesses índices internacionais, primeiro é necessário buscar entender detalhadamente os indicadores internos do Brasil.

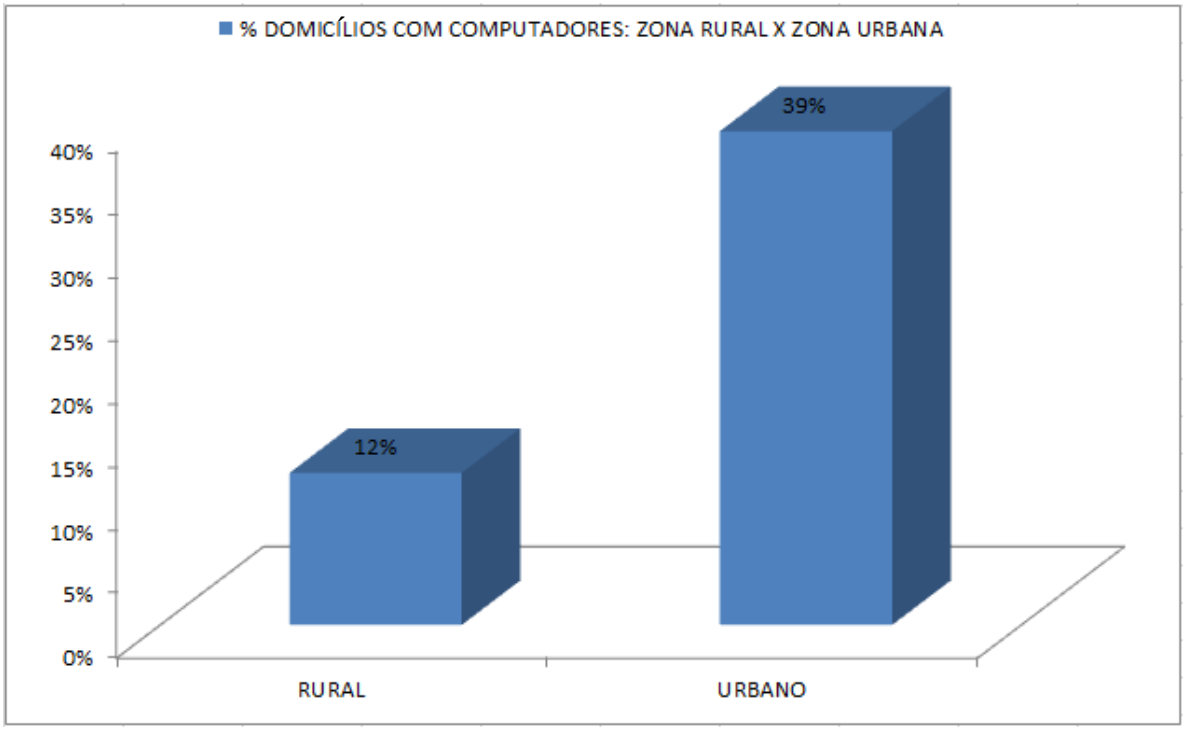
Analisando o número de residências com computadores de acordo com a renda familiar, observa-se uma grande desigualdade econômica.



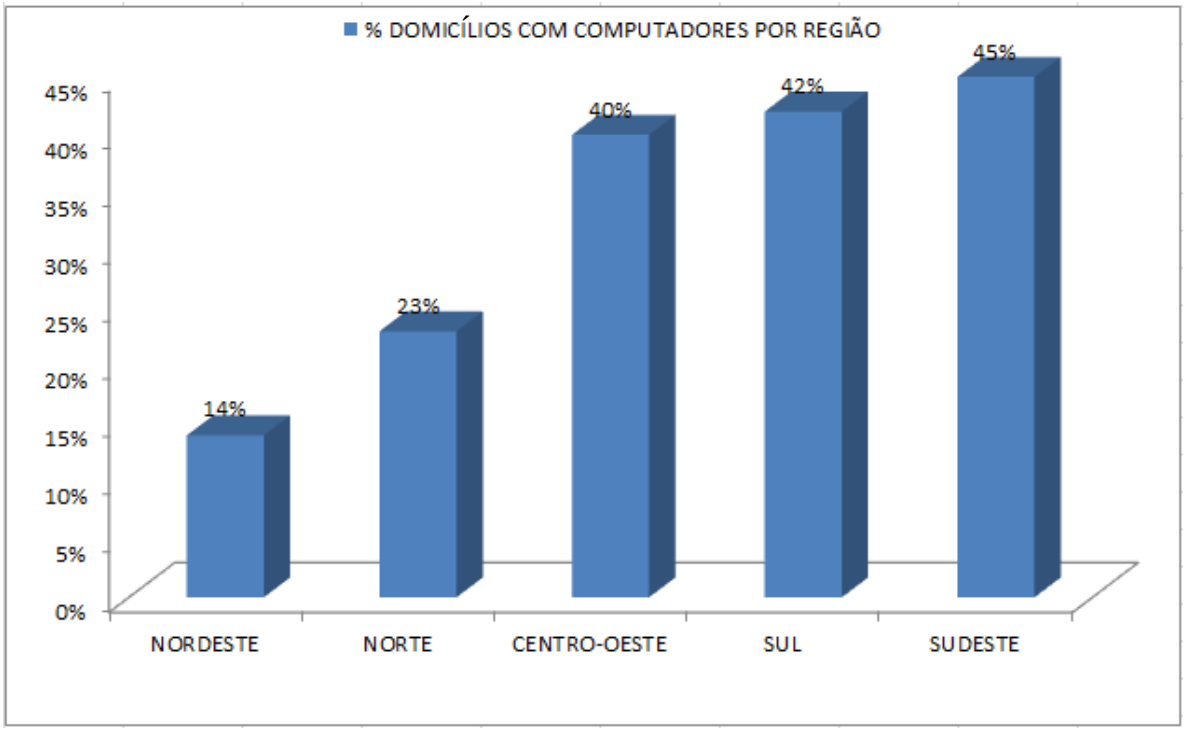
Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 2: Gráfico da posse de computadores de acordo com a renda por domicílio no Brasil.

Outra variável importante à ser analisada, é o indicador regional.

Os domicílios brasileiros com acesso ao computador estão dispersos de acordo com os gráficos:



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 3: Gráfico sobre o número de domicílios com computadores na zona rural e urbana no Brasil.

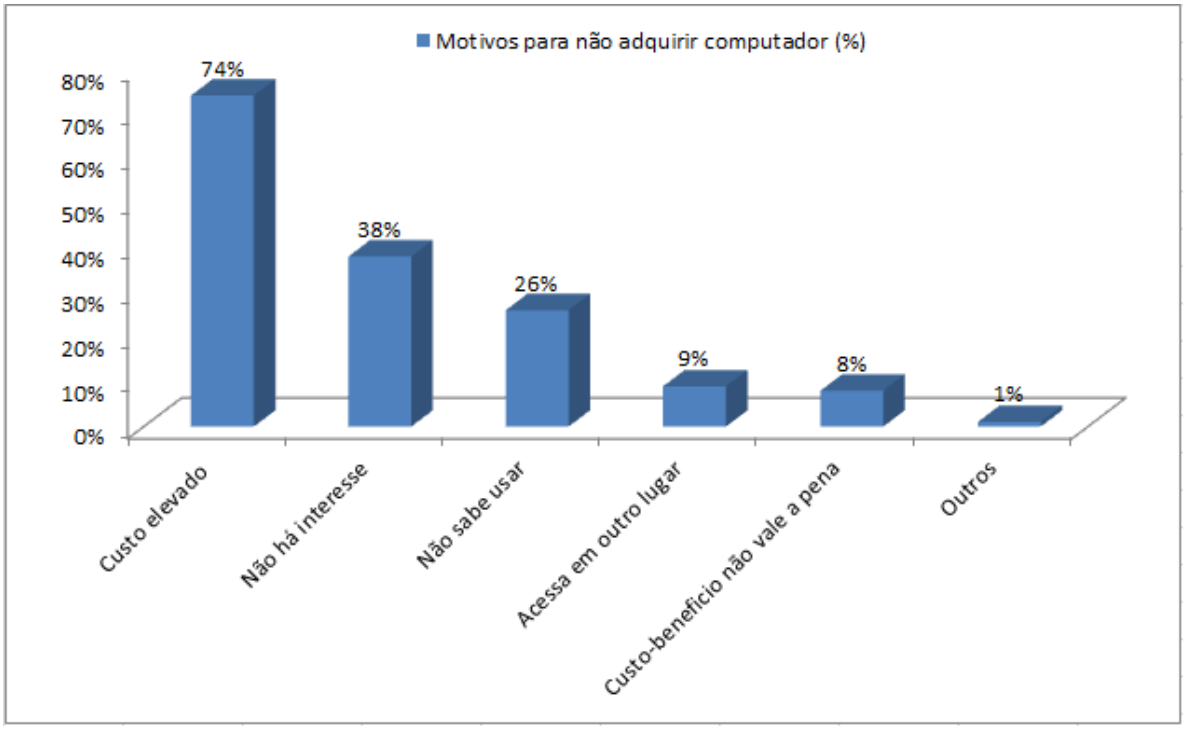


Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 4: Gráfico sobre o número de domicílios com computadores por região no Brasil.

Observando essas variáveis, pode-se explicar parcialmente os baixos índices internacionais que o país detém com respeito à essa tecnologia.

Também é possível verificar que o país requer atenção, visto as desigualdades sociais, econômicas e regionais causadoras dessa exclusão digital.

Para se entender melhor porque tantos domicílios não possuem computador, foi feito um levantamento sobre os principais motivos da ausência da tecnologia. [2]



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 5: Gráfico sobre os motivos dos brasileiros em não possuir computador.

Observando-se os principais motivos apontados para a ausência do computador no domicílio, percebe-se que apesar do alto custo, outros fatores de ordem cultural e educacional precisam ser melhorados, visto a dificuldade apontada pelos usuários de utilizar o equipamento.

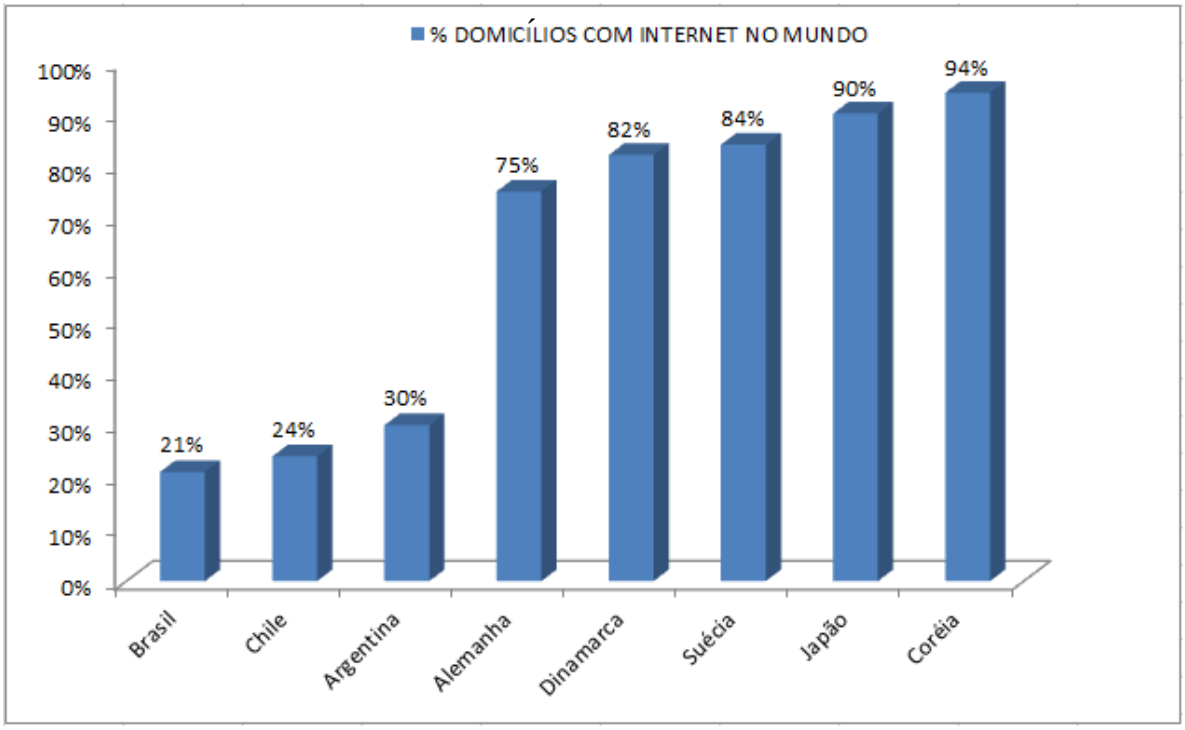
2.1.3 Posse de internet nos domicílios brasileiros

A posse de internet nos domícilios brasileiros apresenta proporção diretamente relacionada ao número de residências com computadores no Brasil.

Assim a mesma barreira existente para a universalização do uso do computador, reforça o grande desafio de democratizar o acesso à informação, chegando à ser redundante, visto que o principal meio de acesso à internet continua sendo o computador.

Os mesmos critérios já adotados anteriormente para se analisar o número de posse de computadores nos lares brasileiros, serão seguidos para melhor análise da internet nos domicílios brasileiros.

Relatório apresentado pela ITU-D, em 2008, sobre o número de residências com internet, já nos mostrava um cenário completamente desfavorável à nível internacional, quando comparados com países da América do Sul. Quando comparados com alguns países europeus e asiáticos, evidenciou-se o abismo existente para universalização da tecnologia no país. [2]



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 6: Gráfico da posse de internet por domicilio no mundo em 2008.

A universalização da banda larga tornou-se um tema global, tendo como ponto de vista o desenvolvimento social e econômico, através da inclusão digital da tecnologia.

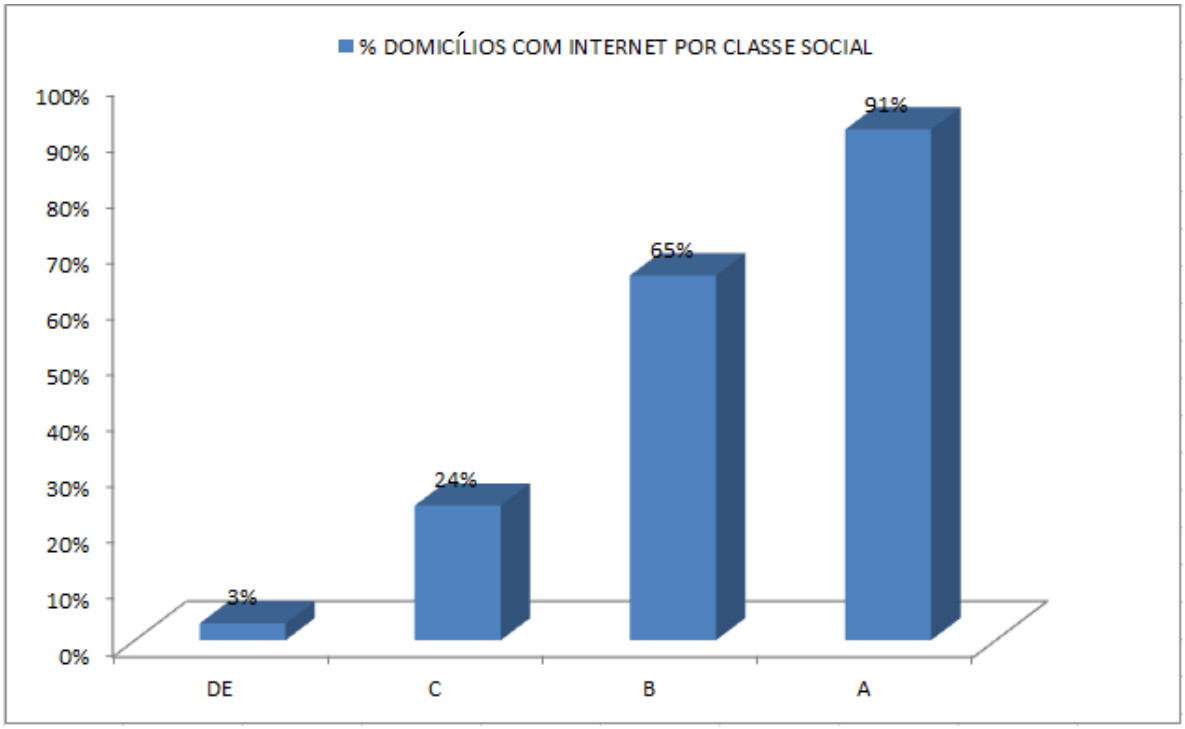
Os dados apresentados pela ITU-D, nos mostra o longo caminho a ser percorrido e nos obriga à entender melhor cada indicador interno, que possa tornar potencial variável para melhoria no ranking internacional.

Diante desse cenário a CGI-Br realizou um estudo para detalhar cada indicador e pontos a serem melhorados.

Em 2010, atingimos o recórde nacional de 35% de residências com acesso à internet.

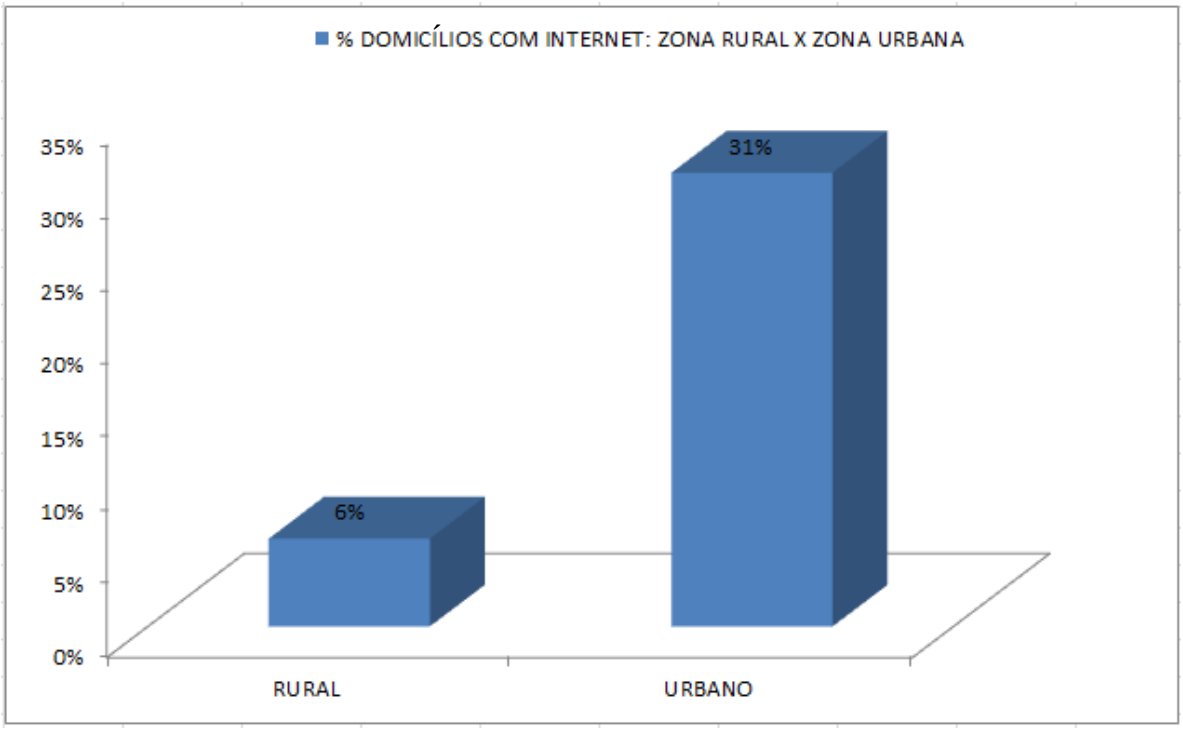
Porém, por se tratar de uma média nacional, quando detalhada a pesquisa, surgem enormes desigualdades sociais, economicas e regionais, que nos mostram o quanto é necessário ainda melhorar para que a internet atinja todos os lares brasileiros.

A primeira variável analisada é o número de residências com internet de acordo com o poder aquisitivo dos brasileiros, ou seja, de acordo com sua classe social.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 7: Gráfico da posse de internet de acordo com a classe social no Brasil.

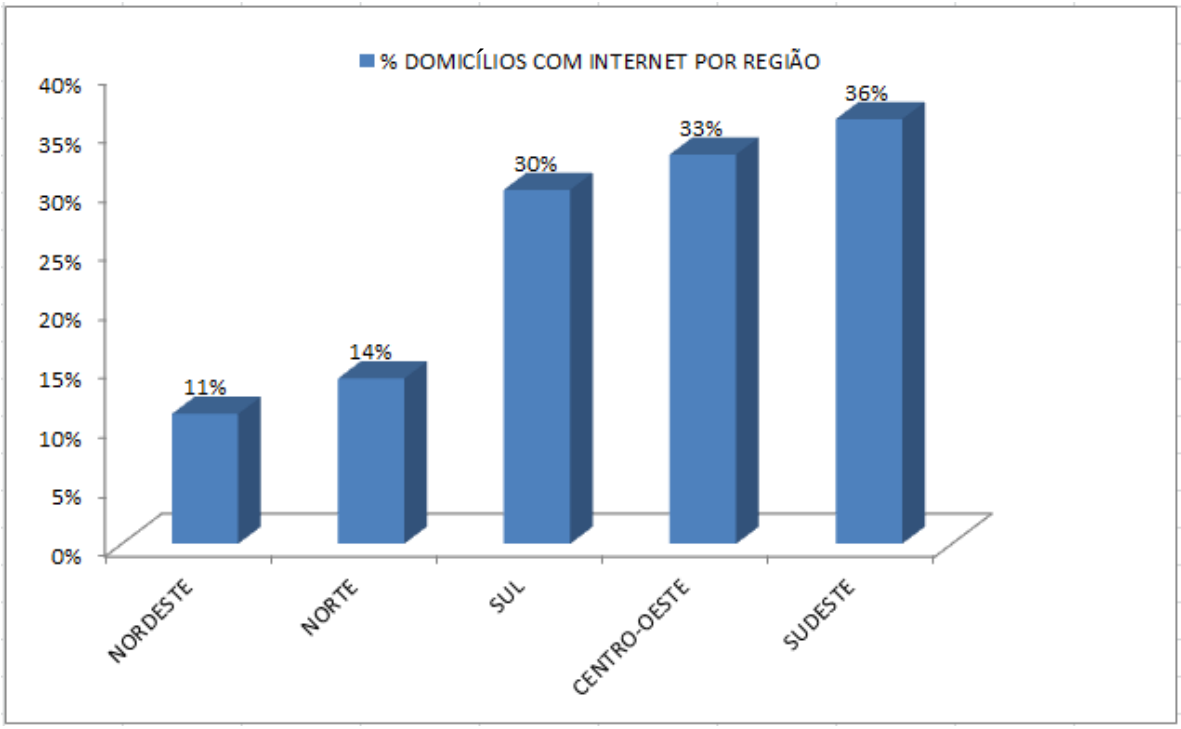
Observa-se que a média nacional se torna falsa em níveis de inclusão digital, uma vez que existem diferenças abusivas que impede a massificação da tecnologia.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.Br (2010).
FIGURA 8: Gráfico sobre o número de domicílios com internet na zona rural e urbana no Brasil.

O principal motivo e necessidade para a busca de meios alternativos de comunicação e difusão da internet, pode ser observado no gráfico acima. A internet não chega aos lugares mais remotos do país.

A figura 9 reforça a dificuldade da universalização no Brasil, devido sua vasta extensão territorial. Regiões norte e nordeste apresentam cenários abaixo da média do restante do país, que também têm muito a evoluir.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 9: Gráfico sobre o número de domicílios com internet por região no Brasil.

2.1.3.1 Tipos de Conexão

Como já dito, o acesso à internet na atualidade, se tornou vital ferramenta para o desenvolvimento socioeconômico e cultural do país. Em particular, as conexões de banda larga são essenciais para a adoção efetiva dessas tecnologias pela população. Sua utilização tem implicações sociais e possíveis impactos no crescimento econômicodo Brasil. A expansão do acesso de banda larga está presente na agenda política de muitos países, que discutem metas para sua universalização, como foi o caso da iniciativa do governo brasileiro ao lançar o Plano Nacional de Banda Larga (PNBL), cujo objetivo é massificar a oferta de acessos de banda larga à Internet nos domicílios brasileiros até o ano de 2014. [2]

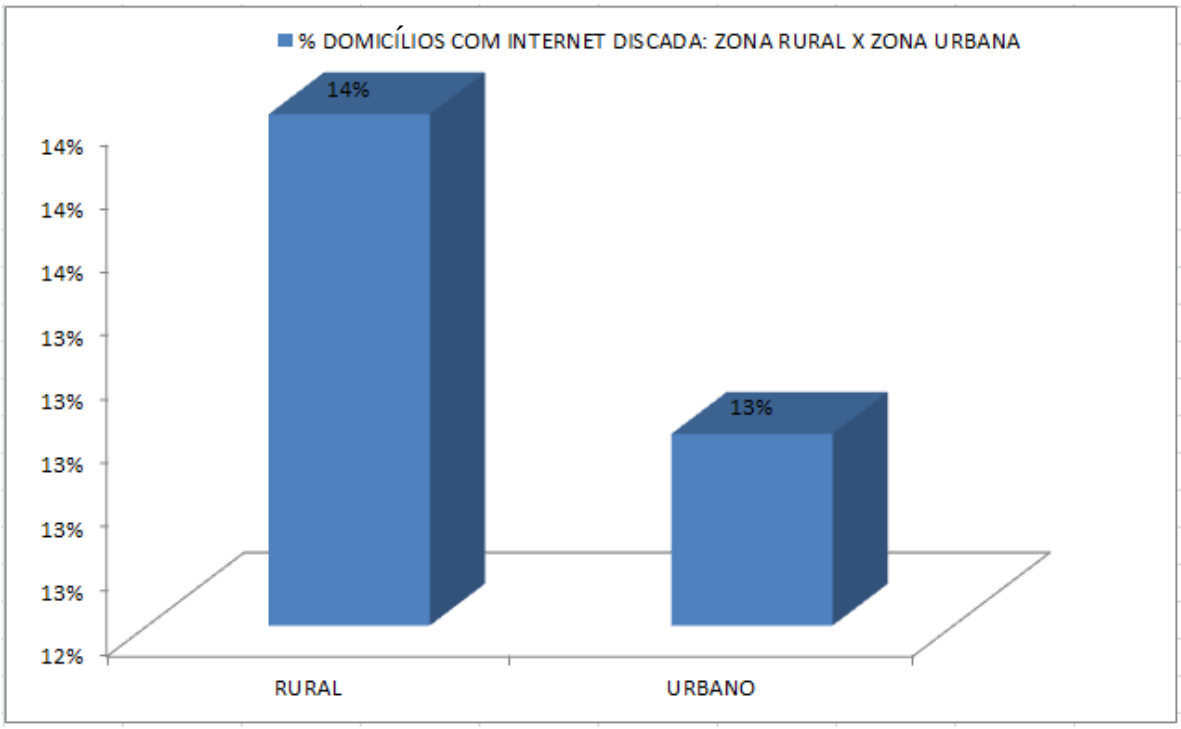
Dada a importância atribuída à universalização desse tipo de conexão, organizações como a OCDE, o Banco Mundial e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) estudam os possíveis impactos da expansão do acesso à Internet de banda larga sobre desempenho econômico, crescimento do PIB e competitividade das nações. [2]

Diante desse cenário é necessário conhecer essas características relativas ao tipo de conexão e à velocidade. Os tipos de conexão contemplados são a conexão discada, ou o

modem *dial-up*, as conexões dedicadas em banda larga fixa (tecnologia DSL, conexão via rádio, satélite ou cabo) e a banda larga móvel (modem 3G). [2]

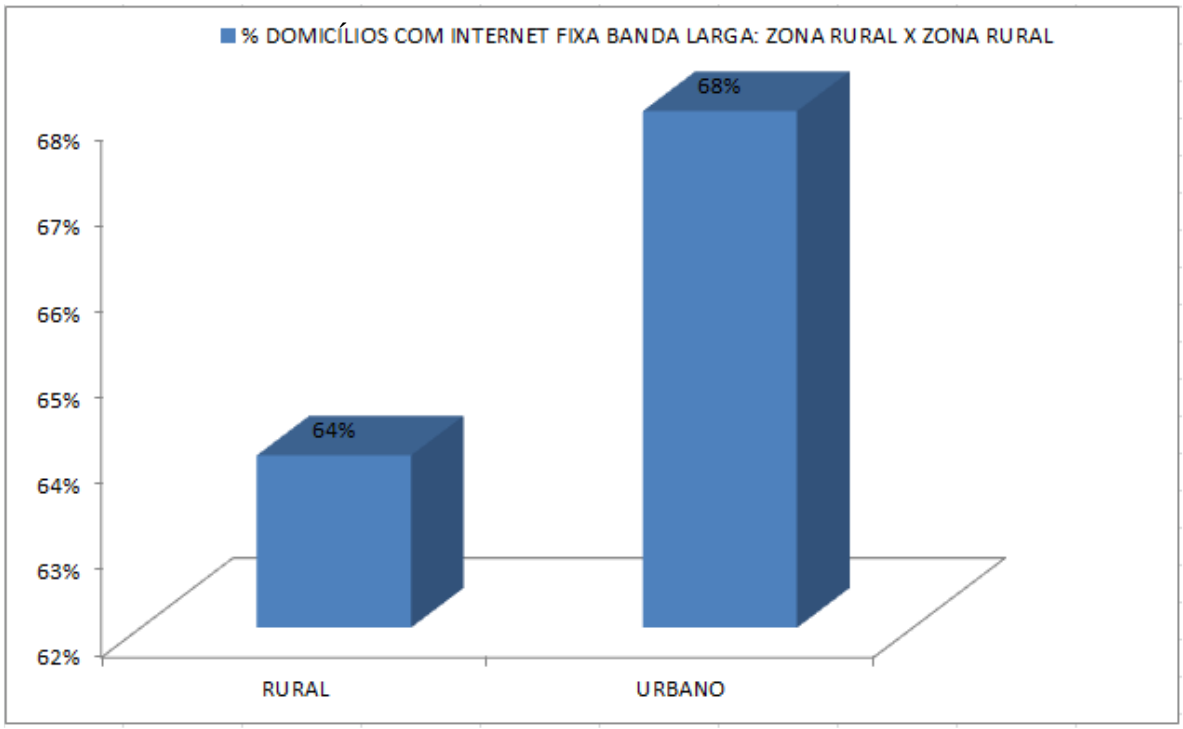
Diante desse cenário, a pesquisa realizada pela CGI-Br buscou detalhar os tipos de acessos e velocidades presentes nos domícilios brasileiros.

Porém nessa pesquisa, observamos que a desigualdade só está contida no acesso à internet, já explicada anteriormente, pois se tratando de tipo, ambas estão difusas no mesmo percentual.



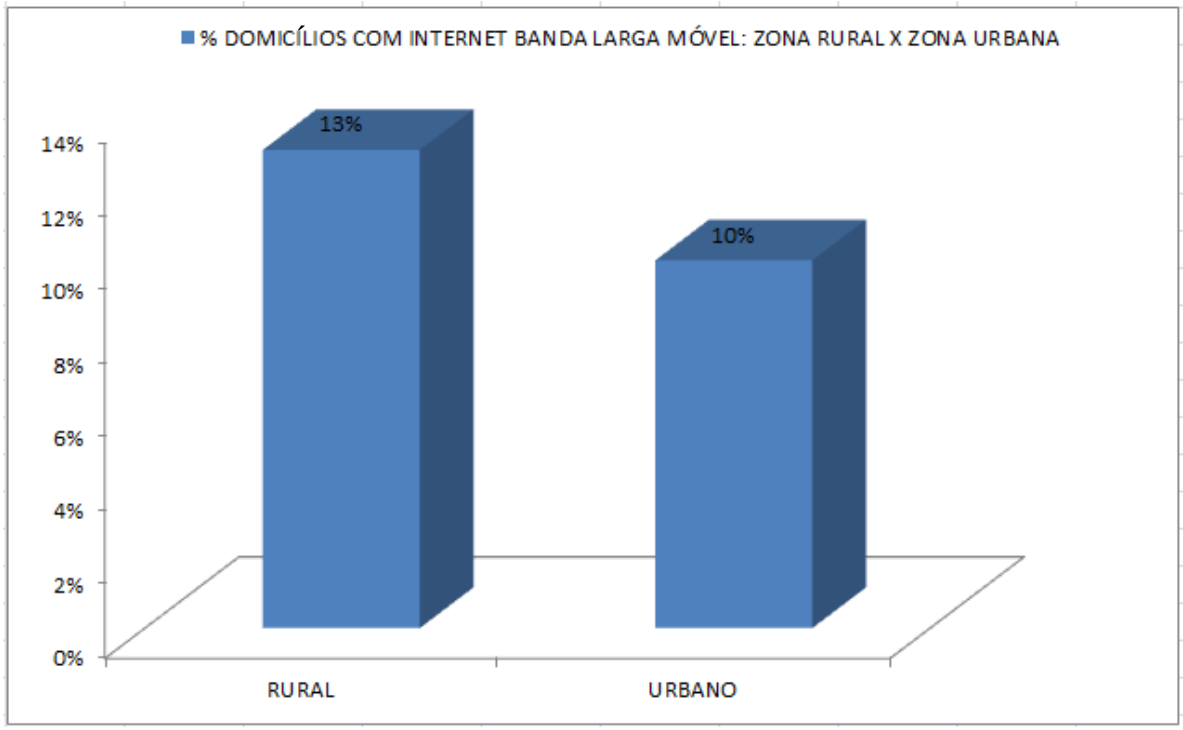
Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 10: Gráfico sobre o número de domicílios com internet discada na zona rural e urbana no Brasil.

No gráfico acima, observa-se que apesar de não muito divulgada, muitas residências dependem ainda das velhas e conhecidas conexões discadas, seja pela disponibilidade, custo ou até mesmo aplicações.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 11: Gráfico sobre o número de domicílios com internet banda larga fixa na zona rural e urbana no Brasil.

O gráfico da figura acima ressalta a massificação da internet banda larga fixa no cenário nacional, cujos incentivos e propagandas a tornam, dentre os tipos de acessos, a mais utilizada pelo brasileiro.

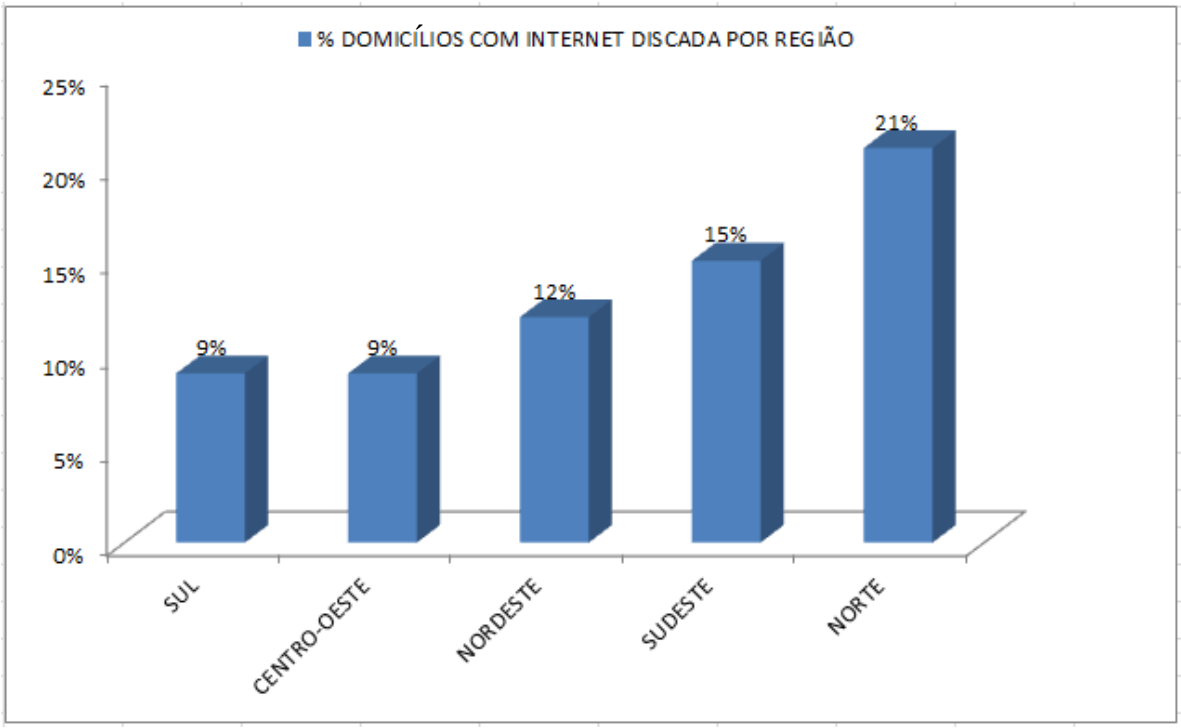


Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 12: Gráfico sobre o número de domicílios com internet banda larga móvel na zona rural e urbana no Brasil.

O gráfico da Figura 12 expõe o crescimento dessa nova tecnologia de acesso, a internet banda larga móvel, que oferece ao usuário acesso de qualquer lugar e com altas velocidades de navegação.

No geral, segundo dados apresentados no relatório do CGI-Br (2010), nota-se mais uma vez a queda do acesso discado, presente em apenas 13% dos domicílios da zona urbana, e um aumento das conexões de banda larga fixa, presente em 68% dos domicílios urbanos com acesso à Internet. Além disso, os indicadores retratam um aumento expressivo de conexões de banda larga móvel. A entrada de novos tipos de conexão varia conforme a região do país e as características socioeconômicas do domicílio. Nos últimos três anos, houve mudanças importantes quanto aos tipos de conexão. Houve um crescimento expressivo das conexões de tipo banda larga fixa, especialmente na zona rural do país, entre 2009 e 2010, cresceu 9 pontos percentuais. Por outro lado, conexões de banda larga móvel (como o 3G) cresceram tanto nas áreas urbanas como nas rurais. Nas áreas urbanas, o crescimento foi de 67% em relação a 2009, e nas áreas rurais, 63%.

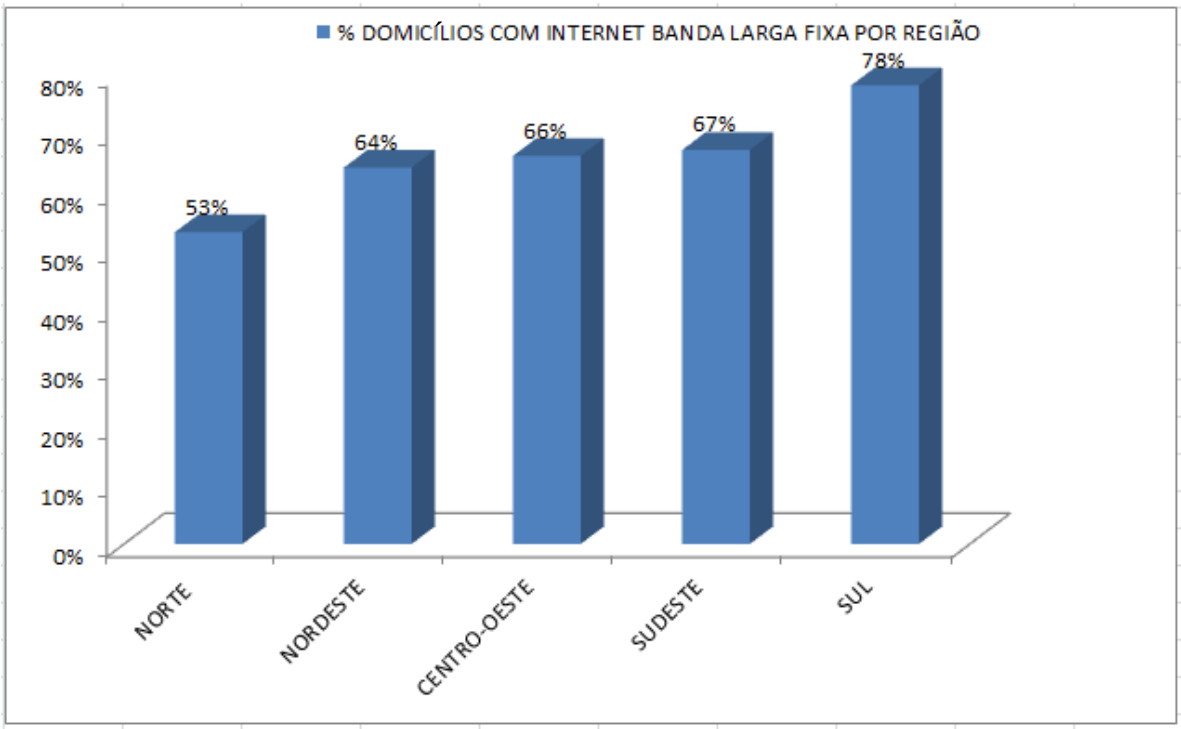
Como todos os estudos até aqui apresentado, resultados com indicadores nacionais mascaram a realidade brasileira, quando estudados minuciosamentes.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 13: Gráfico sobre o número de domicílios com internet discada por região brasileira.

Como comentado, uma vez detalhado o estudo, destacam-se também as diferenças regionais relativas ao tipo de conexão dos domicílios com acesso à Internet. De maneira geral,

houve uma queda da conexão discada em todas as regiões, sendo que no Sul e no Centro-Oeste registra-se o menor índice: 9% de domicílios que ainda utilizam esse tipo de conexão. No entanto, na região Norte, 21% das conexões domiciliares à Internet ainda são realizadas por acesso discado.

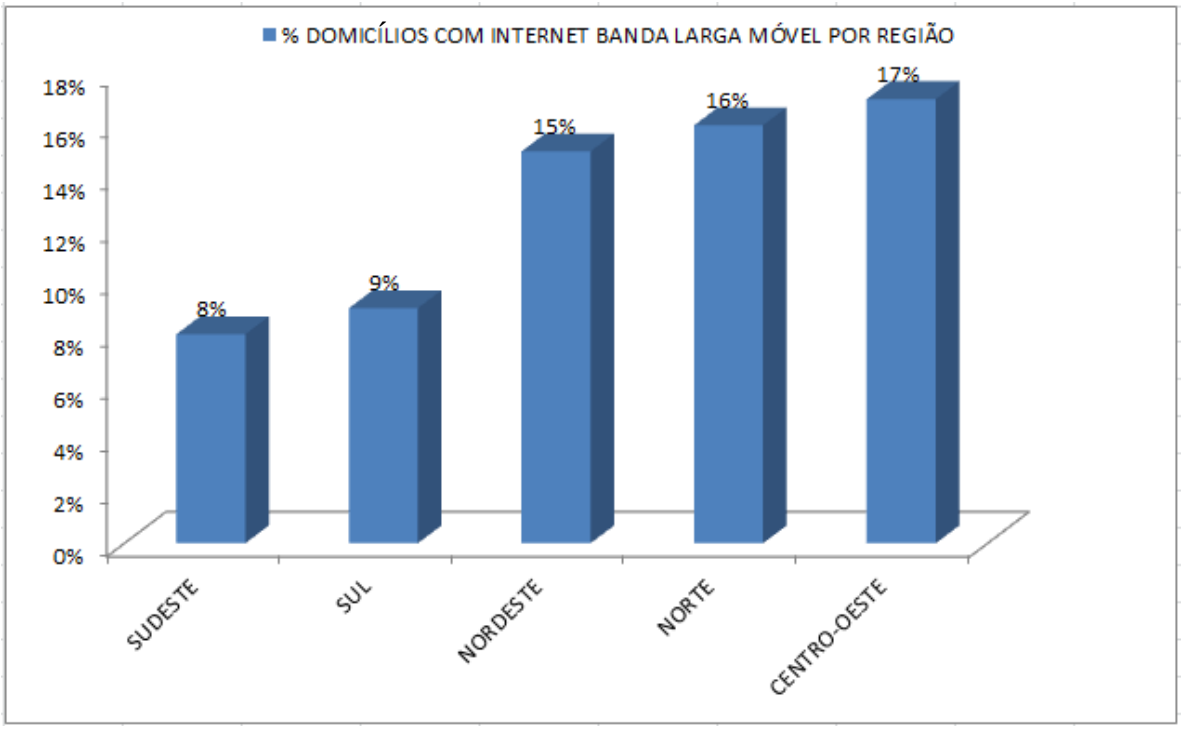


Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).

FIGURA 14: Gráfico sobre o número de domicílios com internet banda larga fixa por região brasileira.

Em contrapartida, banda larga fixa e banda larga móvel cresceram de maneira desigual nas diferentes regiões.

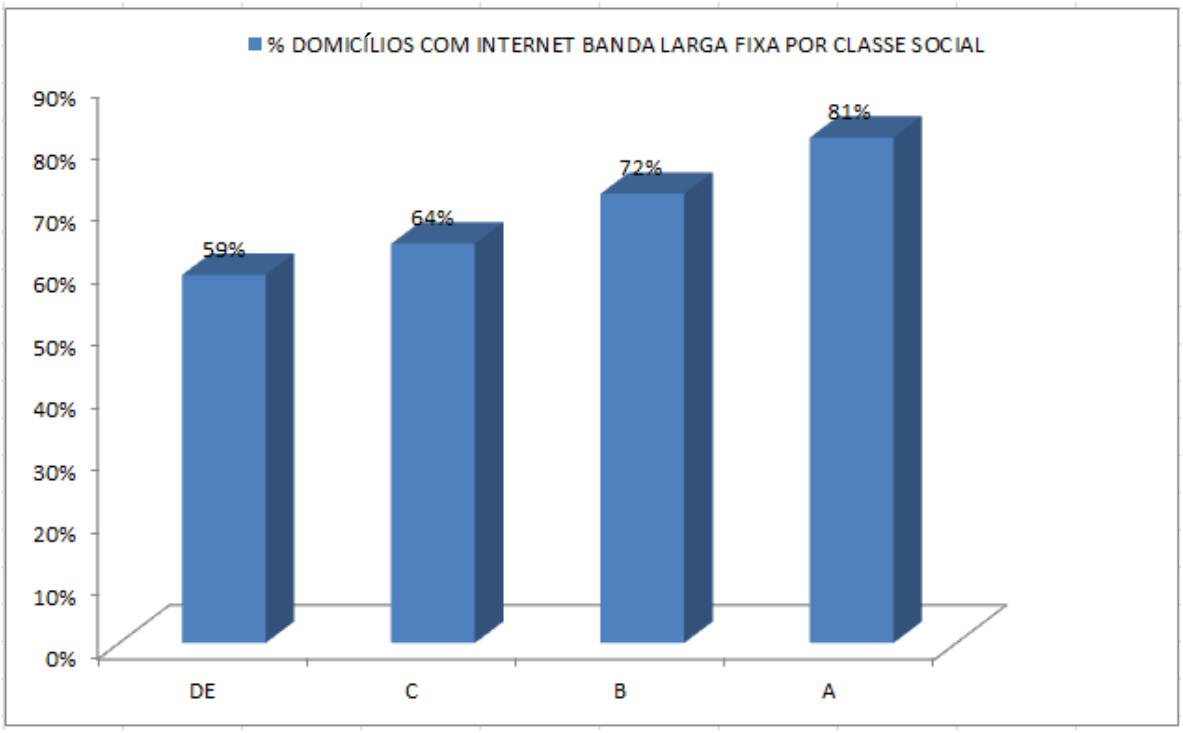
Em relação a 2009, no geral, as conexões de banda larga fixa cresceram em maior medida nas regiões Norte e Sul, respectivamente 8% e 10%. Nas demais regiões, a proporção de domicílios com esse tipo de conexão praticamente se manteve estável, com percentuais de crescimento no Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, de 3%, 2% e 2% respectivamente. A maior penetração da banda larga fixa está na região Sul (78%), seguida por Sudeste (67%) e Centro-Oeste (66%).



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).
FIGURA 15: Gráfico sobre o número de domicílios com internet banda larga móvel por região brasileira.

A expansão da banda larga móvel no Brasil foi notável em 2010. No total, a região Centro-Oeste, por exemplo, cresceu 113% em relação ao ano anterior, seguida da Sudeste, com 100%. As demais regiões também tiveram crescimentos consideráveis: Nordeste (50%), Norte (14%) e Sul (13%). Nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, a proporção de domicílios com acesso de banda larga móvel chega a superar a proporção de domicílios com conexão via conexão discada. A maior penetração da banda larga móvel no Brasil está no Centro-Oeste (17%), seguida por Norte (16%) e Nordeste (15%).[2]

Por fim, uma análise sobre a expansão das conexões de internet banda larga fixa, cujo crescimento, pode ser notado mais nos domicílios economicamente menos favorecidos.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).

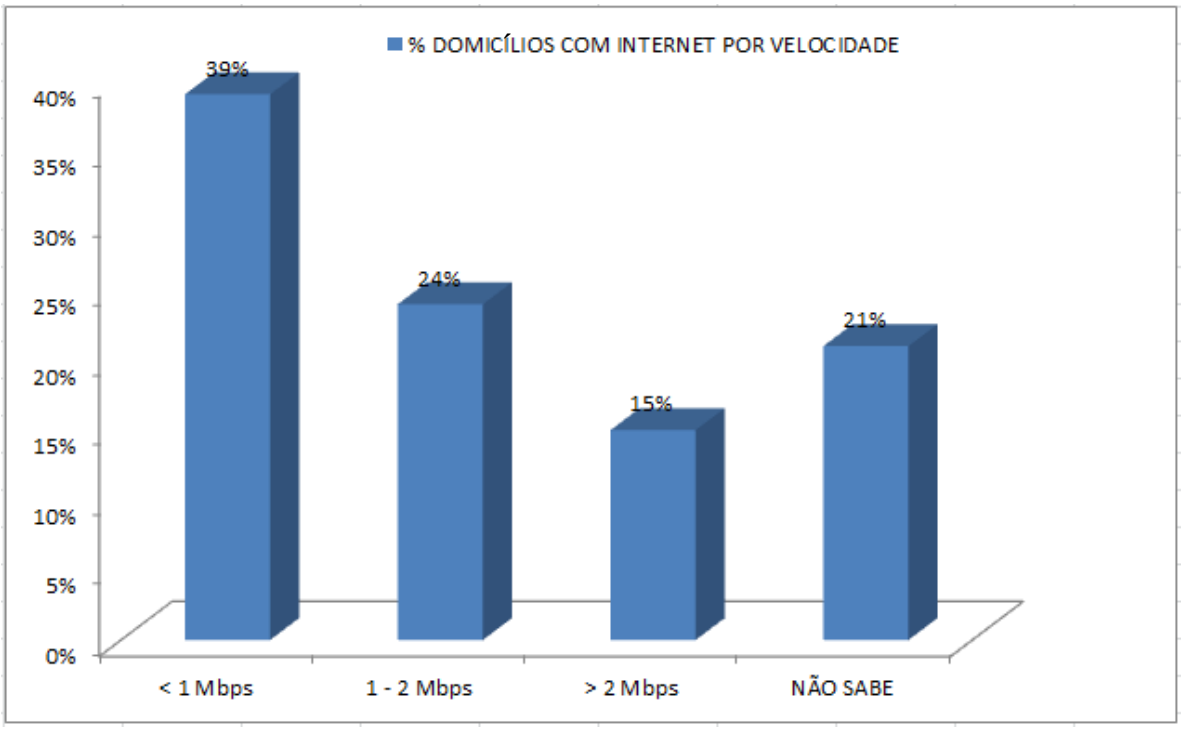
FIGURA 16: Gráfico sobre o número de domicílios com internet banda larga fixa conforme classe social no Brasil.

Segundo pesquisa do CGI-Br a proporção de domicílios com acesso via banda larga fixa cresceu 44% em relação à 2009, tendo na classe C crescimento de 5%, na classe B crescimento de 1% e na classe A a penetração da banda larga fixa se manteve estável. Nas classes sociais mais altas e nos domicílios de renda familiar mais elevada, a banda larga fixa é predominante e seu crescimento é baixo, devido a sua elevada penetração nesses domicílios. É por isso que o crescimento da banda larga fixa no futuro próximo se dará preponderantemente nas classes sociais C e DE.

2.1.3.2 Velocidade da internet nos domicílios brasileiros

Como última análise, para avaliar a qualidade e inclusão da internet nos lares brasileiros, não poderíamos deixar de lado uma das suas principais caracteristicas: a velocidade da rede.

A pesquisa realizada pela CGI-Br (2010), nos mostra que 15% dos domicílios com acesso à Internet possuem conexão com velocidades acima de 2 Mbps, um crescimento de 100% em relação a 2009. Consequentemente observa-se uma queda expressiva na proporção de domicílios com conexões mais lentas, cujo 39% têm conexão com velocidade de até 1 Mbps, proporção que era 54% em 2009 . Isso demonstra um avanço, mas ainda é elevada a proporção de domicílios brasileiros com conexões com velocidade abaixo de 1 Mbps, o que limita a experiência do internauta que busca aplicações que utilizam cada vez mais os limites de banda.

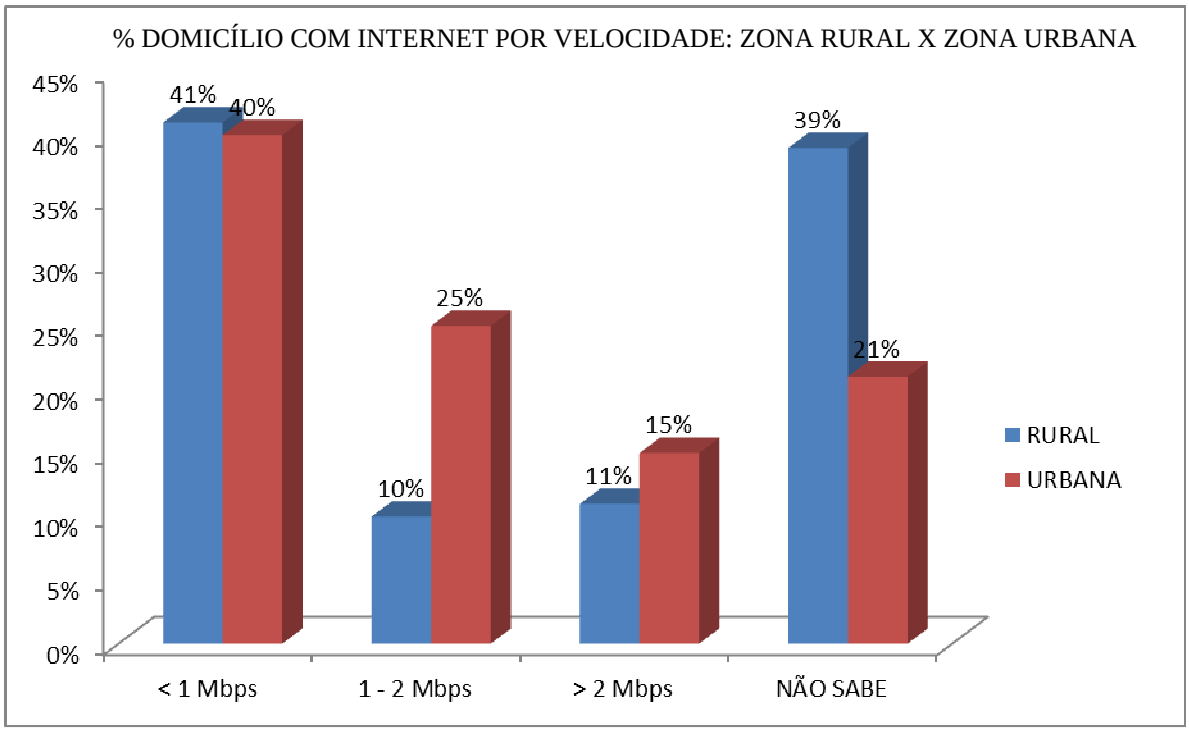


Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).

FIGURA 17: Gráfico sobre a velocidade de conexão dos brasileiros.

Importante ressaltar que 21% não sabem identificar a velocidade de conexão que possue, dado alarmante visto à população pagar por um serviço sem ter conhecimento do mesmo.

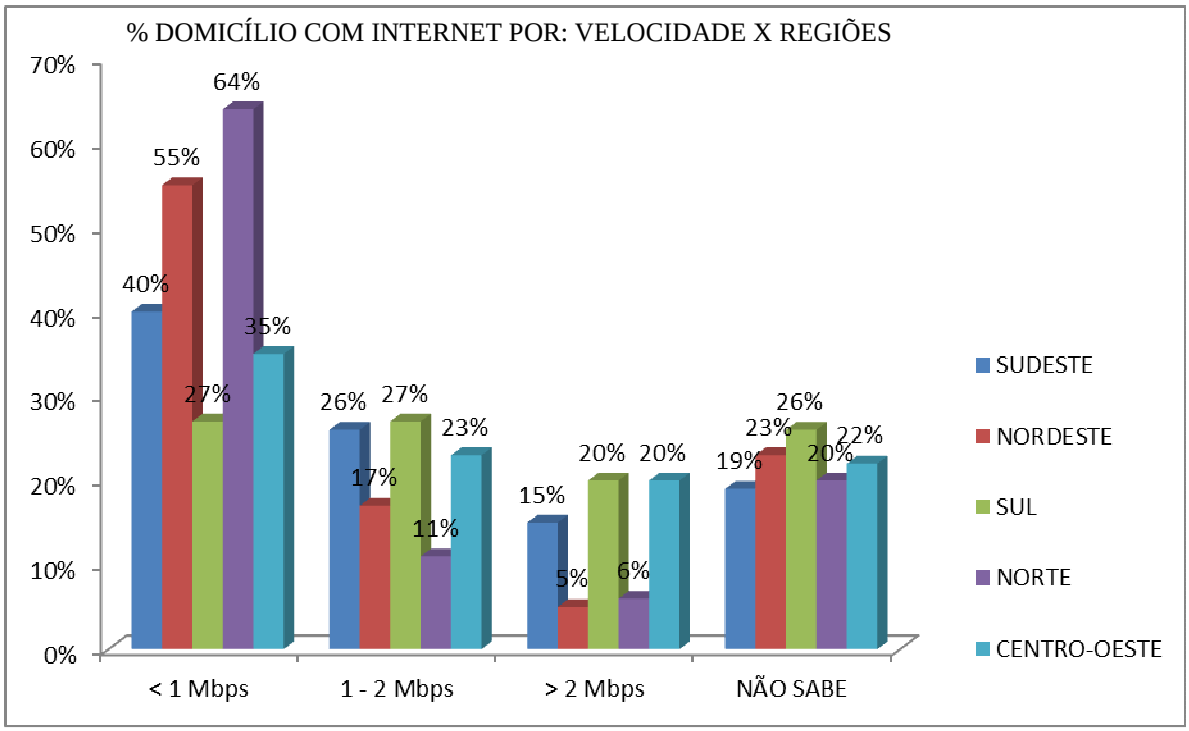
Como já feito com todos os indicadores, é de fundamental importância analisar minunciosamente todos os dados.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).

FIGURA 18: Gráfico sobre a velocidade de conexão dos brasileiros conforme zona rural e urbana.

Como se pode observar se tratando de baixa velocidade não se vê tanta desigualdade entre a zona rural e urbana. Porém, a mesma começa aparecer quando se aumenta a velocidade com mais popularidade no país, entre 1 e 2 Mbps. A mesma taxa volta à se equilibrar quando saímos da zona popular de acesso, devido esse acesso ser destinado à pessoas com maior poder aquisitivo, bandas maiores que 2 Mbps. Ainda é importante comentar a falta de conhecimento da velocidade que o usuário possui, sendo bem mais evidenciada na zona rural, por outro lado não isenta a zona urbana, com um índice bastante elevado.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).

FIGURA 19: Gráfico sobre a velocidade de conexão dos brasileiros conforme regiões do Brasil.

Observando o gráfico, vemos que se tratando de acesso com baixa velocidade o Norte lidera (64%), seguido de próximo do Nordeste (55%). Entrando na zona mais popular de velocidade, de 1 à 2 Mbps, a situação se inverte, deixando os estados citados nas últimas posições, e colocando Sul (27%) e Sudeste (26%) praticamente empatados na liderança, seguido de perto pela região Centro-Oeste (23%). Saindo da taxa popular de velocidade, que ultrapassa 2 Mbps, os percentuais diminuem, porésm apresentam a mesma estabilidade com uma inversão de posição entre o sudeste e o centro-oeste.

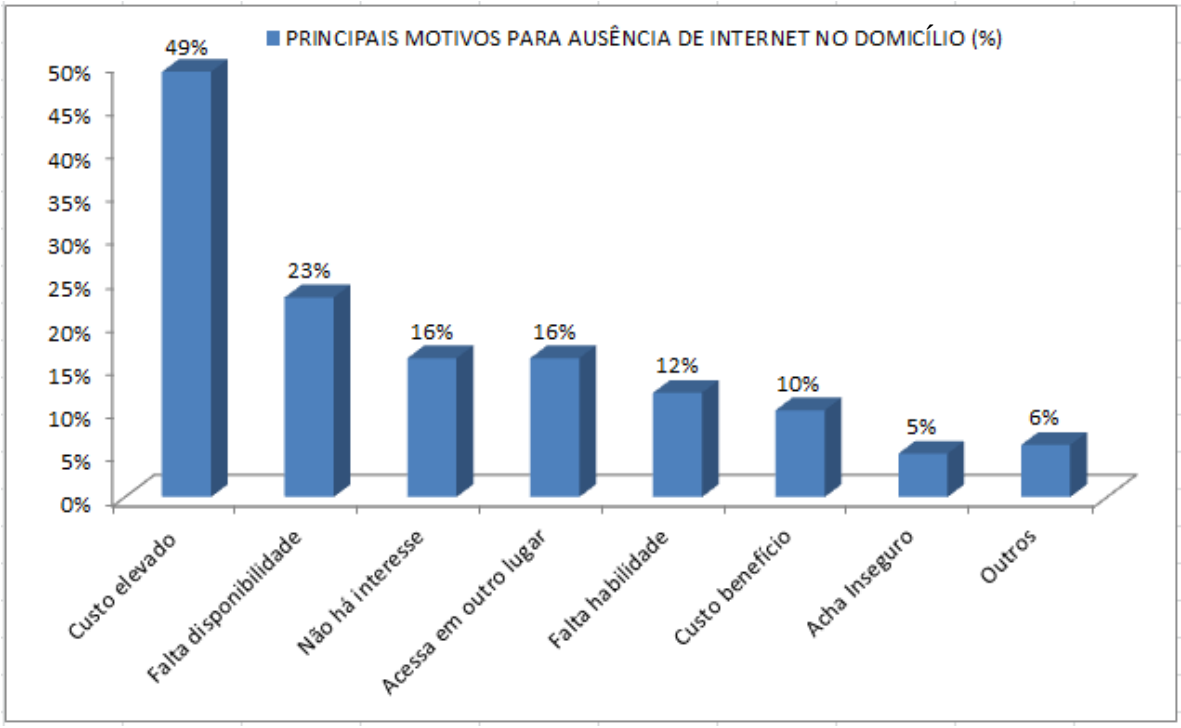
Resumindo, as regiões Norte e Nordeste lideram o percentual referente às velocidades menores de 1 Mbps, devido não terem acesso à uma banda maior, enquanto as outras regiões se massificam na zona popular de velocidade, entre 1 e 2 Mbps. Ambos os acessos estão diretamente ligados à fatores econômicos e regionais, visto a dificuldade de levar internet à todas as regiões do país.

De acordo com a pesquisa do CGI-Br, 53% dos brasileiros com acesso à Internet gostariam de ter conexão mais veloz em seus domicílios. Entre os motivos para não se ter uma conexão mais veloz, 29% dos brasileiros destacam como fator mais limitante o alto custo do serviço, 17% alegam indisponibilidade na área em que residem e 2% citam outras razões. Apenas 2% alegam que, para o tipo de uso que fazem, não precisam de mais velocidade no domicílio.

2.1.3.3 Motivos para falta de internet nos domicílios brasileiros

Como foco principal do trabalho, é preciso estudar os motivos de termos um indíce tão alto de exclusão digital, mais de 70% de domicílios sem acesso à internet no Brasil.

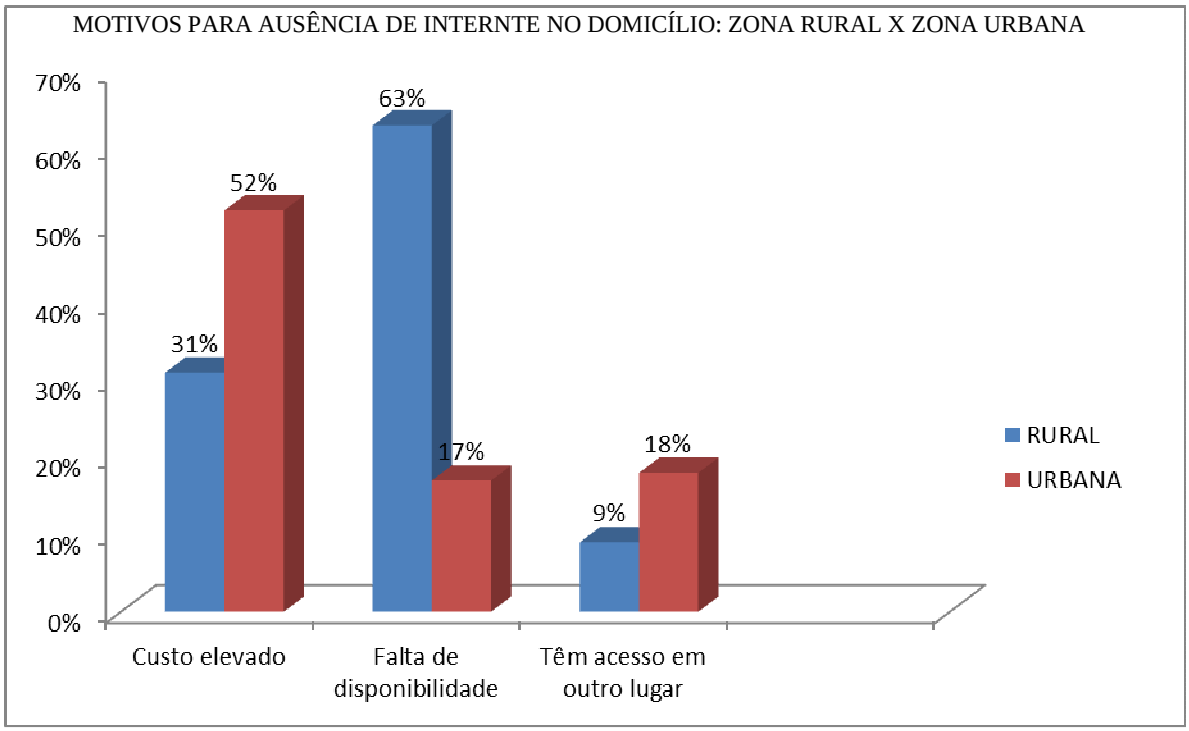
De acordo com a pesquisa TIC domicílios 2010, realizada pelo CGI-Br, grande parte das menções sobre as barreiras de acesso à Internet refere-se a problemas de custo e de infraestrutura. Entre os domicílios que possuem computador, mas não dispõem de acesso à rede, observa-se que 49% não possuem acesso à Internet devido ao alto custo do serviço e 23% pela falta de disponibilidade na área. A falta de interesse (16%) e a falta de habilidade (12%) são razões mais tímidas, porém relevantes, pois refletem barreiras que não se referem apenas à infraestrutura.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).

FIGURA 20: Gráfico sobre os motivos da falta de internet nos domicílios que possuem computadores no Brasil.

Como razão primordial do desenvolvimento da tecnologia PLC, o custo elevado junto com a falta de disponibilidade, só reforçam a necessidade do desenvolvimento de uma rede capaz de levar internet à todos, com qualidade e preço acessível.



Fonte: Adaptado da Pesquisa TIC Domicílios e Empresas do CGI.br (2010).

FIGURA 21: Gráfico sobre os 3 maiores motivos da falta de internet na zona rural e urbana do Brasil.

Como já dito, a tecnlogia PLC trará grande beneficio à toda população, porém com foco principal na zona rural, para atingir a última milha de acesso, e na mesma proporção aos domicílios situados na zona urbana que carecem de um serviço com qualidade e acessível, evidenciado nas Figuras 20 e 21.

2.2 A energia elétrica no Brasil

Ao longo do tempo, o homem tem descoberto inúmeras inovações que o ajudaram evoluir na história. Dentre elas podemos citar a descoberta do fogo, a criação da roda, domínio das forças do vento e da água. Não tão recente, mas de fundamental importância a invenção da máquina a vapor, um símbolo energético da Revolução Industrial. [5]

Porém, talvez a mais importante das invenções surgiu há pouco mais de 100 anos, a descoberta da energia elétrica, considerada como símbolo da Era da Informação. [5]

A energia elétrica é a energia responsável em fazer funcionar o rádio, a televisão, o telefone, o computador e todos os equipamentos que transportam a informação e aproximam

milhares de pessoas em todo o planeta. Além de aplicações que convertem sua eficiência energética em fontes de calor, iluminação e energia mecânica. [5]

No Brasil o uso da eletricidade iniciou-se em 1879, simultaneamente à Europa e Estados Unidos, com a implantação de sistemas de iluminação pública, tornando o país pioneiro na América do Sul. Desse período até os dias atuais o sistema energético brasileiro passou por diversos acontecimentos, dentre eles podemos citar: [6]

1887 - Início de operação da Usina Termoelétrica da Fiat Lux

1889 - Início de operação da Usina Marmelos Zero, a primeira hidrelétrica de grande porte no país.

1907 - Início de operação da usina São João de Fontes, a maior do mundo na época.

1943 - Surgimento das companhias estaduais e federais: CEEE-RGS, CHESF, CEMIG, COPEL, CELESC, CELG, CEMAT, ESCELSA, FURNAS, CEMAR, COELBA, CEAL ENERGIPE, e outras.

1960 - Criação do Ministério das Minas e Energia.

1961 - Surgimento da ELETROBRÁS.

1963 - Início de operação da Usina de Furnas, interligando o eixo Rio, São Paulo e Minas.

1984 – Início de operação da Usina de Itaipu, maior hidrelétrica do mundo.

1996 – Surgimento da ANEEL

2000 – Privatização do setor, classificando e separando as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

2.2.1 Posse de energia elétrica nos domicílios brasileiros

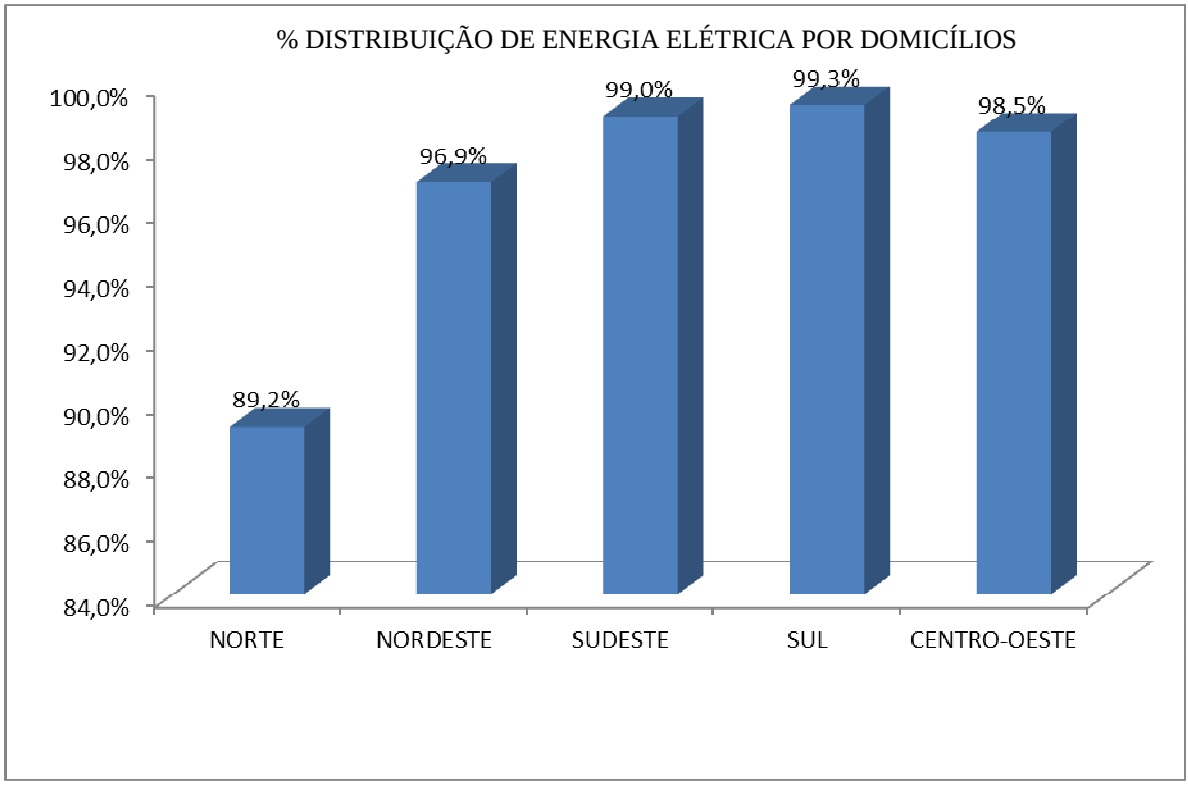
Conforme o último censo 2010, divulgado pelo IBGE, o serviço que apresentou o melhor desempenho quanto à cobertura, atingindo 97,8% dos domicílios brasileiros, foi a energia elétrica. Segundo a pesquisa, apenas 728 mil domicílios não possuem energia elétrica, de um total de 57,3 milhões de domicílios brasileiros, o que equivale à uma população de 2,3 milhões de pessoas. [7]

Como metodologia de estudo adotada até o momento, se faz necessário estudar minuciosamente esses dados, para que seja possível equiparar com a pesquisa realizada sobre a internet no Brasil, conforme tópicos anteriores.

2.2.1.1Distribuição de energia elétrica por região

Foi a primeira vez que o IBGE apresentou, em sua edição de 2010, um estudo sobre a posse de energia elétrica nos domicílios brasileiros. O estudo serve para avaliar a qualidade do serviço no país e futuramente medir o grau de crescimento e evolução da infraestrutura em âmbito nacional. [7]

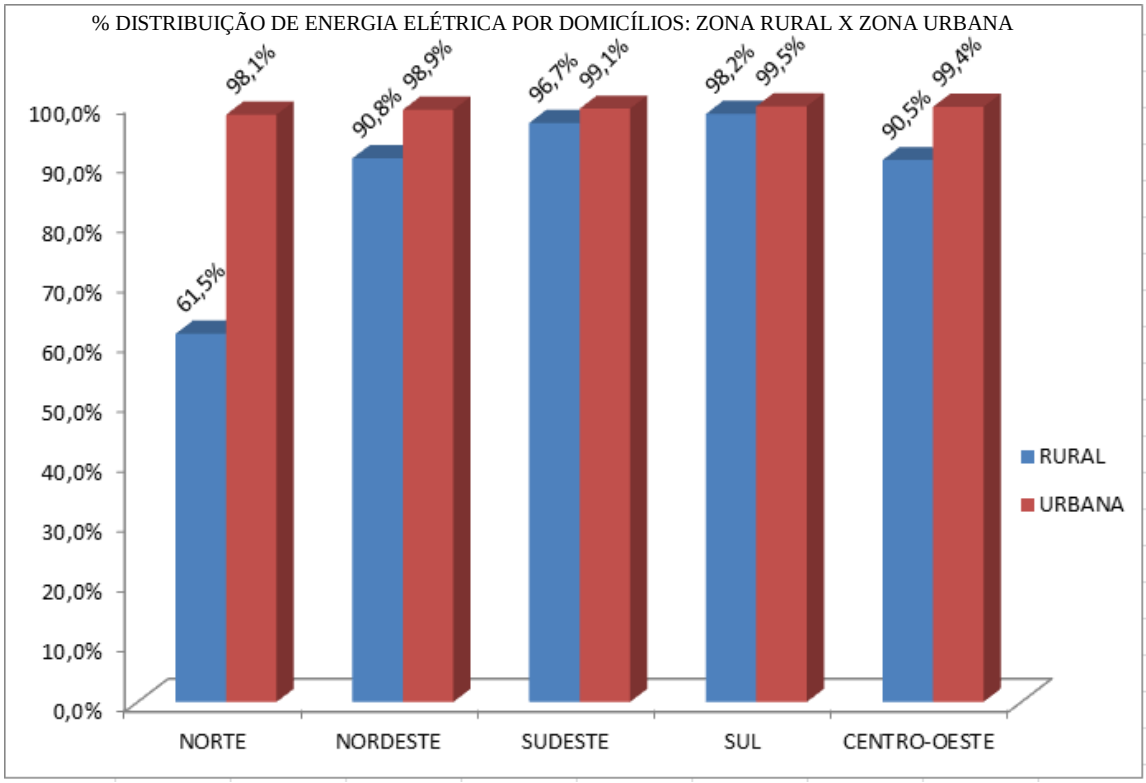
Com exceção do Norte, todos os estados apresentaram um índice acima de 90%, variando de 96,9% na região Nordeste à 99,3% na região Sul, conforme Figura 22. [7]



Fonte: Adaptado da pesquisa IBGE (2010).

FIGURA 22: Gráfico sobre a distribuição de energia elétrica nas regiões brasileiras.

Detalhando o estudo do IBGE (2010), observa-se que existe um equilíbrio entre a distribuição de energia elétrica entre a zona rural e urbana. Novamente, com exceção das áreas rurais da região Norte, onde apenas 61,5% dos domicílios tinham energia elétrica, as demais regiões, tanto urbana quanto rural, apresentaram uma cobertura acima de 90%, variando de 90,5% no Centro-Oeste rural a 99,5% nas áreas urbanas da região Sul. [7]



Fonte: Adaptado da pesquisa IBGE (2010).

FIGURA 23: Gráfico sobre a distribuição de energia elétrica na zona rural e urbana do Brasil.

3 METODOLOGIA

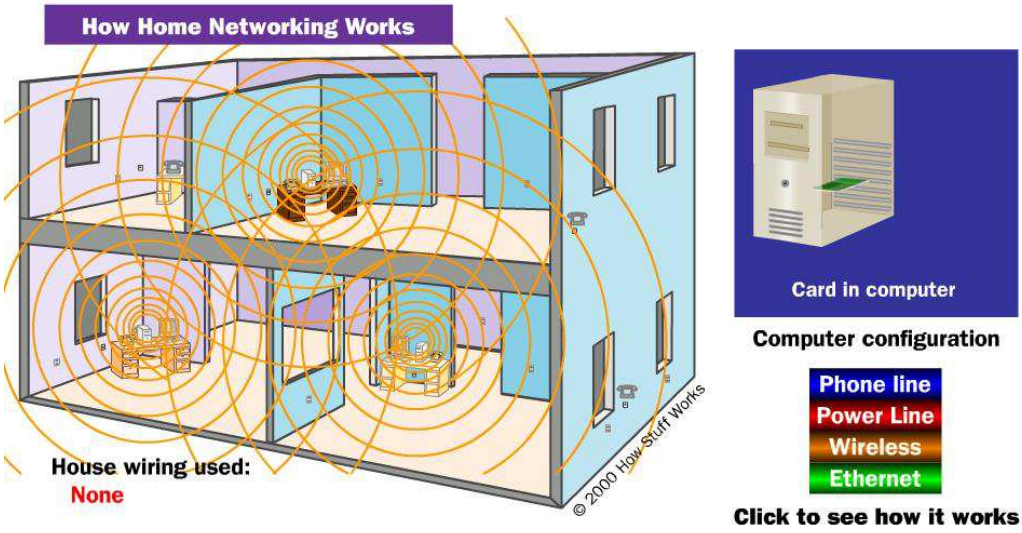
A metodologia utilizada para alcançar o objetivo deste trabalho de conclusão de curso será a realização de um estudo científico por meio de uma revisão de literatura, através de pesquisas bibliográficas e consultas junto às principais empresas e companhias que estão realizando testes com essa tecnologia no Brasil e no mundo.

Para êxito serão seguidas algumas premissas básicas:

- Estudar a comunicação de dados através da rede elétrica;
- Verificar as arquiteturas e equipamentos existentes para a implantação da tecnologia;
- Estudar quais as soluções para as interferências causadas pela PLC;
- Analisar os fatores que viabilizam essa tecnologia;
- Pesquisar aplicações existentes dessa tecnologia;
- Estudar normas e padrões regulamentadores no Brasil para essa tecnologia;

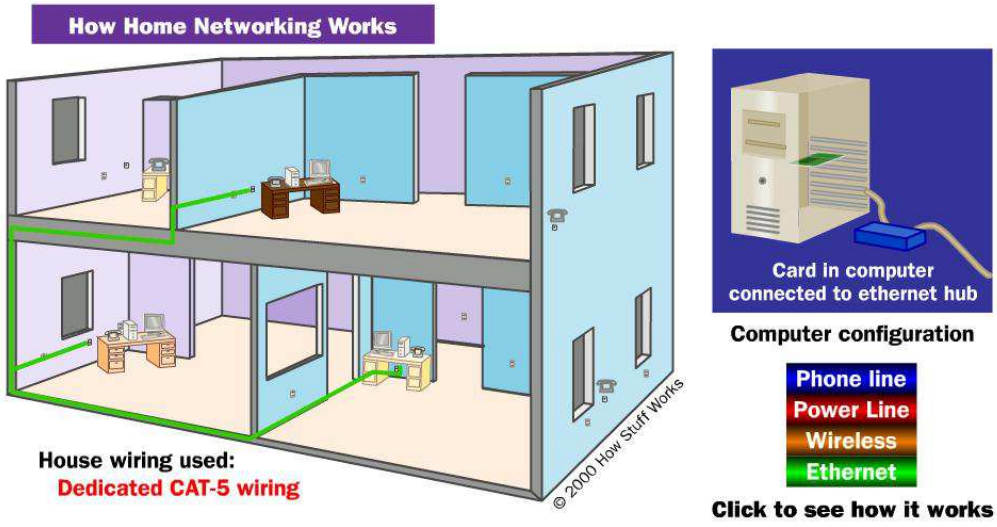
3.1 Funcionamento básico

Como já comentado anteriormente, a tecnologia PLC tem sua grande vantagem devido ao uso da rede elétrica como meio de transporte da informação, suprindo a necessidade da criação de uma nova rede, o que geraria custos e investimentos, que posteriormente seriam repassados ao consumidor. Abaixo temos figuras demonstrando as principais tecnologias utilizadas para a transmissão de dados e a diferença entre os meios de propagação nas residências: [1]



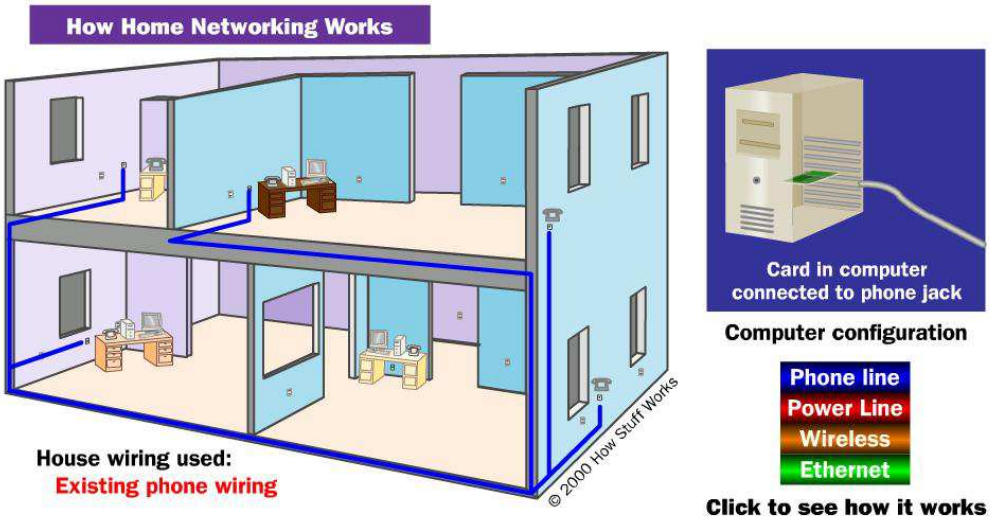
Fonte: How Stuff Works

FIGURA 24: Comunicação wireless, cujo funcionamento não necessita de cabos.



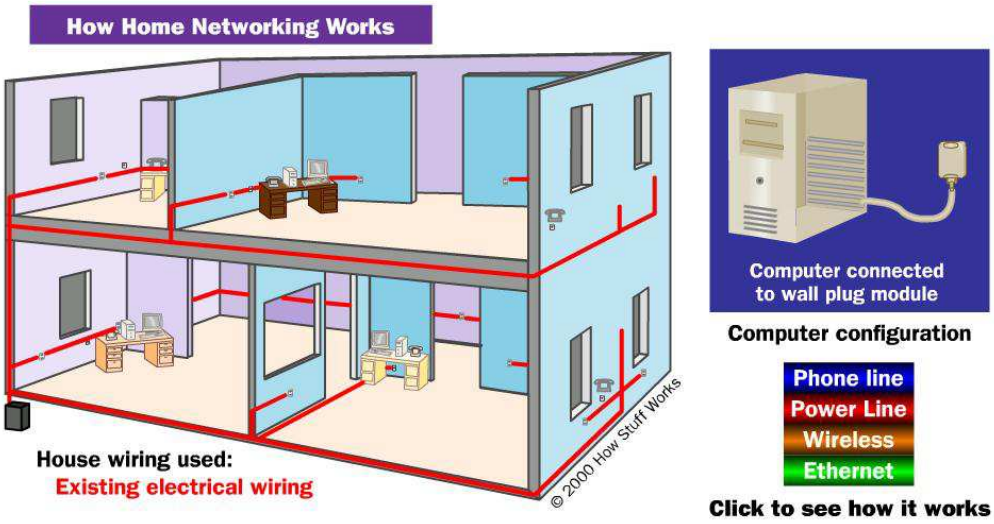
Fonte: How Stuff Works

FIGURA 25: Comunicação Ethernet, cujo funcionamento necessita de uma rede com cabos específicos CAT-5.



Fonte: How Stuff Works

FIGURA 26: Comunicação por linha telefonica, cujo funcionamento necessita de uma rede com cabos telefonicos.



Fonte: How Stuff Works

FIGURA 27: Comunicação por rede elétrica, cujo funcionamento necessita da rede elétrica já existente.

Porém, inicialmente a rede elétrica não foi projetada para o transporte de dados. Tal feito causaria inoperabilidade de outros meios de comunicação, que se propagam através das ondas eletromagnéticas. [5]

Sua origem está datada no início do século XX, mas somente em 1950 foi desenvolvida a primeira técnica de transmissão de dados pela rede elétrica, denominada de *Ripple Control*. Basicamente seu uso era acionar equipamentos e controles remotos, como o

acendimento de luminárias públicas, operando em uma única direção e em baixas frequências, necessitando de altas potências de transmissão. [5]

Com as recentes evoluções tecnológicas, foi possível aumentar a velocidade da comunicação através das redes elétricas. Por volta de 1990, começaram a surgir pelo mundo experimentos para a comunicação digital utilizando redes elétricas como meio de transmissão. Na mesma década, a Internet já mostrava seu potencial e ganhava volume vertiginosamente em todo o planeta. [5]

Hoje, o sinal de comunicação tratado pela tecnologia PLC está baseado nas mais modernas técnicas digitais de modulação, multiplexação e codificação. Tais técnicas são as mesmas responsáveis por tornar viável a TV Digital que até 1990 era impraticável comercialmente e hoje começa a fazer parte da vida do cidadão comum. [5]

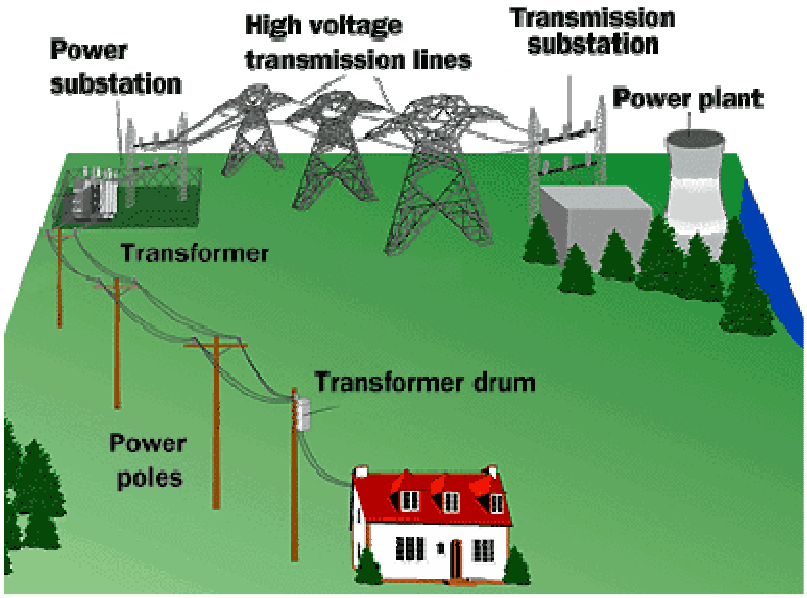
3.1.1 Funcionamento

O princípio básico do funcionamento da PLC se baseia na convivência harmoniosamente entre sua frequência e a da rede elétrica, graças a distância entre elas, onde a energia elétrica se propaga na faixa de 50 Hz a 60 Hz, enquanto a PLC está compreendida entre 1 MHz a 30 MHz, tornando possível a comunicação através da superposição do sinal de informação sobre o sinal de corrente alternada. [1]

3.1.2 Equipamentos

A energia elétrica, antes de chegar a nossas tomadas, atravessa um longo caminho, passando por geradores, subestações, transformadores e outros distribuidores que levam a eletricidade da usina até às residências. Quando a energia sai da usina, ela chega a uma subestação de transmissão e é então distribuída para linhas de transmissão de alta tensão. Se tratando de transmissão em banda larga, estas linhas de alta tensão são os primeiros obstáculos a serem enfrentados. [9]

Essa rede de alta tensão pode chegar à transportar 750kV. Esta quantidade de energia não é adequada para a transmissão de dados, pois não vibram a uma frequência constante. Esta quantidade de energia salta todo o espectro, criando inúmeras interferências ao sinal transportado. [9]



Fonte: How Stuff Works

FIGURA 28: Sistema de distribuição de energia elétrica.

Assim como em qualquer outro sistema de comunicação, a PLC necessita de alguns equipamentos específicos para realizar sua transmissão, porém tornando-se similar às redes tradicionais, quando analisada como foco principal a transmissão de dados em alta velocidade. [9]

3.1.2.1Transporte

Utiliza como principal meio de transporte os cabos de energia elétrica existentes na rede. Sua função é interligar o *backbone* ao usuário final. Porém, dependendo da aplicação e necessidade, também é possível mesclar com outras formas de propagação, utilizando *wireless*, fibra óptica e etc. Vale ressaltar a diferença de custos entre o uso do condutor de cobre da rede elétrica e a fibra, tornando o investimento muito mais caro, divergindo da proposta de acesso à banda larga por um baixo custo. [9]

3.1.2.2Acoplador

Sabendo da dificuldade de transportar dados em alta tensão, foram desenvolvidos sistemas que evitam essas linhas. A tecnologia PLC contorna esse problema, levando os dados

do *backbone* através das tradicionais linhas de fibra óptica até a rede de média tensão, onde é muito mais simples de gerenciar os seus 7200 volts. [9]

Porém, não existe maneira alguma de sinais de baixa potência de dados passarem pelo transformador, cuja principal função é reduzir de média para baixa tensão a carga da rede.

Para contornar essa situação, utiliza-se os acopladores, à fim de permitir um caminho de dados ao redor do transformador, sem qualquer degradação do sinal. [9]

3.1.2.3Repetidor

Para transportar os dados nas linhas de média tensão sem degradá-los, são instalados dispositivos especiais para contrariar esta situação. [9]

O repetidor PLC atua semelhante a qualquer outro repetidor, sua função é recuperar e re-injetar o sinal PLC na rede elétrica. Normalmente é instalado em postes intermediários da rede de distribuição de baixa tensão, para reforçar o sinal original. Algumas vezes é utilizado para corrigir o sinal onde há elevadas atenuações entre o equipamento PLC do transformador e o modem PLC de acesso do usuário. Pode ser utilizado de forma semelhante em média tensão e também pode ter seu uso descartado, onde houver boa qualidade do sinal. [9]

3.1.2.4Modem PLC

Equipamento responsável pela *interface* da rede elétrica com a rede do usuário. [9]

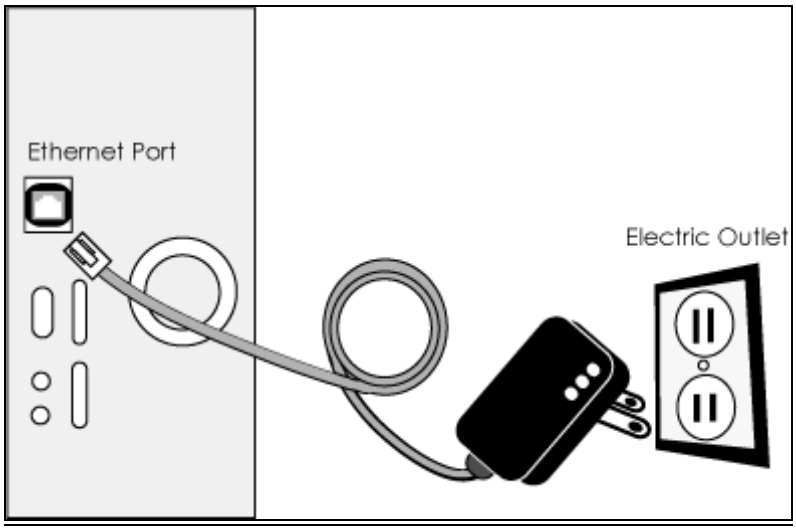
A conversão do sinal entre a rede elétrica de distribuição e o equipamento do usuário é feita através do Modem PLC, tanto para recepção como para envio dos dados. [9]

Trata-se de um equipamento simples, que conectado à tomada de energia elétrica pelo sistema *plug and play* transforma o sinal do equipamento terminal da rede PLC em sinal modulado e o transporta sobre a rede elétrica da casa. [9]

É fabricado com *chipsets* de silício especialmente concebidos para trabalhar com corrente elétrica, lidando com amplos espectros de ruídos através de técnicas especiais de modulação e algoritmos adaptativos. [9]

Há diversos modelos existentes no mercado, depende muito da aplicação e potencial que o usuário queira extrair da rede. Alguns destes modelos de modems permitem separar as aplicações de voz e dados, para os respectivos telefones ou computadores pessoais. Como

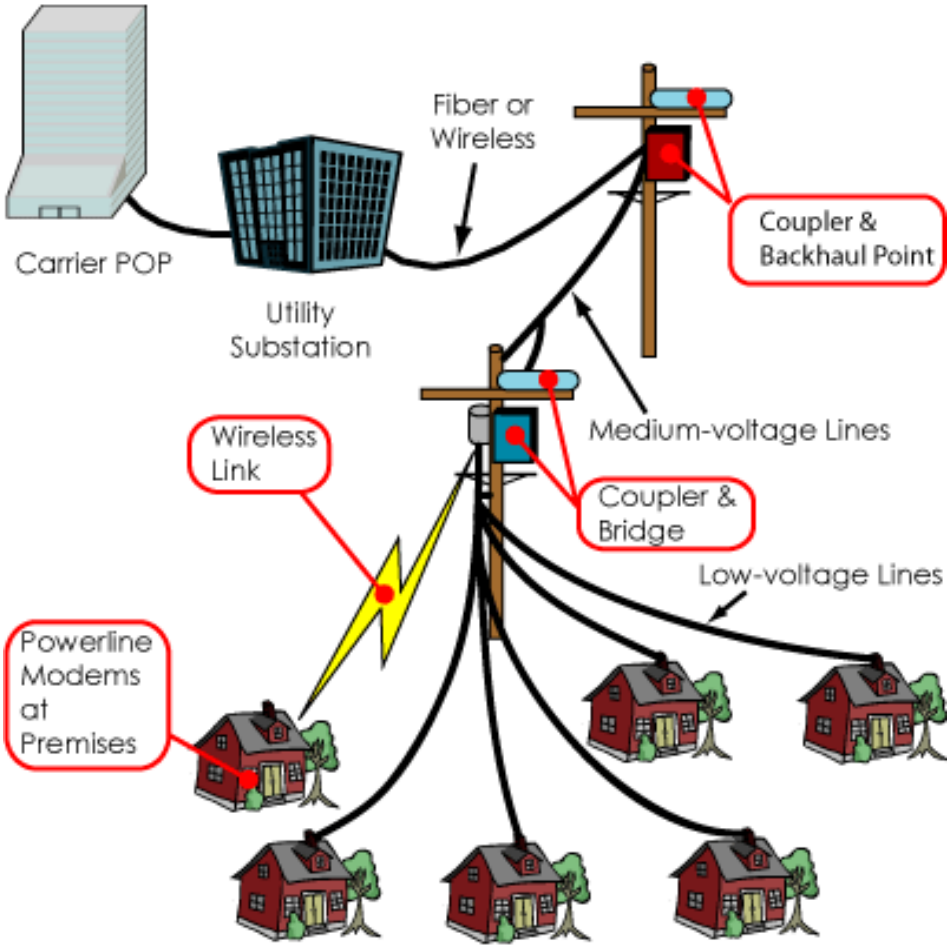
exemplos temos *modem's* somente para acesso a Internet (Ethernet e/ou USB), outros somente para voz (RJ-11), e a grande maioria para Internet e Telefonia (Ethernet e/ou USB + RJ-11). Também é possível encontrar modelos mais sofisticados, que apresentam funcionalidades adicionais, tais como modems PLC Wi-Fi. [9]



Fonte: How Stuff Works

FIGURA 29: Desenho de um modem conectando à tomada e ao computador.

Integrando todos os equipamento citados acima, obtemos um escopo de como pode ser montada uma rede de internet utilizando a tecnologia PLC, vista na figura 30.



Fonte: How Stuff Works

FIGURA 30: Escopo de uma rede banda larga utilizando a tecnologia PLC.

Como pode observar, a internet é levada até a rede de média tensão pelos cabos de fibra óptica, onde o mesmo injeta o sinal através do acoplador instalado no poste, para evitar o transformador, e distribui através das linhas de baixa tensão até a casa do usuário final, que com o modem plugado na tomada, realiza a conexão. Para linhas de transmissão mais longas ou que apresente interferência na qualidade do sinal deve ser utilizado os repetidores. [9]

3.1.3 Camadas

Ao discutir a tecnologia de comunicação utilizada na PLC, muitas vezes é utilizada como referência o modelo OSI com sete camadas. Alguns *chips* PLC podem implementar apenas a camada física do modelo OSI, enquanto outros podem integrar todas as sete

camadas. Pode-se usar um processador de sinal digital (DSP) com a percepção de *software* do MAC e PHY externo do circuito, ou um otimizado que inclui o PLC completo, MAC e PHY, denominado *System-on-Chip* (SoC). [9]

É importante conhecer alguns aspectos da camada física, detalhando-a em três segmentos com base na taxa de dados, conforme tabela 1. [9]

Tabela 1: Classificação conforme taxa de dados.

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

3.1.4 Modulação

Uma variedade de técnicas de modulação pode ser utilizada para trabalhar os sinais PLC. Dentre os mais utilizados, se destacam *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM), *Binário Phase Shift Keying* (BPSK), chaveamento de frequência (FSK), *Spread-FSK* (S-FSK). Como parâmetros para a escolha adequada da modulação à ser utilizada, são comparadas utilizando como critérios a eficiência da largura de banda e o custo. [9]

Tabela 2: Técnicas de Modulação utilizadas na PLC.

TÉCNICAS DE MODULAÇÃO UTILIZADAS NA PLC		
TÉCNICA DE MODULAÇÃO	**EFICIÊNCIA DA BANDA**	**COMPLEXIDADE (CUSTO)**
BPSK	MÉDIA	BAIXA
FSK	MÉDIA	BAIXA
SFSK	BAIXA	MÉDIA
OFDM	ALTA	ALTA

Como se observa na tabela 2, OFDM apresenta os melhores resultados em relação à taxas de dados, porém exige um sistema computacional sofisticado, capaz de produzir Transformada Rápida de Fourier (FFT) e inverso da FFT (IFFT). [9]

Por outro lado, BPSK, FSK apresentam taxas de dados mais baixas, porém são robustas e simples, podendo ser realizada à partir de um microcontrolador. [9]

3.1.5 Padrões

Para sucesso na implantação da nova tecnologia, é necessário manter um padrão e definir normas que regulamente e fiscalize a comunicação de dados. [9]

Vários padrões foram desenvolvidos de modo a garantir comunicações confiáveis, especialmente para a rede inteligente e rede doméstica. A figura apresenta os principais padrões regulamentadores para redes PLC com bandas estreitas, cujas aplicações estão voltadas para automação: [9]

Tabela 3: Padrões e especificações PLC

PADRÕES E ESPECIFICAÇÕES PLC (BANDAS ESTREITAS)			
PADRÃO	**TECNOLOGIA**	**FREQUÊNCIA DE BANDA**	**TAXA DE DADOS (kbps)**
G3-PLC	OFDM	36 - 90.6 kHz	5.6 – 45
PRIME	OFDM	42 - 89 kHz	21.4 - 128.6
IEEE P1901.2	OFDM	9 - 500 kHz	NÃO DEFINIDO
ANSI/IEA 709.1,.2	BPSK	86-131 kHz	3.6 - 5.4
KNX	S-FSK	125 - 140 kHz	1.2
IEC61334	S-FSK	CENELEC-A	2.4

Estes padrões, governados por organizações como *CENELEC, FCC, ARIB, HomePlug Alliance Power*, tem como finalidade especificar intervalos para a operação do PLC. Somente haverá um grande impacto positivo na adoção da tecnologia, quando for definido um padrão mundial. [9]

Atualmente o padrão G3-PLC é apresentado como o sistema mais robusto disponível, porém o grupo responsável pela IEEE 1901,2 está empenhado em desenvolver um padrão universalmente aceitável. [9]

3.1.6 Frequências

Por motivos de segurança e disponibilidade de bandas, diferentes regiões do mundo adotam diferentes faixas de frequência para transmissão de dados via PLC. [9]

Abaixo, na tabela 4, diferentes faixas de frequências utilizadas em algumas regiões do mundo. [9]

Tabela 4: Faixas de frequências para PLC.

FAIXAS DE FREQUÊNCIAS PARA PLC (BANDAS ESTREITAS)			
REGIÃO	**ORGÃO REGULAMENTADOR**	**FREQUÊNCIA DE BANDA**	**DISPONIBILIDADE**
EUROPA	CENELEC	3 - 95 Khz	FORNECEDOR DE ENERGIA
		95 - 125 kHz	RESERVADO PARA USUÁRIOS
		125 - 140 kHz	RESERVADO PARA USUÁRIOS
		140 - 148.5 kHz	RESERVADO PARA USUÁRIOS
JAPÃO	ARI	10 - 450 kHz	NÃO REGULAMENTADO
CHINA	EPRI	3 - 90 kHz	
CHINA	EPRI	3 - 500 kHz	
EUA	FCC	10 - 490 kHz	

3.2 PLC no Mundo

Países do mundo todo buscam, na tecnologia PLC, uma solução alternativa para levar a internet ao alcance de todos. [10]

- Rússia: Há previsão para a instalação de mais de 70 mil pontos de acesso em Moscou.
- França: Foi elaborado um projeto piloto para atender 10 residências que não eram atendidas pelas empresas de telecomunicações locais.
- Espanha: A cidade de Puerto Real oferece internet e telefonia à toda população via rede elétrica.
- EUA: Promessa de investimento de US$2,5 Bilhões, em parceria com o Banco IBM, para enfrentar a exclusão digital nas zonas rurais do país.
- Índia: Foram instalados aproximadamente 1 milhão de medidores de energia elétrica, para detectar falhas na rede e monitoramento real da rede.

3.3 PLC no Brasil

Várias companhias energéticas realizaram testes e projetos pilotos para implementação e futuras explorações dos serviços oferecidos pela tecnologia PLC. [10]

- Porto Alegre - RS: Instalada uma rede de 3 km, mesclando rede de média e baixa tensão para atender uma escola, um posto de saúde, uma unidade do SENAI e um centro administrativo.
- Santo Antônio da Platina – PR (2008): Um dos projetos mais ousados no Brasil, com gastos aproximados de R$ 1 Milhão. Foram instalados 300 modems, divididos em 10 circuitos distintos, atendendo de forma amostral toda a cidade. Os resultados foram satisfatórios e pode ser consultado no site da Copel.
- São Paulo - SP: A companhia de distribuição de energia elétrica, Eletropaulo, desenvolveu um projeto com previsão para atender até 300 prédios, porém não obteve os resultados esperados.
- Belo Horizonte – MG (2008): Apresentou um projeto muito semelhante à da Copel, onde pretende atender 301 residências em um bairro carente da capital. Pretende distribuir computadores gratuitos às residências em testes.

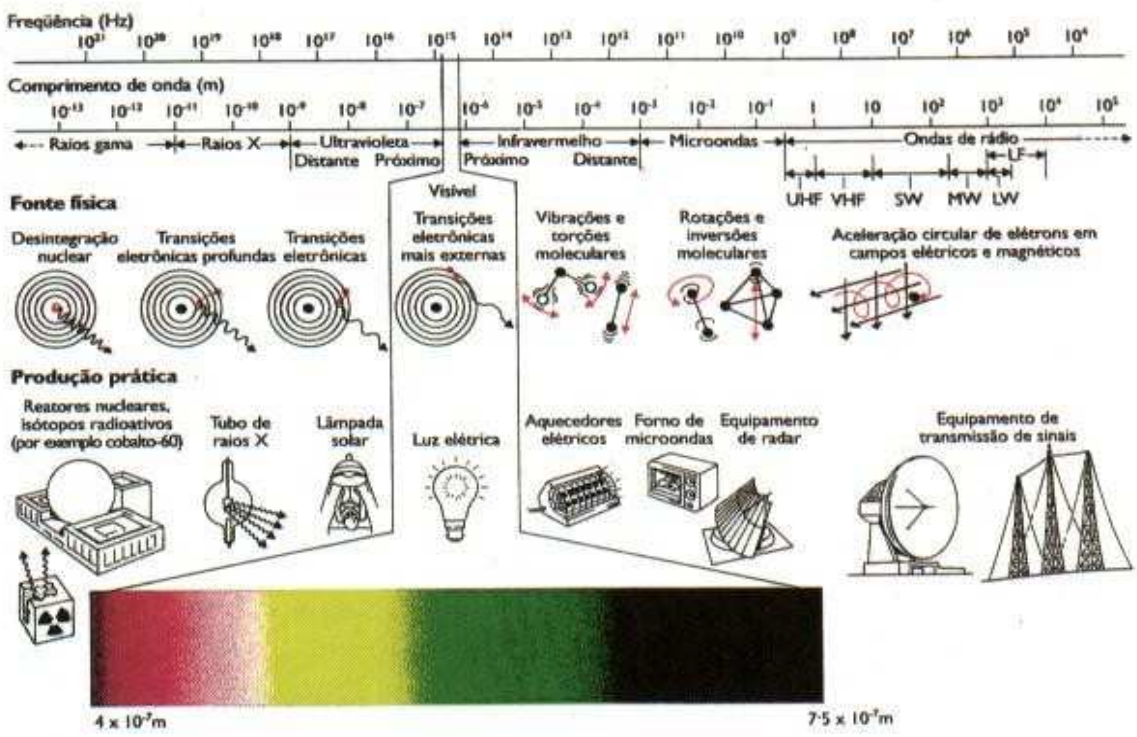
As companhias de energia elétrica apontaram como principal barreira para implementação da tecnologia no país, a falta de fornecedores nacionais para os equipamentos PLC’s, uma vez que para importar os componentes o custo sai muito alto, sendo necessário repassar ao consumidor final, o que desiquilibra a competitividade com outras tecnologias de acesso à internet. [10]

Como elemento motivador, a densa quantidade de casas com energia elétrica, torna todas elas como promissores consumidores de internet via rede elétrica. [10]

3.4 Interferência do sinal

Assim como toda tecnologia, a PLC traz consigo algumas barreira e paradigmas a serem vencidos. Dentre os principais, nota-se uma rejeição muito grande por parte de algumas pessoas, principalmente usuários de rádios amadores. [10]

A justificativa se baseia no fato da faixa de operação da frequência da PLC coincidir com algumas frequências destinadas à transmissão de TV, Rádio, Aplicações Militares, entre outras, conforme figura 31. [10]



Fonte: How Stuff Works

FIGURA 31: Frequências de operação

Assim como para as tecnologias apresentadas, a ANEEL junto com a ANATEL desenvolveram normas que orienta e fiscaliza as faixas permitidas para transmissão de dados em rede elétrica. [10]

É evidente que se alguma prestadora de serviço descumprir a norma poderá interferir nas outras transmissões citadas, mas corre o risco de ser pega e penalizada conforme a lei determinar. O mesmo conceito é utilizado para rádio amadores, onde há as faixas específicas para comunicação, porém nada impede que alguém inflija à lei. [10]

3.5 Regulamentação no Brasil

Coube à ANEEL e ANATEL se unirem e elaborar resoluções para o funcionamento da tecnologia no Brasil.

Resolução 527/09, emitida pela ANATEL em 06 de abril de 2009, regulamenta o uso de radiofrequências por sistemas de banda larga por meio de redes de energia elétrica. Conforme o texto da resolução, o serviço deverá operar em segundo plano, devendo possuir um mecanismo que possibilite o desligamento de qualquer unidade que provoque interferência em outros serviços. Como garantia do cumprimento, todo equipamento deverá ser homologado pela entidade, para evitar sair de operação. [4]

Resolução 375, emitida pela ANEEL em 25 de agosto de 2009, determina que nenhuma distribuidora de energia poderá explorar o serviço diretamente, devendo alugar a estrutura para terceiros, para assim evitar possíveis interferências na qualidade de fornecimento de energia elétrica. [3]

4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em tudo que foi estudado até o momento, é possível afirmar que a tecnologia PLC possui um extremo potencial para disseminar o acesso à Internet para os locais mais remotos, com qualidade e preço baixo, vencendo as barreiras da exclusão digital.

O Brasil possui uma enorme malha de rede elétrica, média de 98% dos domicílios possuem energia elétrica. Em contrapartida somente 35% dos domicílios possuem internet.

A figura 32 ilustra muito bem a diferença entre as duas tecnologias, mostrando o quanto poderíamos avançar, caso optemos pelo uso da internet via rede elétrica.

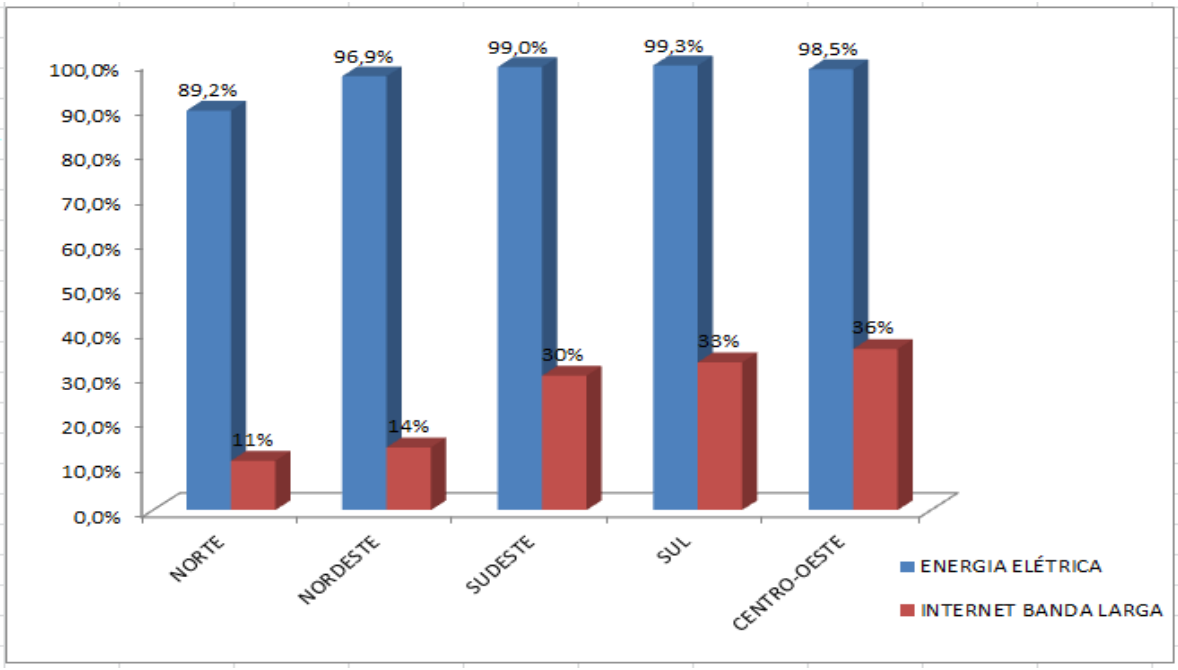


FIGURA 32: Energia Elétrica x Internet Banda Larga

Promover a inclusão digital via PLC proporcionaria uma melhora no nível de informação da população, propiciando uma melhora em seu futuro, no que se diz respeito à educação, cultura, renda e qualidade de vida.

Evidentemente que somente levar internet à população não resolve todo o problema da exclusão digital, é necessário investimentos do governo em treinamentos e infraestruturas adequadas para implantação da PLC.

O presente trabalho atingiu seu objetivo, mostrar que é possível superar as barreiras da exclusão digital, sem a necessidade de grandes investimentos, disseminando a informação à toda população através de uma rede já existente praticamente em todos os lares.

ANEXO A

Resolução Normativa Nº 375 – ANEEL

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

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.

Relatório

Voto

O Diretor-Geral da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto no § 1° do art. 6° da Lei n.° 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, nos incisos IV, VIII, IX, XIII e XVII do art. 3° da Lei n° 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nos incisos IV, XV e XVI do art. 4o, Anexo I, do Decreto n° 2.335, de 6 de outubro de 1997, nos artigos 5° e 6° do Regulamento aprovado pela Resolução Conjunta n° 001 ANEEL/ANATEL/ANP, de 24 de novembro de 1999, o que consta do Processo n° 48500.000370/09-89, e considerando:

as contribuições recebidas no contexto da Audiência Pública – AP n°010/2009, realizada no período de 12 de março a 11 de maio de 2009, que contribuíram para o aperfeiçoamento deste ato regulamentar, resolve:

Art. 1° Regulamentar a utilização das instalações de distribuição de energia elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais.

DAS DEFINIÇÕES

Art. 2° Para os fins desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - *Power Line Communications* – PLC: sistema de telecomunicações que utiliza a rede elétrica como meio de transporte para a comunicação digital ou analógica de sinais, tais como: internet, vídeo, voz, entre outros, incluindo *Broadband over Power Line* – BPL.

II – Prestador de Serviço de PLC: toda pessoa jurídica detentora de autorização nos termos da regulamentação da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel para a exploração comercial de serviço de telecomunicações utilizando a tecnologia PLC.

III – Distribuidora: Agente titular de concessão ou permissão federal para prestar o serviço público de distribuição de energia elétrica.

DA ABRANGÊNCIA, ATRIBUIÇÕES E RESPONSABILIDADES

Art. 3° As distribuidoras que atuam no Sistema Interligado Nacional – SIN não podem desenvolver atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC, exceto nos casos previstos em lei e nos respectivos contratos de concessão.

Parágrafo único. A distribuidora tem liberdade para fazer uso privativo da tecnologia PLC nas atividades de distribuição de energia elétrica, ou aplicação em projetos sociais, com fins científicos ou

experimentais, observadas as prescrições do contrato de concessão ou permissão e da legislação específica.

Art. 4° O Prestador de Serviço de PLC pode utilizar as instalações de distribuição de energia elétrica para a transmissão analógica ou digital de sinais, e disponibilizar seus serviços de telecomunicação aos seus clientes, de acordo com as normas e padrões técnicos da distribuidora, o disposto nesta Resolução e na regulamentação de serviços de telecomunicações e de uso de radiofreqüências da Anatel.

§ 1° A implantação do sistema de PLC pelo prestador desses serviços deve ser precedida da celebração de contrato de uso comum das instalações da distribuidora.

§ 2° As instalações de distribuição de energia elétrica, por serem bens vinculados aos serviços concedidos, devem ter sua manutenção sob controle e gestão da distribuidora, de forma a atender às obrigações contidas no contrato de concessão ou permissão.

§ 3° A prestação dos serviços com o uso da tecnologia PLC não deve comprometer o atendimento aos parâmetros de qualidade da energia elétrica, segurança das instalações e proteção ao meio ambiente estabelecidos pelos órgãos competentes, assim como de obrigações associadas às concessões ou permissões outorgadas pelo Poder Concedente.

§ 4° É vedada, ao prestador de serviços PLC, a cessão ou comercialização com terceiros do direito de uso das instalações de distribuição de energia elétrica.

Art. 5° A destinação do uso das instalações de distribuição de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC deve ser tratada de forma não discriminatória e a preços livremente negociados entre as partes.

Art. 6° A distribuidora deve disponibilizar suas instalações para o desenvolvimento de atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC mediante solicitação formal de algum interessado, ou por interesse próprio.

§ 1° Para disponibilizar suas instalações para o uso da tecnologia PLC, a distribuidora deve dar publicidade antecipada, durante três dias, sobre a infraestrutura e respectivas condições para uso das instalações de distribuição de energia elétrica, em, pelo menos, três jornais, sendo dois de circulação nacional.

§ 2° No ato da publicidade, deve ser dado prazo não inferior a 60 (sessenta) dias para apresentação das novas solicitações de uso das instalações para desenvolvimento da tecnologia PLC.

§ 3° A distribuidora deve fornecer todas as informações às empresas interessadas para a realização de estudos técnicos e econômicos relativos ao desenvolvimento de atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC, os quais são de responsabilidade do interessado.

Art. 7° A solicitação de uso das instalações de distribuição de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades comerciais com o uso da tecnologia PLC deve ser feita formalmente, por escrito, e conter as informações técnicas necessárias para a análise de viabilidade de disponibilização da infraestrutura, bem como o plano de implantação, a demonstração da capacidade de execução do referido plano e o valor a ser pago pelo contrato de uso comum.

§ 1° A distribuidora somente poderá negar a solicitação devido à limitação na capacidade, segurança, confiabilidade ou violação de requisitos de engenharia.

§ 2° Em todos os casos previstos no parágrafo anterior, a distribuidora deve fornecer a justificativa com o devido embasamento, em até 60 (sessenta) dias após o recebimento da solicitação formal do interessado.

Art. 8° A distribuidora deve selecionar o Prestador de Serviço de PLC considerando o atendimento a todos os requisitos técnicos e o maior valor a ser pago pelo contrato de uso comum.

Parágrafo Único A escolha do Prestador de Serviço de PLC deve ocorrer em até 30 (trinta) dias após o término do prazo estabelecido no §2° do art. 6°.

DAS RELAÇÕES CONTRATUAIS

Art. 9° Os critérios para celebração de atos e negócios jurídicos entre distribuidoras, suas sociedades controladas ou coligadas e outras sociedades controladas ou coligadas de controlador comum, no que tange à habilitação de prestador de serviços de PLC, considerado como parte relacionada, são os estabelecidos na Resolução Normativa n° 334, de 21 de outubro de 2008.

Art. 10. O contrato de uso comum das instalações de distribuição com o Prestador de Serviço de PLC deve dispor sobre as condições gerais dos serviços a serem prestados bem como as condições técnicas, operacionais, comerciais e responsabilidades mútuas a serem observadas.

§ 1° Objetivando resguardar as obrigações associadas às concessões ou permissões, cabe à distribuidora estabelecer, no contrato de uso comum de suas instalações com o Prestador de Serviço de PLC, cláusulas que definam responsabilidades e prazos para ressarcimento por eventuais danos causados a sua infraestrutura e que assegurem a prerrogativa de a mesma fiscalizar as obras do prestador de serviços, tanto na implantação do sistema quanto na manutenção e adequação.

§ 2° Os contratos devem revestir-se de todas as formalidades técnicas e legais, bem como observar as disposições contábeis previstas no Manual de Contabilidade do Setor Elétrico, instituído pela Resolução n° 444, de 26 de outubro de 2001.

§ 3° Os contratos devem conter Acordo Operativo observando, no que couber, o disposto no Anexo I da Seção 3.5 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.

§ 4° Caso a distribuidora deseje utilizar a infraestrutura do Prestador de Serviço de PLC para atendimento às suas necessidades e interesses dos serviços públicos de distribuição de energia elétrica, o contrato de uso comum deve conter as condições para essa utilização.

Art. 11. Havendo necessidade de modificação ou adaptação das instalações da distribuidora, os custos decorrentes devem ser atribuídos ao Prestador de Serviço de PLC.

Art. 12. Os equipamentos a serem utilizados na composição do sistema de PLC que serão integrados às instalações de distribuição de energia elétrica devem obedecer à regulamentação específica da Anatel.

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 13. Para execução dos serviços nas instalações da distribuidora, o prestador de serviços de PLC deve observar as condições estabelecidas na Norma Regulamentadora NR 10 do Ministério do Trabalho - Instalações e Serviços em Eletricidade e outras aplicáveis, que estabelecem as condições

mínimas exigíveis para garantir a segurança dos empregados que trabalham em instalações elétricas e, também, de usuários e terceiros.

Art. 14. As receitas relativas à realização do objeto contratual devem ser contabilizadas em separado pelas distribuidoras, de forma a permitir, a qualquer tempo, a identificação dos valores relativos às operações de que trata esta Resolução pela ANEEL.

Art. 15. A apuração das receitas do uso das instalações de distribuição nas atividades com o uso do PLC terá reversão em prol da modicidade tarifária, nos termos da legislação específica estabelecida pela ANEEL.

Art. 16. Para fins de fiscalização pela ANEEL, a distribuidora deve manter as solicitações de uso das instalações de distribuição de energia elétrica para o desenvolvimento das atividades com o uso da tecnologia PLC, bem como as justificativas das negativas ao pedido ou o contrato de uso comum resultante da solicitação, em registro eletrônico e/ou impresso, de forma organizada e auditável, pelo período mínimo de cinco anos, contados da data do recebimento da solicitação.

Art. 17. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 28.08.2009, seção 1, p. 110, v. 146, n. 165.

Referências Bibliográficas

[1] HALID, Hrasnica, HAIDINE, Abdelfatteh, LEHNERT, Ralf, **"Broadband Powerline Communications Networks"**, John Wiley and Sons Ltd, Germany, 2004.

[2] COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **Pesquisa TIC Domicílios e Empresas 2010.** Disponível em: http://www.cetic.br/tic/2010/index.htm [Acessado em: 10/02/2012]

[3] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº375/2009.** Disponível em: http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009375.pdf [Acessado em: 03/03/2012]

[4] AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, 2009. **Resolução 527/2009**. Disponível em: http://www.aneel.gov.br[Acessado em: 08/04/2012]

[5] CPFL ENERGIA –Disponível em: http://www.cpfl.com.br/UsoConsciente/HistoacuteriadaEnergiaEleacutetrica/tabid/1093/language/pt-BR/Default.aspx [Acessado em: 19/09/2012]

[6] ESCELSA . **História da Energia Elétrica no Brasil**. Disponível em: http://www.escelsa.com.br/aescelsa/historia-ee-brasil.asp [Acessado em: 19/09/2012]

[7] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P13&uf=00 [Acessado em: 13/10/2012]

[8] TYSON, Jeff. **How Power-line Networking Works**. Disponível em: http://www.howstuffworks.com/power-network.htm [Acessado em: 13/10/2012]

[9] EE TIMES. **What is Power Line Communication.** Disponível em: http://www.eetimes.com/design/industrial-control/4218852/What-is-Power-Line-Communication-[Acessado em: 17/10/2012]

[10] COPEL, **Relatório Técnico da Avaliação da Tecnologia PowerLine Communications (PLC)**, Disponivel: http://www.copel.com/hpcopel/telecom/sitearquivos2.nsf/arquivos/relatplc/$FILE/RelatPLC.pdf [Acessado em: 12/09/2012]